



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO**

Tema:

“ESTUDIO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADOS
SOBRE ACERO A-36 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN
UTILIZANDO LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA”

AUTOR: Ambar Carolina Yépez Intriago

TUTOR: Ing. Henry Vaca, Mg.

AMBATO-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN.

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ESTUDIO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADOS SOBRE ACERO A-36 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN UTILIZANDO LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA.” elaborado por el alumno Ambar Carolina Yépez Intriago, portadora de la cédula de ciudadanía: 1722772249, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico

- Que el trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad

.....

Ing. Henry Vaca, Mg.

TUTOR.

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS.

Yo, Ambar Carolina Yépez Intriago con C.I.: 172277224-9, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, declaro que las actividades y tareas realizadas para la obtención de resultados en el presente trabajo experimental con tema, “ESTUDIO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADOS SOBRE ACERO A-36 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN UTILIZANDO LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA”, es de mi completa autoría a excepción de las fuentes bibliográficas que se encuentran citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2017

.....

Ambar Carolina Yépez Intriago

C.I. 172277224-9.

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga este Proyecto Experimental parte de él, un documento para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi Proyecto Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Agosto 2017

.....

Ambar Carolina Yépez Intriago

C.I. 172277224-9.

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Experimental realizado por el estudiante Ambar Carolina Yépez Intriago de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el Tema: “ESTUDIO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADOS SOBRE ACERO A-36 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN UTILIZANDO LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA”

Ambato, Agosto 2017

Para constancia firman:

.....

Ing. Mg. Christian Castro

.....

Ing. Mg. Francisco Peña

DEDICATORIA

A mi tesoro Eduardo por ser mi fiel compañero día tras días, quien a su corta edad me ha impulsado con su tierna mirada a lograr mis objetivos, quien ha sido ha luchado conmigo sin desmayar.

A mi príncipe Ricardo, quien es fuente de mi inspiración, quien con su llegada, armoniza mi mundo y es motor de mis andares.

A mi esposo Marco, por brindarme su amor y apoyo incondicional día a día, mi confidente, amigo, quien siempre me dedica tu amor y tiempo

A mi mamá Janeth, a quien le debo absolutamente todo, quien ha luchado incansablemente para que no me falte nada, su amor me motiva a ser mejor persona.

A mi papá Carlos, quien siempre me promueve a conseguir cada logro.

A mis hermanas por sus palabras reconfortantes, por su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su presencia perpetua en mi vida, por su guía, sus consuelo, su afecto, su gracia sobre mí.

Al Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero por brindarme su apoyo técnico y emocional para la elaboración de este proyecto.

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica, quienes han sido mi guía.

A mi madre Janeth Intriago quien ha sido la luz, el amor y el consuelo; mis hermanas Diana y Daniela quienes me han brindado su amistad y su apoyo incondicional.

Al Sr. Fernando Villacrés por brindarme su generosa ayuda para lograr este objetivo.

A mis suegros Jaqueline y Marcos por su cariño y respaldo infalible en esta trayectoria.

A mi amado esposo Marco, por su amor, apoyo, y paciencia, sus sabias palabras y sus consejos.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TESIS.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN.....	XXIV
SUMMARY.....	XXV
CAPÍTULO I.....	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	3
CAPÍTULO II.....	5
2. FUNDAMENTACIÓN.....	5
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1. INGENIERÍA DE MATERIALES.....	5
2.1.2. ACERO.....	5
2.1.3. CORROSIÓN.....	7
2.1.4. FORMAS DE CORROSIÓN.....	7
2.1.5. RECUBRIEMENTOS ANTICORROSIVOS.....	10
2.1.6. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.....	12
2.1.7. ENSAYO DE NIEBLA SALINA.....	14
2.1.8. EVALUACIÓN DE CORROSIÓN POR PÉRDIDA DE MASA....	16
2.1.9. MÉTODO DEL GRADO DE OXIDACIÓN EN SUPERFICIES DE ACERO PINTADAS.....	17

2.2.	HIPÓTESIS	20
2.3.	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	21
2.3.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE	21
2.3.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	21
2.3.3.	TÉRMINO DE RELACIÓN	21
CAPÍTULO III.....		22
3.	METODOLOGÍA.....	22
3.1.	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	22
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	22
3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	25
3.4.	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	27
3.5.	PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	27
3.6.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	27
3.7.	PROCEDIMIENTO	31
3.7.1.	OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	31
3.7.2.	ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ACERO A-36.....	31
3.7.3.	INSPECCIÓN DE MUESTRAS.....	32
3.7.4.	CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS	32
3.7.5.	PREPARACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS	34
3.7.6.	APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS.....	34
3.7.7.	INSPECCIÓN FINAL DE MUESTRAS.....	35
3.7.8.	TABULACIÓN DE DATOS	35
3.7.9.	UBICACIÓN DE LAS PROBETAS EN LOS SOPORTES	36
3.7.10.	PREPARACIÓN DEL ENSAYO DE NIEBLA SALINA	40
3.7.11.	TABULACIÓN DE DATOS	46
3.7.12.	CÁLCULOS.....	46
3.7.13.	GRADO DE CORROSIÓN	47
3.7.14.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
CAPÍTULO IV.....		48
4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	48
4.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS	48

4.1.1.	FICHAS RECOLECCIÓN DATOS PROBETAS, CÁLCULO TASA DE CORROSIÓN	50
4.1.2.	FICHAS TÉCNICAS IDENTIFICACIÓN GRADO DE CORROSIÓN.....	104
4.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	122
4.2.1.	EVALUACIÓN DE LA TASA DE CORROSIÓN	122
4.2.2.	GRADO DE CORROSIÓN	129
4.3.	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	135
4.3.1.	MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL MANUAL	135
4.3.2.	MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL MECÁNICA	140
4.3.3.	MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL POR CHORRO ABRASIVO.....	144
	CAPÍTULO V.....	148
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
5.1.	CONCLUSIONES.....	148
5.2.	RECOMENDACIONES	151
	BILBIOGRAFÍA.....	153

ÍNDICE FICHAS TÉCNICAS

Ficha Técnica 1: Recolección de Datos y Resultados 1.....	50
Ficha Técnica 2: Recolección de Datos y Resultados 2.....	53
Ficha Técnica 3: Recolección de Datos y Resultados 3.....	56
Ficha Técnica 4: Recolección de Datos y Resultados 4.....	59
Ficha Técnica 5: Recolección de Datos y Resultados 5.....	62
Ficha Técnica 6: Recolección de Datos y Resultados 6.....	65
Ficha Técnica 7: Recolección de Datos y Resultados 7.....	68
Ficha Técnica 8: Recolección de Datos y Resultados 8.....	71
Ficha Técnica 9: Recolección de Datos y Resultados 9.....	74
Ficha Técnica 10: Recolección de Datos y Resultados 10.....	77
Ficha Técnica 11: Recolección de Datos y Resultados 11.....	80
Ficha Técnica 12: Recolección de Datos y Resultados 12.....	83
Ficha Técnica 13: Recolección de Datos y Resultados 13.....	86
Ficha Técnica 14: Recolección de Datos y Resultados 14.....	89
Ficha Técnica 15: Recolección de Datos y Resultados 15.....	92
Ficha Técnica 16: Recolección de Datos y Resultados 16.....	95

Ficha Técnica 17: Recolección de Datos y Resultados 17.....	98
Ficha Técnica 18: Recolección de Datos y Resultados 18.....	101
Ficha Técnica 19: Grado de Corrosión 1	104
Ficha Técnica 20: Grado de Corrosión 2	105
Ficha Técnica 21: Grado de Corrosión 3	106
Ficha Técnica 22: Grado de Corrosión 4	107
Ficha Técnica 23: Grado de Corrosión 5	108
Ficha Técnica 24: Grado de Corrosión 6	109
Ficha Técnica 25: Grado de Corrosión 7	110
Ficha Técnica 26: Grado de Corrosión 8	111
Ficha Técnica 27: Grado de Corrosión 9	112
Ficha Técnica 28: Grado de Corrosión 10	113
Ficha Técnica 29: Grado de Corrosión 11	114
Ficha Técnica 30: Grado de Corrosión 12	115
Ficha Técnica 31: Grado de Corrosión 13	116
Ficha Técnica 32: Grado de Corrosión 14	117
Ficha Técnica 33: Grado de Corrosión 15	118
Ficha Técnica 34: Grado de Corrosión 16	119

Ficha Técnica 35: Grado de Corrosión 17	120
Ficha Técnica 36: Grado de Corrosión 18	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Producción de acero	6
Figura 2-2: Cámara de Niebla Salina.....	15
Figura 2-3: Ejemplos de Porcentajes de Áreas Corroídas 1	18
Figura 2-4: Ejemplos de Porcentajes de Áreas Corroídas 2	19
Figura 2-5: Ejemplos de Porcentajes de Áreas Corroídas 3	20
Figura 3-1: Dimensiones probetas acero A-36	31
Figura 3-2: Corte de las platinas	31
Figura 3-3: Limpieza Manual	33
Figura 3-4: Limpieza Mecánica.....	33
Figura 3-5: Limpieza Chorro Abrasivo	33
Figura 3-6: Lote de probetas para aplicar pintura método cepillado	34
Figura 3-7: Lote de probetas para aplicar pintura método cepillado	35
Figura 3-8: Medición del ancho inicial.....	35
Figura 3-9: Medición de la masa inicial	36
Figura 3-10: Diagrama posicionamiento de Probetas	37
Figura 3-11: Posicionamiento de Probetas	38

Figura 3-12: Lote de probetas a ser ensayadas 24 horas.....	38
Figura 3-13: Lote de probetas a ser ensayadas 48 horas.....	39
Figura 3-14: Lote de probetas a ser ensayadas 72 horas.....	39
Figura 3-15: Lote de probetas a ser ensayadas 96 horas.....	39
Figura 3-16: Lote de probetas a ser ensayadas 120 horas.....	40
Figura 3-17: Medición de soluto y solvente	43
Figura 3-18: Preparación de la solución	43
Figura 3-19: Medición pH de la solución	44
Figura 3-20: Ubicación de las probetas en la cámara de niebla salina	44
Figura 3-21: Selección de Parámetros para la cámara de niebla salina	45
Figura 3-22: Medición de parámetros de control.....	46
Figura 4-1-: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 24 horas de exposición a la niebla salina.....	123
Figura 4-2: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 48 horas de exposición a la niebla salina.....	124
Figura 4-3: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 72 horas de exposición a la niebla salina.....	126

Figura 4-4: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 96 horas de exposición a la niebla salina.....	127
Figura 4-5: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 120 horas de exposición a la niebla salina.....	129
Figura 4-6: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 48 horas a la cámara de niebla salina	131
Figura 4-7: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 72 horas a la cámara de niebla salina	132
Figura 4-8: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 96 horas a la cámara de niebla salina	133
Figura 4-9: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 96 horas a la cámara de niebla salina	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Grados de Corrosión	13
Tabla 2-2: Valores de la constante K	16
Tabla 2-3: Escala y Descripción del Grado de Oxidación	17
Tabla 3-1: Combinaciones de los métodos de limpieza inicial, pinturas y método de aplicación de pinturas.....	23
Tabla 3-2: Tiempo de Exposición Probetas en Cámara de Niebla Salina	24
Tabla 3-3: Agrupación de las probetas	32
Tabla 3-4: Codificación General de Probetas	36
Tabla 4-1: Codificación de Probetas.....	48
Tabla 4-2: Tasa de Corrosión a las 24 horas de inmersión en niebla salina	122
Tabla 4-3: Tasa de Corrosión a las 48 horas de inmersión en niebla salina	123
Tabla 4-4: Tasa de Corrosión a las 72 horas de inmersión en niebla salina	125
Tabla 4-5: Tasa de Corrosión a las 96 horas de inmersión en niebla salina	126
Tabla 4-6: Tasa de Corrosión a las 120 horas de inmersión en niebla salina	128
Tabla 4-7: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 24 horas en la cámara de niebla salina	130

Tabla 4-8: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 48 horas en la cámara de niebla salina	130
Tabla 4-9: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 72 horas en la cámara de niebla salina	131
Tabla 4-10: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 96 horas en la cámara de niebla salina.....	132
Tabla 4-11: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 120 horas en la cámara de niebla salina.....	133
Tabla 4-12: Tasa de Corrosión 120 horas de exposición.	136
Tabla 4-13: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas.....	136
Tabla 4-14: Distribución de T-Student	137
Tabla 4-15: Análisis T-student recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas.....	137
Tabla 4-16: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado	138
Tabla 4-17: Análisis T-student recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado.....	139
Tabla 4-18: Tasa de Corrosión 120 horas de exposición.	140
Tabla 4-19: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas.....	141
Tabla 4-20: Análisis T-student recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas.....	142

Tabla 4-21: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado	143
Tabla 4-22: Análisis T-student datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado	143
Tabla 4-23: Tasa de Corrosión 120 horas de exposición.	145
Tabla 4-24: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado	145
Tabla 4-25: Análisis T-student.....	146

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: ficha de datos de seguridad sal analítica.....	157
Anexo B: NORMA ASTM B117.....	163
Anexo C: NORMA ASTM D	168
Anexo D: NORMA ASTM G1	174
Anexo E: Norma ASTM E178.....	180
Anexo F: Fichas Técnicas Recubrimientos.....	186
Anexo G: Tabla de distribución T-Student	193

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA.

ESTUDIO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADOS SOBRE ACERO A-36 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN UTILIZANDO LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA

Autor: Ambar Carolina Yépez Intriago

Tutor: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó el estudio de los recubrimientos en acero al carbono A-36, y su incidencia en la tasa de corrosión utilizando la cámara de niebla salina, para lo cual se eligieron tres tipos de recubrimientos orgánicos, y se estudió su comportamiento anticorrosivo. Adicional a esto se estudió el efecto de los tipos de limpieza inicial previos a la aplicación de los recubrimientos. El ensayo se realizó bajo la norma ASTM B117, que establece los parámetros necesarios para realizar el ensayo de corrosión acelerada en una cámara de niebla salina, además de los controles necesarios de laboratorio que acreditan dicho ensayo. La tasa de corrosión se calculó según se dicta en la norma ASTM G1, y se compraron los recubrimientos para establecer cuál es el que ofrece mejor protección.

Adicionalmente se estableció el grado de corrosión de los recubrimientos por medio de inspección visual según la norma ASTM D610.

Mediante el análisis realizado se estableció los mejores métodos de protección anticorrosiva para el acero al carbono A-36.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS

MECHANICAL ENGINEERING CAREER

Author: Ambar Carolina Yépez Intriago

Tutor: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

EXECUTIVE SUMMARY

The study of the coatings in carbon steel A-36, and its incidence in the corrosion rate using the chamber of salt spray, for which three types of organic coatings were chosen, and their anticorrosive behavior was studied.

In addition to this, the effect of the initial cleaning rates prior to the application of the coatings was studied. The test was performed according to ASTM B117, which establishes the parameters necessary to perform the accelerated corrosion test in a salt spray chamber, in addition to the necessary laboratory controls that prove the test. The corrosion rate was calculated according to ASTM G1, and the coatings will be purchased to establish which is the best protection. Additionally, the degree of corrosion of the coatings was established by visual inspection according to ASTM D610.

The best corrosion protection methods for A-36 carbon steel were established

CAPÍTULO I.

1. ANTECEDENTES.

1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.

ESTUDIO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS APLICADOS SOBRE ACERO A-36 Y SU INCIDENCIA EN LA TASA DE CORROSIÓN UTILIZANDO LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA

1.2. ANTECEDENTES.

El estudio del comportamiento de la corrosión se ha desarrollado por varios años, tratando con ello encontrar alternativas que faciliten la preservación de los materiales.

La Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión NACE, por sus siglas en inglés (National Association of Corrsion Engineers), ha sido la organización pionera en el estudio de la corrosión llevando a cabo varios estudios como por ejemplo, NACE 3D170, Techniques for Monitoring Corrosion and Related Parameters in Field Applications, que es un publicación cuyo propósito es analizar las distintas técnicas de evaluación de corrosión respecto a sus beneficios, y las limitaciones que presenta cada una. [1]. Otro estudio realizado por esta organización es el MR 0715, en el que se plantean requisitos y recomendaciones para la selección y calificación de aceros de carbono y de baja aleación, aleaciones resistentes a la corrosión y otras aleaciones para el servicio en equipos utilizados en plantas de producción de petróleo y gas natural y de tratamiento de gas natural en entornos que contengan H₂S. Suponen un riesgo para la salud y la seguridad del público y del personal o del propio equipo. [2].

En el Ecuador, en la Escuela Politécnica Nacional se realizó la investigación titulada “Análisis de los Problemas de Corrosión en la Soldadura de los Aceros Inoxidables ASIS 304L y 316L”, tema desarrollado bajo la tutoría del Ing. Diego Espinosa, en donde se obtiene como resultados que el ensayo elaborado en la cámara de niebla

salina, establece la diferencia en la velocidad de corrosión, además que el proceso de limpieza química efectuada a las probetas representa una mínima pérdida de masa, mostrando al final que los aceros AISI 304L y AISI 316L, presentan óptimos comportamientos ante un ambiente salino. [3].

Un estudio similar realizado en la misma universidad cuyo tema es Estudio y Caracterización de la Corrosión en Probetas de Aluminio Serie 6005 Pre esforzadas en un Medio Salino, por las autoras Gabriela Hidalgo y Lucía Ramos, cuyo estudio también implicó la construcción de la cámara salina, determina que un factor no influyente en la velocidad de corrosión es el pH de la solución salina, sin embargo parámetros influyentes en la velocidad de corrosión son la temperatura dentro de la cámara salina, la forma de aplicación de la solución salina, la concentración de la solución. El estudio reveló zonas con productos de corrosión de manera no uniforme, se revela que la mayor pérdida de material se produce en la primera cuarta parte del experimento, siendo en el resto del tiempo constante [4].

El Tema Corrosión del Acero al Carbono (A-36), desarrollado por el Ingeniero Pablo Lindao, en la Empresa Azucarera Valdez S.A., determina las índices de corrosión en diferentes estaciones. El estudio se desarrolló mediante difracción de rayos X, el experimento se basa en el estudio de los contaminantes que pueden producir corrosión. En el análisis se llegó a la conclusión que la velocidad de corrosión es alta al inicio del experimento, y con el paso del tiempo se vuelve constante, además analizó que los cloruros y anhídridos sulfurosos no son productos que intervengan en la corrosión del acero al carbono [5].

El autor Custodio Vásquez, realizó en la Universidad Tecnológica de Panamá el estudio de la velocidad de corrosión de un acero AISI-SAE 1020 en un sistema salmuera-aceite refinado-CO₂-H₂S por medio de un electrodo de cilindro rotatorio (ECR) y un simulador de flujo

1.3. JUSTIFICACIÓN.

Con el presente estudio se desea realizar un análisis comparativo entre los recubrimientos aplicados al acero estructural ASTM A-36, mediante el ensayo de los mismos en la cámara de niebla salina,

En el Ecuador una de las industrias más desarrolladas es la industria metalmecánica, y se utiliza el acero como materia prima en mayor porcentaje. La corrosión es un proceso de degradación del material, esta degradación es el deterioro del material, lo que finaliza su vida útil. El acero estructural es utilizado en varias áreas como la industria automotriz, industria de la construcción, industria textil, industria agropecuaria; en todas estas áreas la manipulación la realiza el ser humano, es por ello la importancia de controlar la corrosión, ya que con ello se preservará la seguridad del ser humano, además de preservar los recursos económicos.

La importancia de este estudio es analizar la corrosión, y su evolución, lo cual es factible de observarse en la cámara de niebla salina, este análisis aportará a la industria ecuatoriana a seleccionar un recubrimiento de mayor resistencia anticorrosiva, evitando la asignación de recursos para el mantenimiento anticorrosivo, y preservando la vida útil del producto.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar el estudio de recubrimientos anticorrosivos aplicados sobre acero A-36 para determinar la tasa de corrosión utilizando la cámara de niebla salina

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Establecer los procesos de preparación de las probetas de acero A-36, para la aplicación de los recubrimientos y posterior ensayo en la cámara de niebla salina.
- Definir tres métodos de protección de corrosión para el acero ASTM A-36

- Identificar el mejor recubrimiento para el acero estructural ASTM A-36, para controlar la corrosión.
- Determinar la tasa de corrosión para el acero ASTM A-36.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN.

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

Para el desarrollo del presente estudio se ha recopilado información de artículos técnicos, libros, normas ASTM, tesis desarrolladas en el país así como en el exterior, como se muestra a continuación:

2.1.1. INGENIERÍA DE MATERIALES.

La ingeniería de los materiales es una rama de la ingeniería, que estudia la composición y estructura de los materiales, enfocándose en el desarrollo, síntesis y procesos de manufactura. Su objetivo principal es el conocimiento de la estructura, propiedades y manufactura de los materiales.

La ingeniería de los materiales se dedica al diseño, fabricación y comportamiento de estructuras y componentes, utilizando materiales tradicionales así como nuevos. Está diseñada para conseguir sostenibilidad y eficiencia.

2.1.2. ACERO.

Los aceros son aleaciones de hierro y carbono, con concentraciones de otros aleantes. Para la producción del acero, el mineral hierro, se calienta en un alto horno en presencia de coque (carbono) y oxígeno. El carbono convierte el óxido de hierro en hierro líquido. A este proceso se le agrega piedra caliza para eliminar impurezas. Debido a que el hierro bruto contiene altas cantidades de oxígeno, se sopla oxígeno en el horno de oxigenación para eliminar el carbón excedente [6]. En la Figura 2-1, se observan los materiales para la producción de acero.

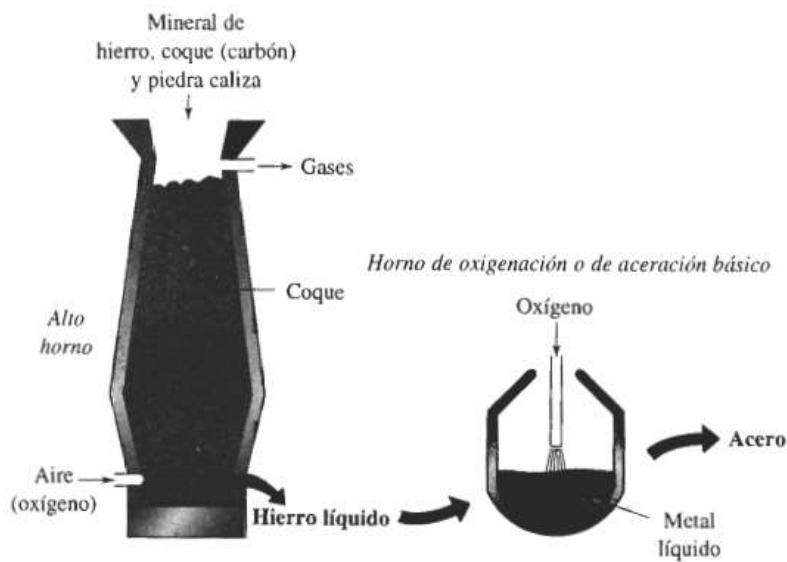


Figura 2-1: Producción de acero [6]

2.1.2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS

El acero así como el hierro son los materiales comúnmente más usados, usualmente estos materiales no son seleccionados por su resistencia a la corrosión, pero sí por sus propiedades mecánicas como su alta resistencia, fácil manufactura y bajo costo. Existen aleantes que favorecen la resistencia a la corrosión atmosférica como son el cobre, fósforo, cromo y níquel [7]. Las propiedades mecánicas más relevantes del acero se detallan a continuación:

ALTA RESISTENCIA: Posee una alta resistencia por unidad de peso.

UNIFORMIDAD: Las propiedades mecánicas del acero no se alteran con el aumento del tiempo.

DURABILIDAD: Bajo el cumplimiento de un plan de mantenimiento adecuado, las estructuras metálicas pueden perdurar perpetuamente.

DUCTILIDAD: La ductilidad es la propiedad que posee un material para soportar grandes deformaciones antes de sufrir una fractura.

TENACIDAD: Es la característica de una material que tiene para absorber grandes cantidades de energía. El acero puede someterse a grandes deformaciones sin sufrir fracturas.

2.1.2.2. ACEROS DE BAJA ALEACION

Los aceros de baja aleación contienen menos de 0.25% de carbono, su microestructura se caracteriza por la presencia de ferrita y perlita, por lo que caracterizan por presentar una alta ductilidad y tenacidad. Entre sus aplicaciones industrial están el sector automotriz, diseño estructural (perfiles, vigas, canales, etc.), construcción de tuberías, sector de la construcción y estructuras como puentes y edificios. El acero A-36 pertenece a este grupo, su esfuerzo mínimo de fluencia es 36 ksi, y la resistencia mínima a la tensión varía entre 58 y 80 ksi [8].

2.1.3. CORROSIÓN.

Es un proceso de degradación del material o pérdida de masa debido a la exposición ambiental. La tendencia natural de los materiales es regresar a su estado termodinámicamente más estable, para la mayoría de los metales este proceso conlleva a la formación de óxidos y sulfuros. Eliminar la corrosión es difícil pero si se la puede controlar. Este fenómeno ocurre por la tendencia natural de los materiales a regresar a su estado más estable. La corrosión es un proceso electroquímico. Bajo circunstancias normales el acero se corroe en presencia de oxígeno y agua. La corrosión es prevenida con la aplicación de productos altamente alcalinos. Los procesos de corrosión siguen las leyes básicas de la termodinámica [7].

2.1.4. FORMAS DE CORROSIÓN.

Las formas conocidas de corrosión se describen a continuación:

2.1.4.1. CORROSIÓN UNIFORME.

Es la forma más común de corrosión. Es la tasa uniforme de pérdida de material en una superficie expuesta, debido a la disolución del componente metálico en iones metálicos por un ataque químico. La combinación del oxígeno para la formación óxidos metálicos, resulta en la pérdida de masa. Un material resiste la corrosión al formar una película pasiva en su superficie, la cual se produce de manera natural al exponerse el metal al medio ambiente durante un tiempo, esta película también puede formarse más rápido con un tratamiento químico. Esta película es una forma de corrosión, sin embargo, una vez formada previene una degradación adicional del material [9].

2.1.4.2. CORROSIÓN INTERGRANULAR.

La corrosión Intergranular, es una forma localizada de corrosión. Es un ataque preferencial en los bordes de grano del metal. En el grano se pueden o no observar ataques corrosivos. El borde del grano actúa como ánodo, y el resto del área actúa como cátodo, lo que da como resultado en el flujo de energía del ánodo al cátodo, que cauda un rápido ataque penetrando profundamente en el metal [10].

2.1.4.3. CORROSIÓN GALVÁNICA

La corrosión galvánica es conocida por suscitarse en metales disímiles. Cuando dos diferentes metales son eléctricamente conectados y colocados en una solución conductora o electrolito, existe un potencial eléctrico. La diferencia de potencial proporcionará una fuerza impulsora más fuerte para la disolución más electronegativa [10].

2.1.4.4. CORROSIÓN EN GRIETAS

Este tipo de corrosión se caracteriza por ser localizada, ocurre dentro de las aberturas formadas por el contacto de metal a metal. Puede tener lugar en cualquier metal y en cualquier ambiente, sin embargo los materiales más propensos a este tipo de corrosión son el aluminio y los aceros inoxidables [10].

2.1.4.5. CORROSIÓN POR PICADURA

La corrosión por picadura se caracteriza por la pérdida localizada del metal, se puede observar como un agujero profundo. La profundidad de penetración proporciona una disminución apreciable del espesor del material, el ancho del agujero también aumenta con el tiempo, pero no en la misma proporción con que aumenta la profundidad. Es común que no sea apreciada ya que por productos de corrosión se produce una película protectora que cubre la abertura. La picadura en una tubería ocasiona una fuga que la vuelve inutilizable aunque su porcentaje de oxidación sea bajo [10].

2.1.4.6. CORROSIÓN EROSIVA

Se denomina corrosión erosiva cuando se produce por un ambiente acuoso o un ambiente gaseoso que fluye sobre la superficie metálica. El ataque toma la forma de ranuras, las cuales muestran direccionalidad. Los equipos expuestos a fluidos de descargas están expuestos a este tipo de corrosión. La corrosión erosiva se produce por velocidad, turbulencia, choque, presencia de sólidos suspendidos, temperatura y condiciones de cavitación.[9].

2.1.4.7. CORROSIÓN BAJO TENSIÓN

La corrosión bajo tensión se define como la falla que sufren los materiales por agrietamientos, cuando se exponen a ambientes en presencia de tensiones estáticas de tracción. Ocurre en los puntos de estrés, por lo general el metal está virtualmente libre de corrosión pero las finas grietas penetran a través de la superficie en los puntos de tensión. Todos los metales son propensos a este tipo de corrosión, las condiciones para que se suscite son: ambiente adecuado, esfuerzo de tensión, metal sensitivo, temperatura y pH

2.1.4.8. CORROSIÓN BIOLÓGICA

Las condiciones de corrosión son desarrolladas por la influencia de microorganismos que producen reacciones anódicas y catódicas. Esta actividad metabólica causa el

deterioro del material y el proceso de corrosión. Tiene la apariencia de la corrosión por picadura, por lo que es necesario diagnosticar la presencia de la bacteria [10].

2.1.4.9. CORROSIÓN POR LIXIACIÓN SELECTIVA

Al eliminarse un elemento de la aleación se elimina por corrosión, el proceso se conoce como desprendimiento. Uno de los casos más común es de la eliminación del cinc en las aleaciones de cobre, cuando el cinc se corroe, permanece un residuo poroso. La parte corroída a menudo conserva su forma original, sin embargo sus propiedades mecánicas se encuentran reducidas [10].

2.1.5. RECUBRIEMENTOS ANTICORROSIVOS

Un recubrimiento anticorrosivo es una mezcla estable de pigmentos en una solución de resinas y aditivos. Al aplicar una capa delgada se forma una película que actúa como barrera flexible, adherente y proporciona protección anticorrosiva.

Existen dos principales grupos de recubrimientos no metálicos los cuales se describen a continuación:

Orgánicos: Incluyendo formulaciones que contienen materiales orgánicos o inorgánicos dispersos. Ejemplos: revestimientos transparentes, pinturas típicas, recubrimientos de escamas metálicas, recubrimientos galvánicos orgánicos (ricos en zinc) [11].

Inorgánicos: que puede ser modificado por materiales orgánicos y metálicos. 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 [11].

2.1.5.1. RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS

En este grupo se encuentran las pinturas, como se mencionó anteriormente. Las pinturas son de uso generalizado debido a que su costo es relativamente bajo en comparación con otro tipo de recubrimientos, por su facilidad de adquisición, métodos de aplicación, además de proporcionar un efecto decorativo.

Los sistemas de pintura se clasifican de acuerdo al tipo genérico de aglutinante, y se agrupan de acuerdo al mecanismo de endurecimiento. Los recubrimientos orgánicos proporcionan protección mediante la formación de una barrera de acción o a partir de la activación de inhibidores de corrosión provenientes de los pigmentos del recubrimiento.

2.1.5.2. COMPOSICIÓN DE LA PINTURA

La composición de un recubrimiento determina el grado de protección anticorrosiva que existirá. La pintura se compone de 4 ingredientes:

- **Vehículo (Aglutinante, Componente de Resina):** forma la matriz del recubrimiento, en la fase polimérica se incorporan todos los componentes. Este es el agente filmógeno, su densidad y composición son los responsables de determinar la permeabilidad, resistencia a la corrosión y resistencia a los rayos ultravioletas.
- **Pigmentos:** La adición de pigmentos tiene dos intenciones: los pigmentos proporcionan color al sistema de protección para mejorar su estética, y son añadidos para mejorar las propiedades de protección anticorrosivas. Los pigmentos más utilizados son alcalinos como carbonato de plomo, sulfato de plomo y óxido de cinc.
- **Solventes:** La finalidad del solvente es reducir la viscosidad del aglutinante y otros componentes para permitir una mezcla homogénea. Reducir la viscosidad permite la aplicación del recubrimiento como una película delgada, lisa y continua.

- **Aditivos:** Generalmente los aditivos son formulados en las pinturas para brindar funciones específicas como por ejemplo para facilitar el secado, retardadores de resinas por acción calor, etc [10].

2.1.5.3. MÉTODOS DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

Los métodos de aplicación varían de acuerdo de las especificaciones del recubrimiento a usar y del objeto a ser protegido.

- **Cepillado:** Es un método fácil de aplicación, se utiliza para trabajos pequeños debido a que es un proceso lento. Una de las desventajas es la irregularidad de la superficie una vez finalizada la aplicación del recubrimiento.
- **Rodillo:** Son de gran utilidad cuando son usados para áreas grandes y planas que no requieran uniformidad. Debido a la dificultad de penetrar poros, grietas, se prefiere el uso de cepillo o brocha. Al utilizar rodillo el aire se mezcla con la pintura y deja puntos, en los cuales la humedad puede penetrar la pintura.
- **Recubrimiento de Rodillos:** Es un método empleado para cubrir bobinas y láminas, pasándolas a través de rodillos pre ajustados.
- **Pintura por Pulverización:** Se obtiene una superficie más uniforme y lisa. Se basa en la atomización de la pintura, el aire comprimido introducido en la boquilla de la pintura, generan pequeñas gotas de pintura que son llevadas a la superficie por la corriente de agua. Las pérdidas de pintura son altas debido a que la pintura se mezcla con el aire.
- **Recubrimientos en polvo:** Se caracterizan por la ausencia de solventes, se pueden obtener espesores de recubrimientos que varían de 25 a 250 μm .

2.1.6. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES

Los métodos de preparación de superficies son importantes antes de la aplicación de cualquier tipo de recubrimientos, debido a que si la superficie se encontrara

contaminada el recubrimiento no podrá adherirse correctamente anulando su protección.

Los grados de limpieza superficial están dados por los siguientes comités y se pueden observar en la Tabla 2-1 a continuación:

- Steel Structures Painting Council (SSPC)
- National Association of Corrosion Engineers (NACE)
- Swedish Standard (SIS)
- British Standard (BIS)

Tabla 2-1: Grados de Corrosión [12]

Tipo de Limpieza	SSPC	NACE	SIS
Solvente	SP1	-	-
Manual	SP2	-	-
Mecánica	SP3	-	-
Abrasivo metal blanco	SP5	NACE 1	Sa 3
Abrasivo nivel comercial	SP6	NACE 3	Sa 2
Abrasivo ligero	SP7	NACE 4	Sa 1
Química	SP8	-	-
Abrasivo metal casi blanco	SP10	NACE 2	Sa 2 ½
Aguas a altas presiones	SP12	NACE 5	-

2.1.6.1. LIMPIEZA CON SOLVENTES

Este método se aplica para la remoción de materiales perjudiciales como grasa, manchas y demás contaminantes. Los solventes utilizados para la limpieza son usados antes de la aplicación de los recubrimientos. No remueve óxidos. El solvente es aplicado en forma manual, o con ayuda de algún equipo y seguido de un lavado con agua.

2.1.6.2. LIMPIEZA MANUAL

Es un método de preparación de superficies en el que se utiliza un cepillo manual, se efectúa un raspado manual, o la combinación de los métodos. Se utiliza para remover la cascarilla de la laminación que no esté finamente adherida.

2.1.6.3. LIMPIEZA MECÁNICA

En la limpieza es inherente la utilización de herramientas eléctricas o neumáticas. Elimina la cascarilla suelta y la herrumbre suelta. Se utiliza la fuerza de las herramientas que lo convierte en un método mucho más rápido que el método de limpieza manual.

2.1.6.4. LIMPIEZA ABRASIVA A METAL BLANCO

La limpieza abrasiva utiliza un abrasivo impulsado a través de una tobera. La superficie a metal blanco es una superficie uniforme de color gris, ligeramente rugosa. Para la aplicación de este método sugiere una pre limpieza con solventes o manual para que la superficie quede uniforme. El material abrasivo a utilizar es arena seca, utilizando aire comprimido. El tamaño de partícula de la arena no debe pasar a través de un tamiz número 16.

2.1.7. ENSAYO DE NIEBLA SALINA

2.1.7.1. CÁMARA DE NIEBLA SALINA

Utiliza aire comprimido para la pulverización de la solución salina en niebla salina, el aire comprimido proviene de un compresor externo al equipo. El aire comprimido pasa por un calderín, para aumentar su humedad, produciendo una niebla salina densa y húmeda.

La solución salina se coloca en un tanque de disolución, la cual se bombea al interior de la cámara gracias a una bomba de impulsos.

El método de evaluación por niebla salina fue adoptado por la ASTM en 1939. Este método consiste en la atomización de una solución de 5% de cloruro de sodio en la cámara. Las pruebas de niebla salina se realizan en una cabina de prueba, la cual debe ser diseñada como se indica en la norma ASTM B117, párrafo 4. La solución 5% de cloruro de sodio se debe prepara según los requerimientos de la norma ASTM B 117. En la Figura 2-2 se observa la cámara de niebla salina, la cual se encuentra en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.



Figura 2-2: Cámara de Niebla Salina
Fuente: Autor

Las probetas deben tener una limpieza inicial previa antes de ser sometidas al ensayo de niebla salina, y deben estar posicionados dentro de la cámara con una inclinación entre 15° y 30° respecto a la horizontal.

La cámara de niebla salina consiste básicamente de una cámara, una torre de saturación de aire, un reservorio para la solución salina, un atomizador, soportes para las probetas, equipo electrónico para calentar la cámara, y controles para controlar la temperatura. El tamaño y forma de la cámara debe ser tal que la colección de solución sea de 1 ml a 2 ml por cada 80 cm² de área horizontal de recolección. Un factor importante es el control de temperatura, la cual debe estar en el rango de 33°C y 37°C [13].

2.1.8. EVALUACIÓN DE CORROSIÓN POR PÉRDIDA DE MASA

Se evalúa la tasa de corrosión, expresada en milímetros por año (mm/año). Los métodos predominantes se describen en la norma ASTM G1, “Norma para Preparar, Limpiar, Evaluar Muestras de Pruebas de Corrosión”. Esta evaluación consiste en la preparación metálica, limpieza después de la antes del ensayo, peso de las probetas, exposición de las probetas a un medio corrosivo, remoción de los productos de corrosión, y peso de las probetas al finalizar los ensayos [11].

La limpieza de los productos de corrosión puede ser mecánica, química o electrolítica. Un proceso ideal de limpieza debe remover solo los productos de la corrosión.

La masa de las probetas debe ser identificada antes y después de los ensayos. Con el área inicial de la muestra y la masa perdida durante el ensayo se puede determinar el radio de corrosión, como se muestra a continuación:

$$\text{Radio de corrosión} = \frac{(W * K)}{(A * T * D)} \quad [14]$$

donde:

K: constante, en la Tabla 2-1 se observan los valores de K

T: tiempo de exposición (horas)

A: área (cm²)

W: masa perdida (gramos)

D: densidad (g/cm³)

Tabla 2-2: Valores de la constante K [14]

Unidades Deseadas de Tasa de Corrosión	Constante de corrosión K
Mili pulgadas por año (mpy)	3.45 x 10 ⁶
Pulgadas por año (ipy)	3.45 x 10 ³
Pulgadas por mes (ipm)	2.87 x 10 ²
Milímetros por año (mm/y)	8.76 x 10 ⁴
Micrómetros por año (um/y)	8.76 x 10 ⁷
Picómetros por segundo (pm/s)	2.78 x 10 ⁶

Unidades Deseadas de Tasa de Corrosión	Constante de corrosión K
Gramo por metro cuadrado por hora (g/m ² h)	1.00 x 10 ⁴ x D
Miligramos por decímetro cuadrado por día (mdd)	2.40 x 10 ⁶ x D
Microgramo por metro cuadrado por segundo(μg/m ² s)	2.78 x 10 ⁶ x D

2.1.9. Método Del Grado De Oxidación En Superficies De Acero Pintadas

Este método de evaluación implica la inspección visual de las probetas, para lo cual se debe determinar el tipo de oxidación producida según los gráficos y tablas expuestos en la norma ASTM D610. Además se debe estimar el porcentaje de superficie oxidada. El procedimiento de este método está descrito en la norma ASTM D 610 “Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces”.

Para la evaluación con este método se debe tipificar el grado de oxidación como se indica en la Tabla 2-3 y en la Figura 2-3, Figura 2-4 y Figura 2-5 que se encuentran a continuación.

Tabla 2-3: Escala y Descripción del Grado de Oxidación [15]

Grado de oxidación	Porcentaje de Superficie Oxidada	Ejemplos Visuales		
		Lugar (S)	General (G)	Precisión (P)
10	Menor o igual a 0.01%			
9	Mayor que 0.01% hasta 0.03 %	9-S	9-G	9-P
8	Mayor que 0.03% hasta 0.1 %	8-S	8-G	8-P
7	Mayor que 0.1% hasta 0.3 %	7-S	7-G	7-P
6	Mayor que 0.3% hasta 1.0 %	6-S	6-G	6-P
5	Mayor que 1.0% hasta 3.0 %	5-S	5-G	5-P
4	Mayor que 3.0% hasta 10.0 %	4-S	4-G	4-P

Grado de oxidación	Porcentaje de Superficie Oxidada	Ejemplos Visuales		
		Lugar (S)	General (G)	Precisión (P)
3	Mayor que 10.0% hasta 16.0 %	3-S	3-G	3-P
2	Mayor que 16.0% hasta 33.3 %	2-S	2-G	2-P
1	Mayor que 33.3% hasta 50.0 %	1-S	1-G	1-P
0	Hasta 50%			

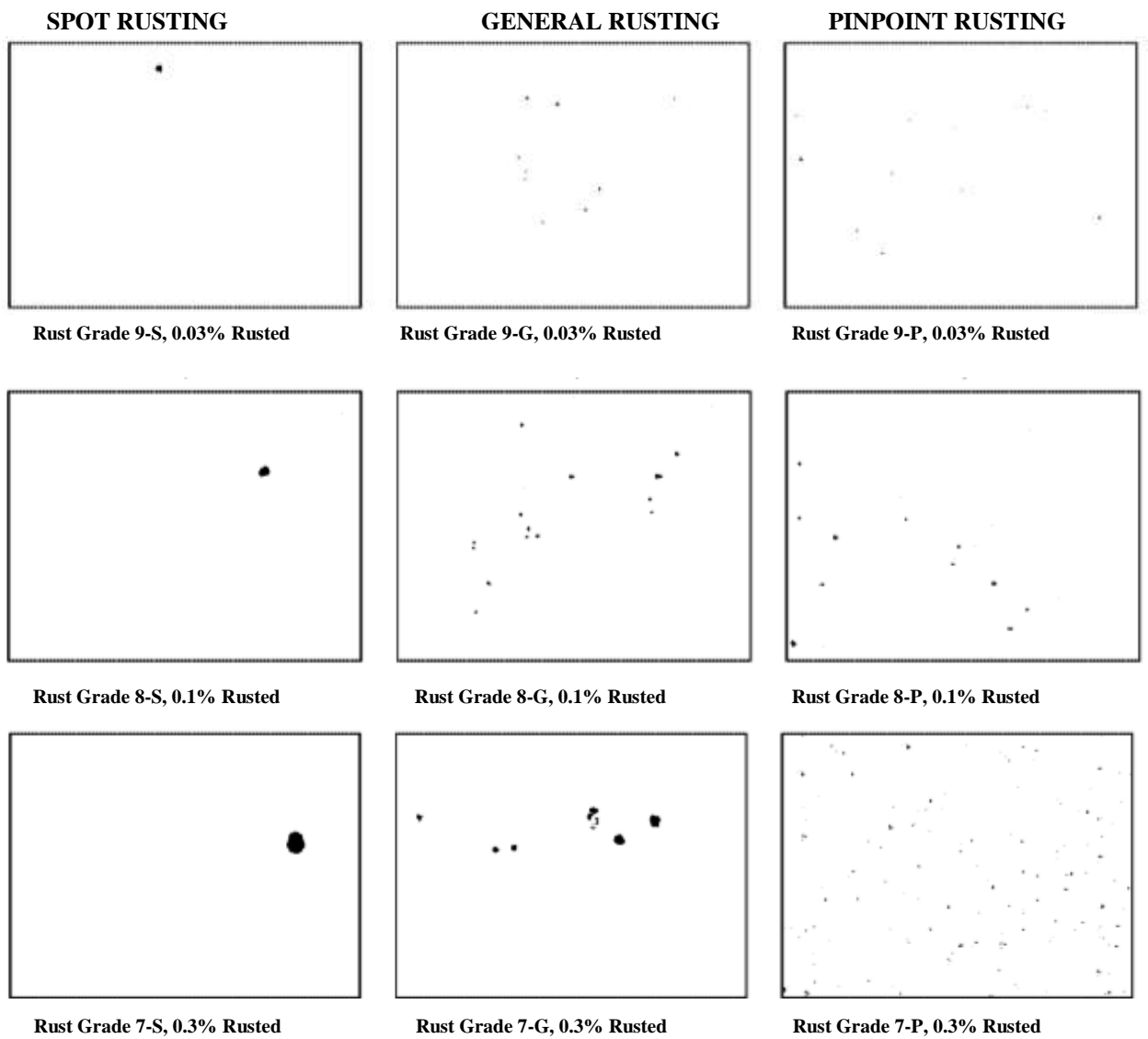


Figura 2-3: Ejemplos de Porcentajes de Áreas Corroídas 1 [15]

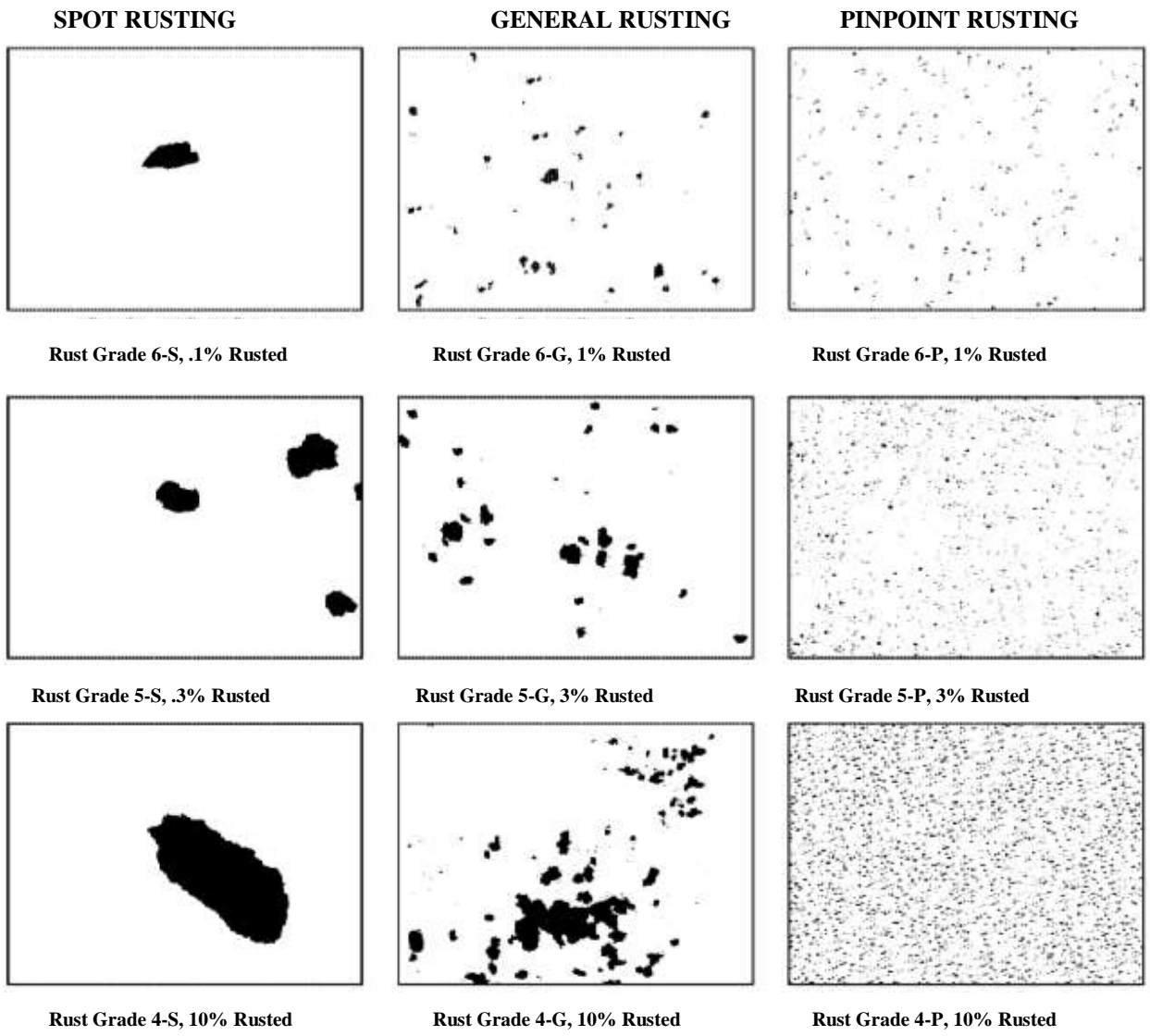


Figura 2-4: Ejemplos de Porcentajes de Áreas Corroídas 2 [15]

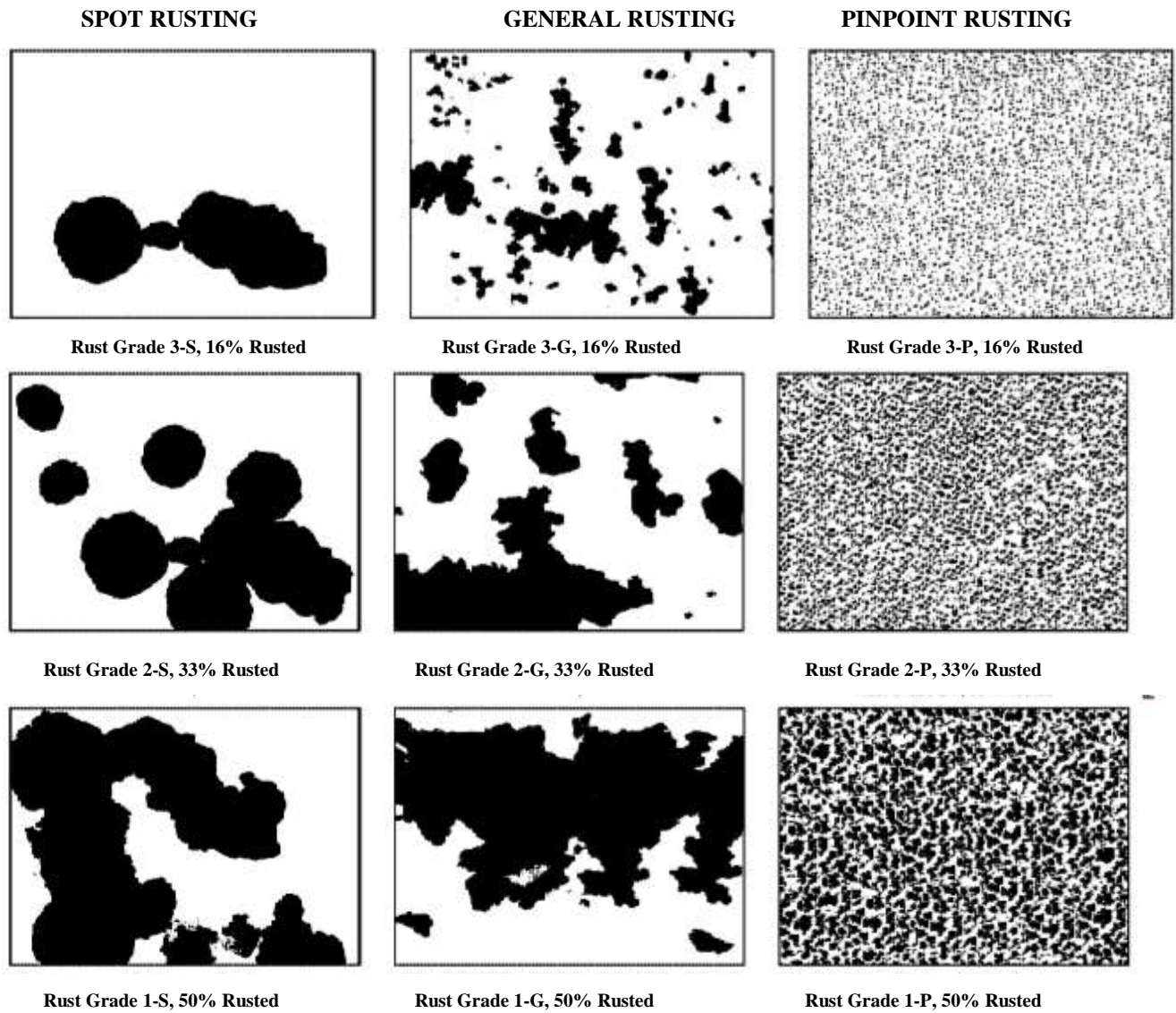


Figura 2-5: Ejemplos de Porcentajes de Áreas Corroídas 3 [15]

2.2. HIPÓTESIS

El estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos sobre acero A-36 en la cámara de niebla salina, determinará el recubrimiento con la mayor tasa de corrosión.

2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Estudio de recubrimientos anticorrosivos

2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Tasa de corrosión.

2.3.3. TÉRMINO DE RELACIÓN

Incidencia

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA.

3.1. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Explícita:

Causa: Estudio del grado de corrosión en las probetas de acero al carbono ASTM A-36 en la cámara de niebla salina, bajo la norma ASTM B117

Efecto: Evaluación del grado de corrosión en las probetas de acero al carbono ASTM A-36 en la cámara de niebla salina, bajo la norma ASTM B117.

Descriptiva: Se describirá el contexto de trascendencias de los problemas, así como la inspección inicial y final de las probetas.

Bibliográfica: Debido a que se revisará, analizará, comparará, diferenciará, puntos de vista de autores así como los criterios de aceptación y rechazo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se estudiarán los efectos de corrosión en el acero, para ello se partirá con la limpieza inicial, (manual, mecánica, y de chorro abrasivo en seco). Los recubrimientos a ser utilizados serán no metálicos, se evaluarán tres tipos de recubrimientos, y se observarán adicionalmente los resultados según la aplicación del recubrimiento. Los recubrimientos a evaluar son Pintura Anticorrosiva, pinturas con pigmento inhibidores a la corrosión. Se utilizarán 3 diferentes tipos de pinturas distribuidas a nivel nacional, las pinturas que se utilizarán son:

- **RECURIMEINTO EPOXI CON CINC ACTIVADO:** reduce los efectos de la corrosión, gran resistencia a variaciones climáticas extremas.
- **RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTES:** no contiene plomo ni cromo, como ventajas tiene que protege contra la corrosión, alarga la vida útil de los metales [16].
- **PINTURA A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS:** pintura libre de plomo y cromo, elaborada con pigmentos que inhiben la corrosión, entre las ventajas de este producto se tiene que tiene la capacidad de convertir el óxido en una barrera anticorrosiva, gran resistencia a ambientes salinos [17].

Los ensayos se van a elaborar en el Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, este procedimiento se realizará bajo la norma ASTM B117. Para cada caso de estudio se evaluarán 5 probetas, el análisis se realizará obteniendo datos de pérdida de masa y espesor. La población a ser analizada se indica en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Combinaciones de los métodos de limpieza inicial, pinturas y método de aplicación de pinturas

LIMPIEZA INICIAL	RECUBRIMIENTO	MÉTODO DE APLICACIÓN RECUBRIMIENTO	NÚMERO DE PROBETAS A ENSAYAR 24 HORAS
MANUAL	RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
	RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
	RECUBRIMIENTO CON RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
MECÁNICA	RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
	RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5

LIMPIEZA INICIAL	RECUBRIMIENTO	MÉTODO DE APLICACIÓN RECUBRIMIENTO	NÚMERO DE PROBETAS A ENSAYAR 24 HORAS
	RECUBRIMIENTO CON RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
CHORRO ABRASIVO	RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
	RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
	RECUBRIMIENTO CON RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	5
		PULVERIZACIÓN	5
TOTAL (CONJUNTO DE PROBETAS)			90

Fuente: Autor

Cada grupo tendrá un tiempo de exposición en la cámara de niebla salina como se muestra en la Tabla 3-2 a continuación:

Tabla 3-2: Tiempo de Exposición Probetas en Cámara de Niebla Salina

GRUPO	TIEMPO DE EXPOSICIÓN (horas)
1	24
2	48
3	72
4	96
5	120

Fuente: Autor

La aplicación y remoción del recubrimiento se hará según la norma ASTM G1, en esta norma también se establecen las directrices para hacer la evaluación de pérdida de masa de las probetas por corrosión.

Además se efectuará la evaluación por inspección visual, que se especifica en la norma ASTM D610.

Se evaluarán las condiciones inicial y final de cada probeta, para lo cual existirá documentación fotográfica, a-demás se debe documentar el número de horas hasta que la corrosión del acero es evidente.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente: estudio de los recubrimientos anticorrosivos aplicados en acero A-36

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los recubrimientos anticorrosivos, son mezclas de pigmentos en una solución de resinas y aditivos. Al aplicarse en una superficie forma una película seca que actúa como barrera contra la corrosión	Preparación de la Superficie	Métodos de Limpieza Superficial	Manual Mecánico Chorro abrasivo	Observación Bibliografía/ Documental Fichas Técnicas
	Tipo de Recubrimiento	Tipo de Pigmento	Recubrimiento epoxi con cinc activado. Recubrimiento a base de solventes Recubrimiento con resinas sintética	Observación Bibliografía/ Documental Fichas Técnicas
	Proceso de Aplicación del Recubrimiento	Tipo de Proceso	Cepillado Pulverización	Observación Bibliografía/ Documental Fichas Técnicas

Variable Dependiente: tasa de corrosión

CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Se conoce como corrosión al proceso de degradación del material por exposición ambiental	Superficie	Aspecto Oxidación Color	Porcentaje de Corrosión	Observación Bibliografía/ Norma ASTM D 610
	Parámetros físicos	Espesor de la probeta Masa de la probeta	Espesor inicial Espesor final Masa inicial Masa final	Observación Bibliografía/ Norma ASTM G1
	Tiempo	Horas	¿En cuántas horas se corroe el 5%? ¿En cuántas horas se corroe el 10%? ¿En cuántas horas se corroe el 15%?	Observación Bibliografía/ Fichas Técnicas

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN,

El plan de recolección de la información vislumbra métodos que requeridos para el cumplimiento de los objetivos y validación de la hipótesis.

La recolección de la información se elaborará en el Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos del Centro Productivo de Fomento Metalmeccánico Carrocero de Tungurahua, en el cual la recolección de la información es responsabilidad del autor, basándose en los protocolos y procedimientos establecidos en normas y en estudios similares elaborados anteriormente.

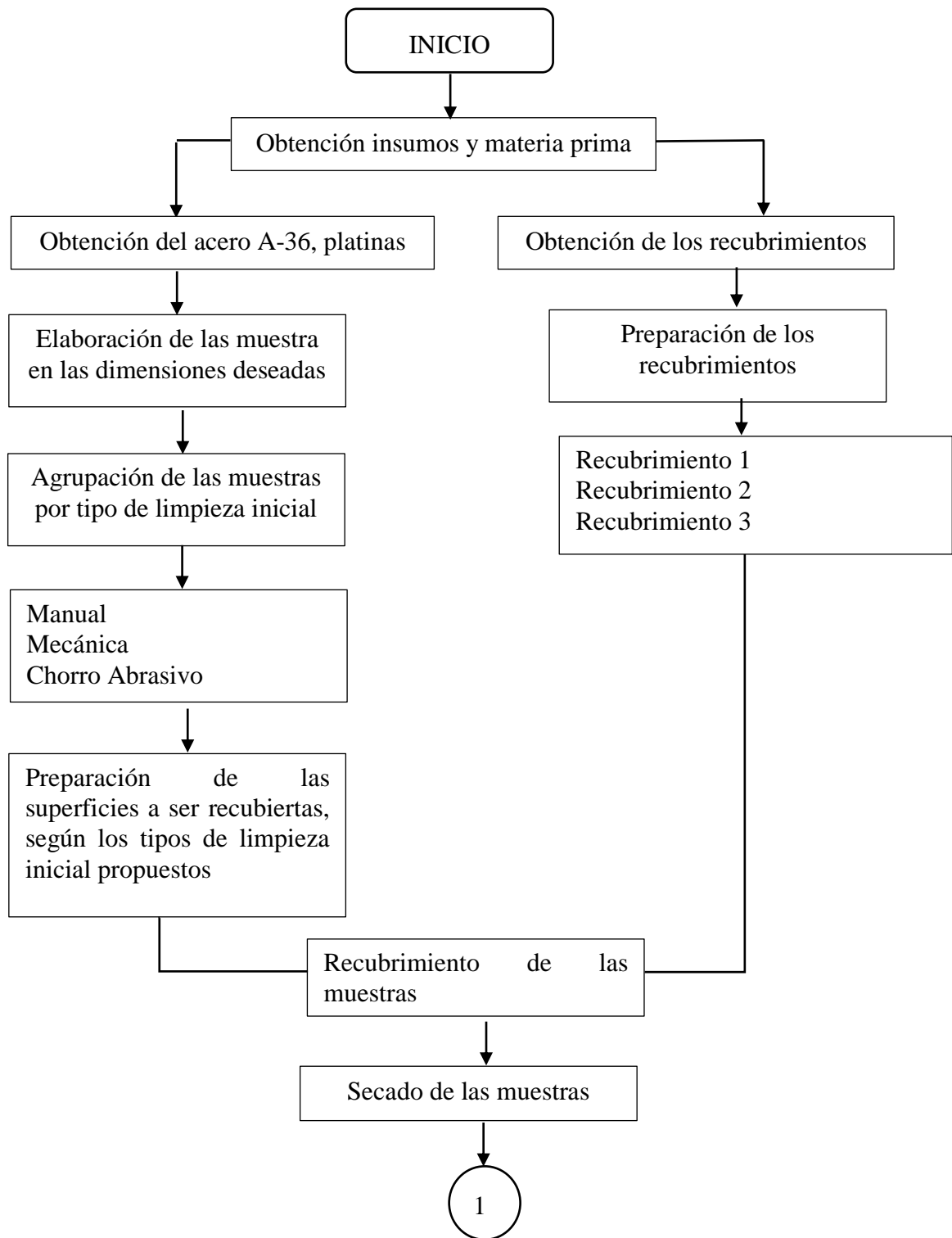
Las observaciones así como el análisis de las probetas estarán documentados y tabulados.

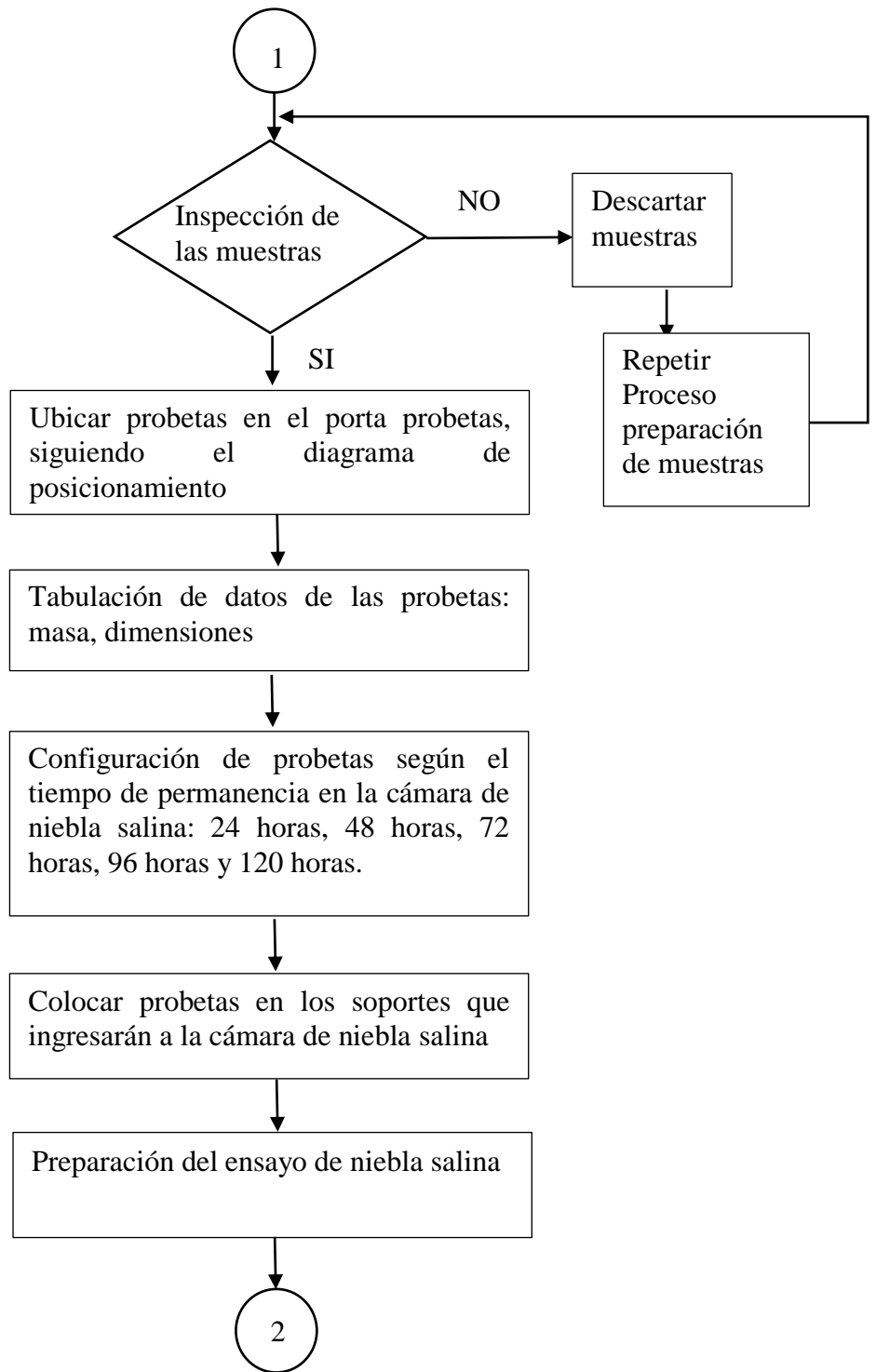
3.5. PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

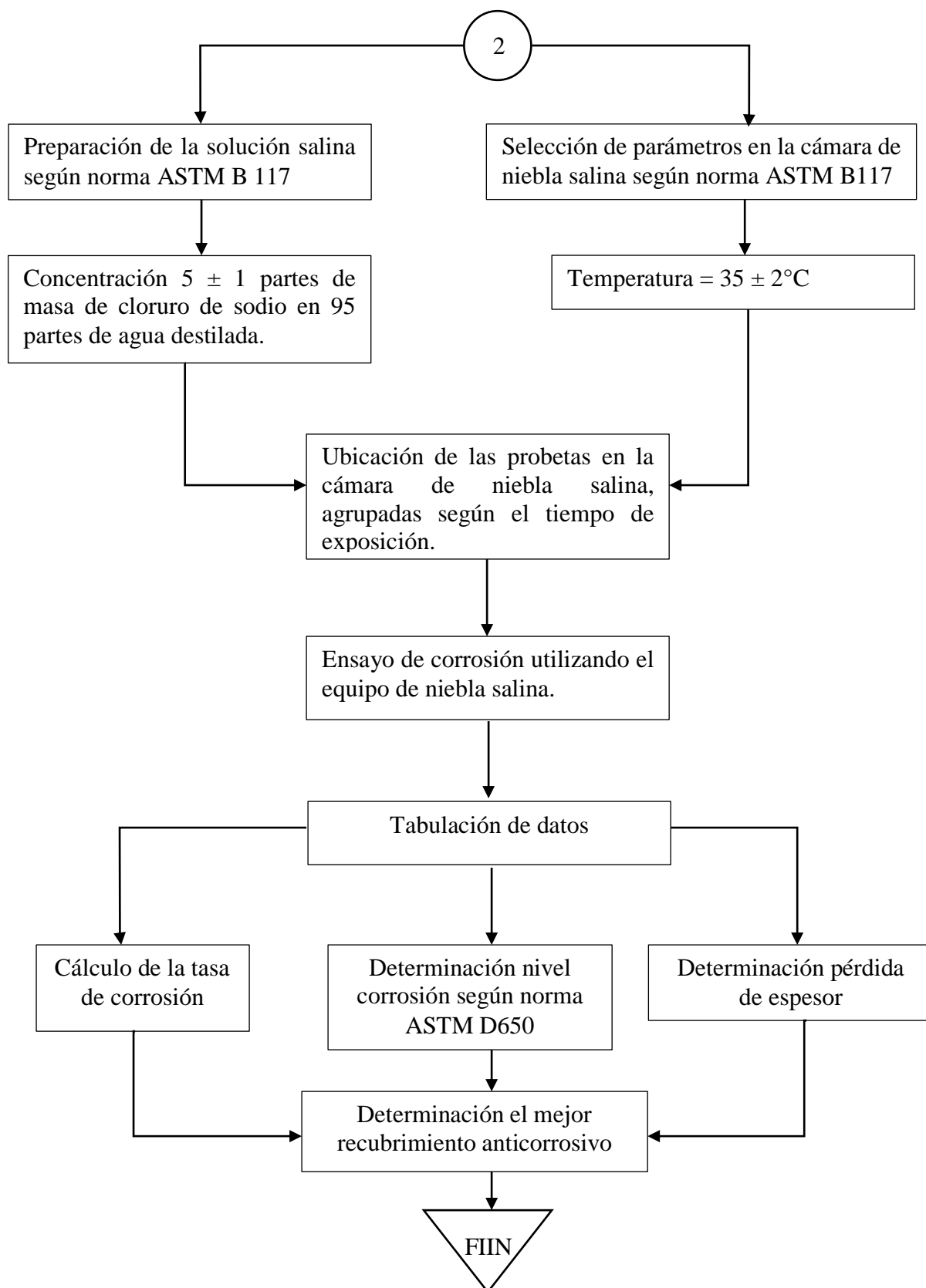
El análisis de los resultados es la parte esencial de este estudio, ya que con ello se podrá validar la hipótesis, así como cumplir con los objetivos previamente establecidos. El análisis de resultados se elaborará después de efectuar el ensayo de corrosión en la cámara de niebla salina, y se hará a través de gráficos y tablas que facilitan la interpretación de los resultados obtenidos del experimento.

3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez haya concluido el ensayo de laboratorio, se procederá al análisis e interpretación de resultados, el cual consiste en análisis de las probetas por inspección visual, análisis de pérdida de masa, y medición del espesor final. Con estos resultados se obtendrá la tasa de corrosión para los dieciocho casos de estudio, obteniéndose de igual forma la línea de tendencia de la tasa de corrosión. A continuación se indica en el siguiente diagrama de flujo el proceso por el cual se llegará al análisis e interpretación de resultados para los casos de estudio planteados anteriormente.







3.7. PROCEDIMIENTO

3.7.1. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Realizar la adquisición de los productos necesarios para la realización del ensayo, estos son 6 platinas de acero A-36 de 20 mm de ancho por 3 mm de espesor; recubrimiento, epoxi con cinc activado, recubrimiento a base de solventes y pintura a base de resinas sintéticas, con sus respectivos catalizadores.

3.7.2. ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ACERO A-36

Cortar las platinas de acero A-36, según se muestra en la Figura 3-1 y Figura 3-2, a continuación.

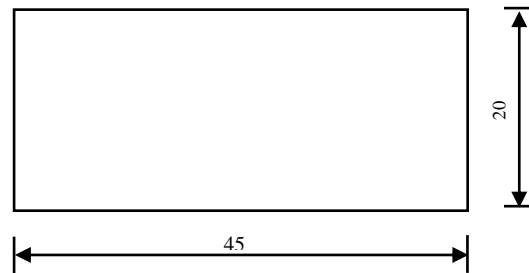


Figura 3-1: Dimensiones probetas acero A-36
Fuente: Autor



Figura 3-2: Corte de las platinas
Fuente: Autor

3.7.3. INSPECCIÓN DE MUESTRAS

Se debe seleccionar las probetas que cumplan con la dimensión descrita anteriormente, las probetas que no cumplan con la especificación deben ser rechazadas.

3.7.4. CLASIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras y el número de muestras se clasificarán según se muestra en la Tabla 3-3, para su fácil identificación y agrupación para la aplicación del recubrimiento.

Tabla 3-3: Agrupación de las probetas

LOTE TOTAL (540)	LOTE LIMPIEZA MANUAL (180)	LOTE PINTURA 1 (60)	CEPILLO (30)
			PULVERIZACIÓN (30)
		LOTE PINTURA 2 (60)	CEPILLO (30)
			PULVERIZACIÓN (30)
		LOTE PINTURA 3 (60)	CEPILLO (30)
			PULVERIZACIÓN (30)
	LOTE LIMPIEZA MECÁNICA (180)	LOTE PINTURA 1 (60)	CEPILLO (30)
			PULVERIZACIÓN (30)
		LOTE PINTURA 2 (60)	CEPILLO (30)
			PULVERIZACIÓN (30)
		LOTE PINTURA 3 (60)	CEPILLO (30)
			PULVERIZACIÓN (30)
LOTE LIMPIEZA CHORRO ABRASIVO (180)	LOTE PINTURA 1 (60)	CEPILLO (30)	
		PULVERIZACIÓN (30)	
	LOTE PINTURA 2 (60)	CEPILLO (30)	
		PULVERIZACIÓN (30)	
	LOTE PINTURA 3 (60)	CEPILLO (30)	
		PULVERIZACIÓN (30)	

Fuente: Autor

3.7.4.1. LIMPIEZA INICIAL MANUAL

Para el método de limpieza inicial manual, limpiar cada muestra con lija, como se muestra en la Figura 3-3, a ambos lados de la probeta.



Figura 3-3: Limpieza Manual
Fuente: Autor

3.7.4.2. LIMPIEZA INICIAL MECÁNICA

Para el método de limpieza inicial mecánica, utilizar como herramienta una grata, como se observa en la Figura 3-4, y se procedió a limpiar las muestras.



Figura 3-4: Limpieza Mecánica
Fuente: Autor

3.7.4.3. LIMPIEZA INICIAL POR CHORRO ABRASIVO

Al tercer grupo de muestras, efectuar limpieza por chorro abrasivo, utilizando la técnica de sponge jet, el método se puede observar en la Figura 3-5.



Figura 3-5: Limpieza Chorro Abrasivo
Fuente: Autor

3.7.5. PREPARACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS

Cada recubrimiento debe ser preparado según las indicaciones del fabricante.

3.7.6. APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS

Agrupar las probetas según el tipo de recubrimiento a ser aplicado según el diagrama de posicionamiento que se observa en la Figura 3-6 y en la Figura 3-7, a posteriori:

LOTE DE PROBETAS PARA APLICAR PINTURA MÉTODO CEPILLADO

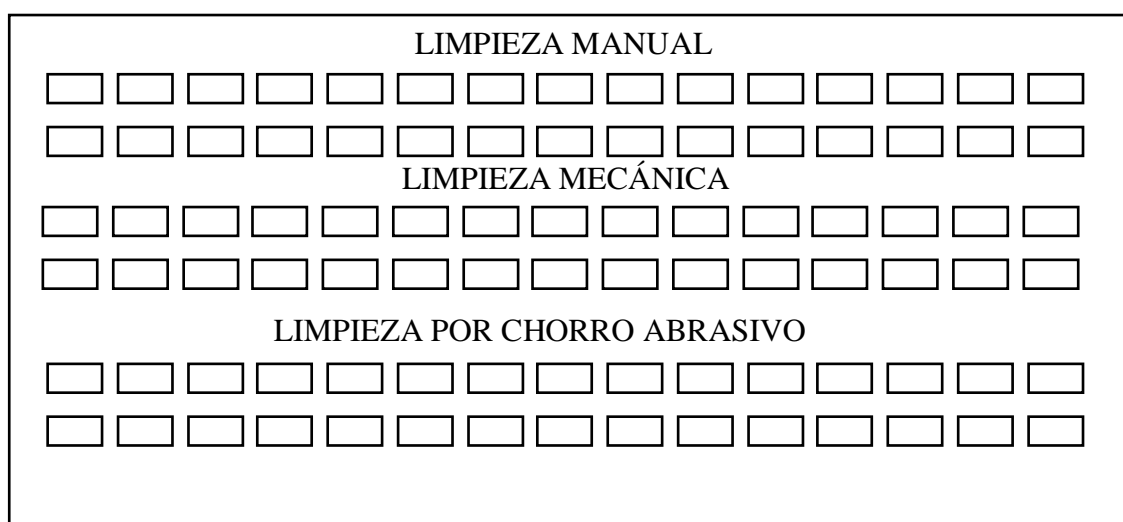


Figura 3-6: Lote de probetas para aplicar pintura método cepillado
Fuente: Autor

Aplicar la misma distribución para cada tipo de pintura y método de aplicación, obteniéndose 6 lotes.

Aplicar los recubrimientos con cepillo, y mediante la pulverización de la pintura. Se debe esperar el tiempo de secado recomendado para el fabricante 8 horas por ser multicapa.



Figura 3-7: Lote de probetas para aplicar pintura método cepillado
Fuente: Autor

3.7.7. INSPECCIÓN FINAL DE MUESTRAS

Se debe hacer una inspección de las probetas, observando que no existan poros, rayas, ni zonas en las que se haya desprendido la pintura, ya que esto puede afectar gravemente los resultados del ensayo. Las probetas que presenten estas características deben ser descartadas.

3.7.8. TABULACIÓN DE DATOS

Obtener los datos de largo, ancho, espesor y masa de las probetas. Además de obtener imágenes como en la Figura 3-8 Figura 3-9 de las probetas en su estado inicial.



Figura 3-8: Medición del ancho inicial
Fuente: Autor



Figura 3-9: Medición de la masa inicial
Fuente: Autor

3.7.9. UBICACIÓN DE LAS PROBETAS EN LOS SOPORTES

Las probetas deben ser ubicadas en los soportes, los soportes están preparadas para su fácil remoción de la cámara salina una vez terminado el tiempo de exposición. Las probetas deben estar posicionadas según se indica en la Figura 3-10 para su fácil identificación. La codificación de las probetas está establecida en la Tabla 3-4. El conjunto de probetas listas para ensayar se observa en la Figura 3-11.

Tabla 3-4: Codificación General de Probetas

CODIFICACIÓN	MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL	RECUBRIMIENTO	APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO
1	Manual	A base de solventes	Pulverización
2	Mecánico	A base de solventes	Pulverización
3	Chorro abrasivo	A base de solventes	Pulverización
4	Manual	Con resinas sintéticas	Pulverización
5	Mecánico	Con resinas sintéticas	Pulverización
6	Chorro abrasivo	Con resinas sintéticas	Pulverización
7	Manual	Con resinas sintéticas	Cepillo
8	Mecánico	Con resinas sintéticas	Cepillo
9	Chorro abrasivo	Con resinas sintéticas	Cepillo
10	Manual	Epoxi con cinc activado	Cepillo

CODIFICACIÓN	MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL	RECUBRIMIENTO	APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO
11	Mecánico	Epoxi con cinc activado	Cepillo
12	Chorro abrasivo	Epoxi con cinc activado	Cepillo
13	Manual	Epoxi con cinc activado	Pulverización
14	Mecánico	Epoxi con cinc activado	Pulverización
15	Chorro abrasivo	Epoxi con cinc activado	Pulverización
16	Manual	A base de solventes	Cepillo
17	Mecánico	A base de solventes	Cepillo
18	Chorro abrasivo	A base de solventes	Cepillo

Fuente: Autor

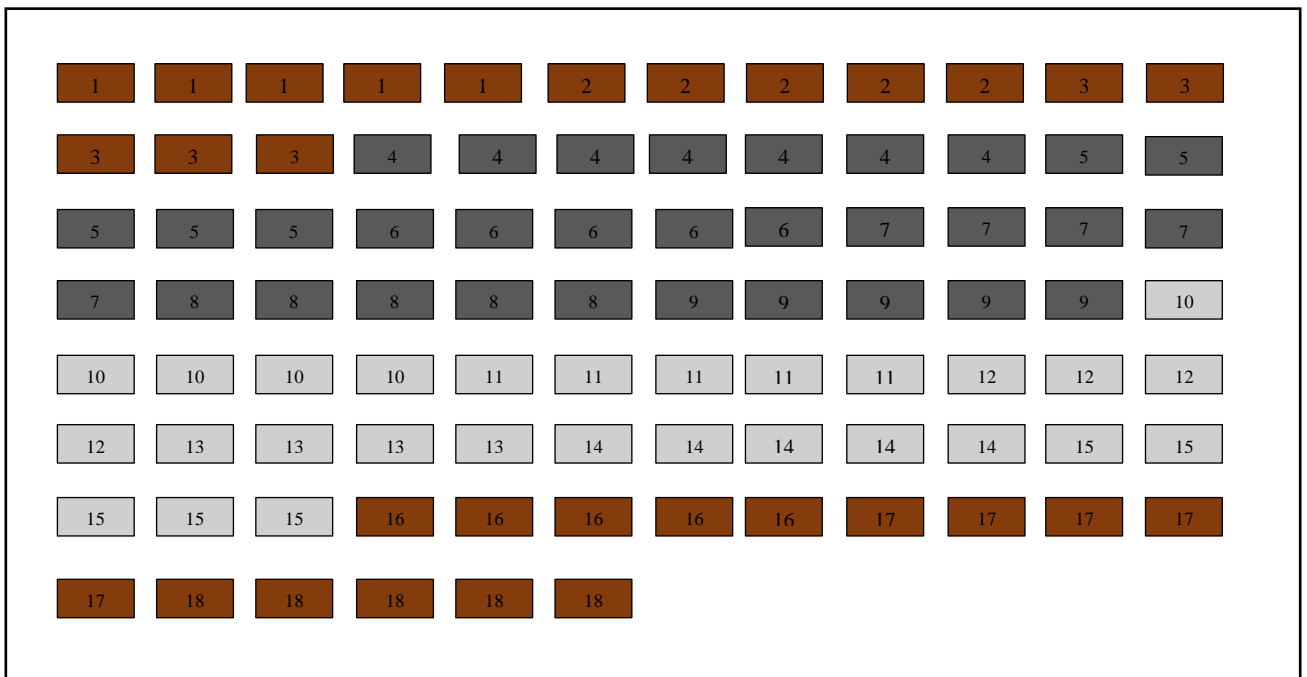


Figura 3-10: Diagrama posicionamiento de Probetas

Fuente: Autor

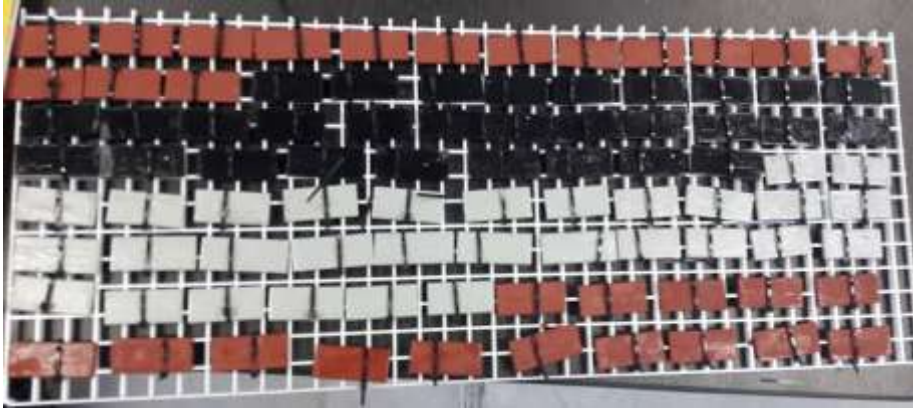


Figura 3-11: Posicionamiento de Probetas
Fuente: Autor

Cada lote de probetas lleva en su parte posterior el número de identificación, que es el que permite conocer el tiempo de exposición que deben tener probetas, siendo 1 correspondiente a 24 horas, 2 a 48, 3 a 72, 4 a 96 y 5 a 120 horas. Una vez concluya el periodo de exposición cada lote será extraído de la cámara. En la Figura 3-12 se pudo identificar el lote de probetas que será ensayado 24 horas en la cámara de niebla salina, así se puede observar en las Figuras 3-13, 3-14, 3-15 y 3-16, la identificación del tiempo de exposición a la cámara.



Figura 3-12: Lote de probetas a ser ensayadas 24 horas
Fuente: Autor



Figura 3-13: Lote de probetas a ser ensayadas 48 horas
Fuente: Autor



Figura 3-14: Lote de probetas a ser ensayadas 72 horas
Fuente: Autor



Figura 3-15: Lote de probetas a ser ensayadas 96 horas
Fuente: Autor



Figura 3-16: Lote de probetas a ser ensayadas 120 horas
Fuente: Autor

3.7.10. PREPARACIÓN DEL ENSAYO DE NIEBLA SALINA

El ensayo de corrosión utilizando la cámara de niebla salina, se llevará a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Ensayos Climáticos y Tratamientos Térmicos ubicado en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de Tungurahua, para realizar en ensayo se deben seguir los siguientes pasos:

3.7.10.1. CÁLCULO VOLUMEN SOLUCIÓN A UTILIZAR

El tiempo de utilización de la cámara de niebla en su totalidad será de 120 horas, el caudal de solución salina utilizado por hora será de 0.5 litros/hora

$$V_{\text{solución}} = \text{Tiempo} \times \text{Caudal} \quad [18]$$

$$V_{\text{solución}} = 120 \text{ horas} \times \frac{0.5 \text{ litros}}{\text{hora}}$$

$$V_{\text{solución}} = 60 \text{ litros}$$

3.7.10.2. CÁLCULO CANTIDAD DE SOLUTO Y SOLVENTE

La norma ASTM B117 establece que la concentración de sal en la solución debe ser 5 ± 1 gramos de sal por 100 gramos de solución. Como dato se tiene que la densidad de la sal es 2.17 g/cm^3 [18].

El solvente a utilizar es agua destilada, la cual sigue las especificaciones establecidas en la norma ASTM D1193.

$$\%Peso = \frac{5 \text{ gramos soluto}}{100 \text{ gramos de solución}} \times 100\%$$

$$\%Peso = 5 \%$$

$$m_{\text{solución}} = m_{\text{soluto}} + m_{\text{solvente}}$$

$$m_{\text{solvente}} = 100 \text{ gramos} - 5 m_{\text{solvente}}$$

$$m_{\text{solvente}} = 95 \text{ gramos}$$

$$V_{\text{solvente}} = \frac{m_{\text{solvente}}}{\delta_{\text{solvente}}}$$

$$V_{\text{solvente}} = \frac{95 \text{ gramos}}{1 \frac{\text{gramo}}{\text{cm}^3}}$$

$$V_{\text{solvente}} = 95 \text{ cm}^3 = 95 \text{ ml}$$

$$V_{\text{soluto}} = \frac{m_{\text{soluto}}}{\delta_{\text{soluto}}}$$

$$V_{\text{soluto}} = \frac{5 \text{ gramos}}{2.17 \frac{\text{gramo}}{\text{cm}^3}}$$

$$V_{\text{soluto}} = 2.304147 \text{ cm}^3 = 2.304147 \text{ ml}$$

$$V_{\text{solución}} = V_{\text{soluto}} + V_{\text{solvente}}$$

$$V_{\text{solución}} = 95 \text{ ml} + 2.304147 \text{ ml}$$

$$V_{\text{solución}} = 97.304147$$

$$\% \text{Volumen} = \frac{V_{\text{soluto}}}{V_{\text{de solución}}} \times 100\%$$

$$\% \text{Volumen} = \frac{2.304147 \text{ ml}}{97.304147 \text{ ml}} \times 100\%$$

$$\% \text{Volumen} = 0.02367 \%$$

$$\% \text{Volumen} = \frac{V_{\text{soluto}}}{V_{\text{de solución}}} \times 100\%$$

$$0.02367 \% = \frac{V_{\text{soluto}}}{60\,000 \text{ ml}}$$

$$V_{\text{soluto}} = 0.02367 * 60000$$

$$V_{\text{soluto}} = 1420.79063 \text{ ml}$$

$$V_{\text{solución}} = V_{\text{soluto}} + V_{\text{solvente}}$$

$$V_{\text{solvente}} = 60000 \text{ ml} - 1420.79063 \text{ ml}$$

$$V_{\text{solvente}} = 58\,579.20937 \text{ ml} = 58.579 \text{ l}$$

$$m_{\text{soluto}} = V_{\text{soluto}} \times \delta_{\text{soluto}}$$

$$m_{\text{soluto}} = 1420.79063 \text{ ml} \times 2.17 \frac{\text{gramo}}{\text{cm}^3}$$

$$m_{\text{soluto}} = 3083.11566 \text{ gramos}$$

Por lo tanto para obtener un volumen de solución de 60 litros, serán necesarios mezclar 58.579 litros de agua destilada y $3083.11566 \pm 5\%$ de sal analítica.

3.7.10.3. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Con la cantidades de soluto y solvente anteriormente calculadas, se debe mezclar en un recipiente hasta que la sal esté completamente disuelta. En la Figura 3-17 y Figura 3-18 se identifica el proceso de preparación de la solución salina.



Figura 3-17: Medición de soluto y solvente

Fuente: Autor



Figura 3-18: Preparación de la solución

Fuente: Autor

3.7.10.4. MEDICIÓN DE pH DE LA SOLUCIÓN

Según se establece en la norma ASTM B 117, el pH de la solución antes de ingresar a la cámara debe estar en el rango de 6.5 a 7.2. Este valor se constata midiendo con la ayuda del pH-metro. Si el valor es correcto, la solución se debe colocar en el tanque de disolución salina de la cámara de niebla salina. En la Figura 3-19 se encuentra la medición del pH de la solución



Figura 3-19: Medición pH de la solución
Fuente: Autor

3.7.10.5. INGRESO DE LAS PROBETAS A LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA

Las probetas se colocan como se indica en la Figura 3-20, las mismas deben tener un ángulo de inclinación entre 15° y 30° respecto a la horizontal.



Figura 3-20: Ubicación de las probetas en la cámara de niebla salina
Fuente: Autor

3.7.10.6. SELECCIÓN DE PARÁMETROS EN LA CÁMARA DE NIEBLA SALINA

La temperatura de la cámara ser mantenida a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$, el caudal de solución salina será de 0.5 litros/hora, y la presión sugerida 1.2 bares. En la Figura 3-21, se comprueba la correcta selección de los parámetros



Figura 3-21: Selección de Parámetros para la cámara de niebla salina
Fuente: Autor

3.7.10.7. EJECUCIÓN ENSAYO DE CORROSIÓN

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 fluviómetros, el cual debe estar entre 24 y 48 ml. Además cada 24 horas se extraerán las probetas cuyo tiempo de exposición a concluido para su posterior análisis.

3.7.10.8. MEDICIÓN PARÁMETROS DE CONTROL

La solución recolectada por los fluviómetros se somete a una prueba de pH, cuyo valor debe estar entre 6.5 y 7.2, para validar la calidad del ensayo. Dicha medición

se debe realizar cada 24 horas. La figura 3-22 indica la solución salina recolectada por los fluviómetros.



Figura 3-22: Medición de parámetros de control
Fuente: Autor

3.7.11. TABULACIÓN DE DATOS

Cada vez que se extraen probetas de la cámara de niebla salina, estas deben ser lavadas para remover la sal. Una vez estén secas se debe tomar los datos de masa y espesor, además de realizar la inspección visual asignar el grado de corrosión.

3.7.12. CÁLCULOS

3.7.12.1. CÁLCULO DE LA TASA DE CORROSIÓN.

$$\text{Radio de corrosión} = \frac{(W * K)}{(A * T * D)}$$

$$\text{Radio de corrosión} = \frac{((19.85 - 19.84)) 87600 *}{((0.1975 * 0.4682) * 120 * 7.86)}$$

$$\text{Radio de corrosión} = 0.106 \text{ mm/año}$$

3.7.12.2. CÁLCULO DE VALORES ATÍPICOS

Los valores atípicos se calculan con la norma ASTM E178, como se indica a continuación:

$$T_n = (\bar{x} - x_i)/s$$

donde:

\bar{x} : promedio de las muestras

x_i : muestra i

s: desviación estándar

$$T_n = (0.10 - 0.08)/0.004$$

$$T_n = 0.500$$

El valor de T_n se compara en la tabla, que se muestra en el anexo Norma ASTM E 178, si el valor es mayor al de la tabla se descarta.

3.7.13. GRADO DE CORROSIÓN

Las probetas son ensayadas en múltiplos de 24 horas, hasta concluir las 120 horas. Cada lote de probetas, se documentará fotográficamente, y se comparará con inspección visual, el grado de corrosión según señala la norma ASTM D 610.

3.7.14. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con los datos tabulados se calculará la tasa de corrosión y se compararán estos resultados, para indicar el mejor recubrimiento. El grado de corrosión se determinará por inspección visual, permitiendo observar que recubrimiento ofrece mayor protección.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos recolectados se muestran en las tablas a continuación. Las tablas están codificadas según la siguiente distribución establecida en la Tabla 4-1:

Tabla 4-1: Codificación de Probetas



CODIFICACIÓN	MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL	RECUBRIMIENTO	APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO
1	Manual	A base de solventes	Pulverización
2	Mecánico	A base de solventes	Pulverización
3	Chorro abrasivo	A base de solventes	Pulverización
4	Manual	Con resinas sintéticas	Pulverización
5	Mecánico	Con resinas sintéticas	Pulverización
6	Chorro abrasivo	Con resinas sintéticas	Pulverización
7	Manual	Con resinas sintéticas	Cepillo
8	Mecánico	Con resinas sintéticas	Cepillo
9	Chorro abrasivo	Con resinas sintéticas	Cepillo
10	Manual	Epoxi con cinc activado	Cepillo
11	Mecánico	Epoxi con cinc activado	Cepillo
12	Chorro abrasivo	Epoxi con cinc activado	Cepillo
13	Manual	Epoxi con cinc activado	Pulverización
14	Mecánico	Epoxi con cinc activado	Pulverización
15	Chorro abrasivo	Epoxi con cinc activado	Pulverización
16	Manual	A base de solventes	Cepillo

CODIFICACIÓN	MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL	RECUBRIMIENTO	APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO
17	Mecánico	A base de solventes	Cepillo
18	Chorro abrasivo	A base de solventes	Cepillo

Fuente: Autor

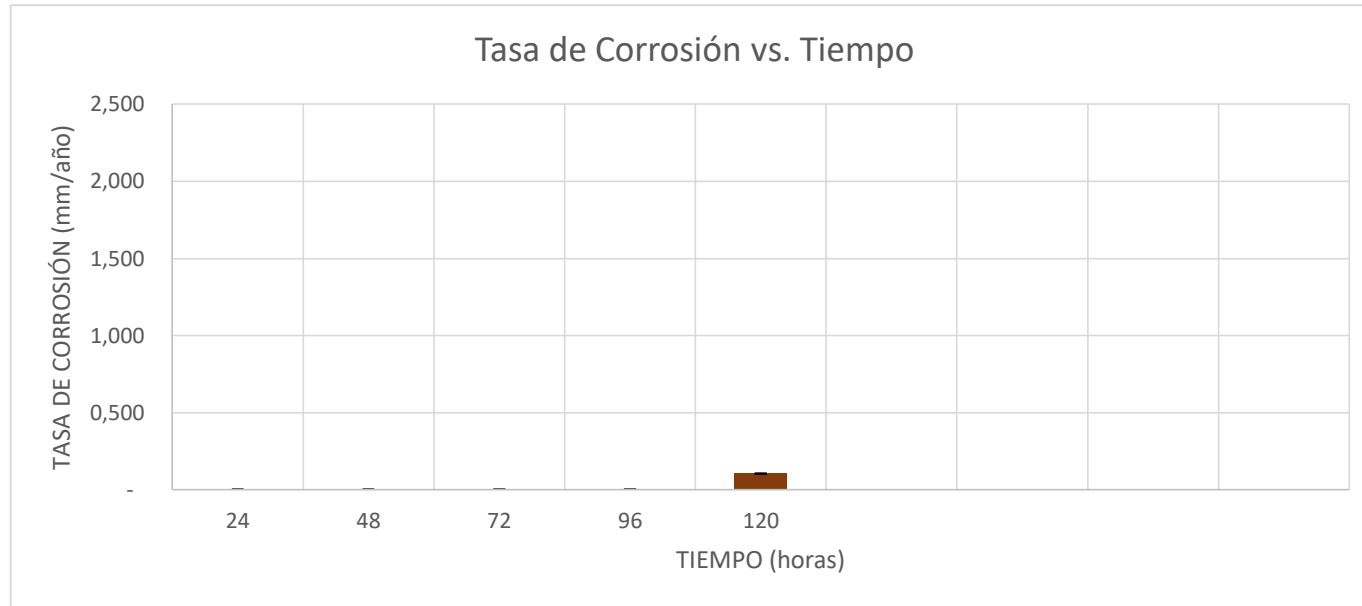
4.1.1. FICHAS RECOLECCIÓN DATOS PROBETAS, CÁLCULO TASA DE CORROSIÓN

Ficha Técnica 1: Recolección de Datos y Resultados 1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA											
		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS											
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:			Cámara de niebla salina				
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:			ASTM B117				
Método de Limpieza Inicial:		Manual				Tipo de Recubrimiento Aplicado:			Recubrimiento a base de solvente				
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización				Codificación:			1				
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:			7.86 g/cm ³				
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	44,480	19,880	3,080	3,080	19,110	19,110	-	-	-	-	-	-
2	24	43,950	19,800	3,070	3,070	18,940	18,940	-	-		-	-	
3	24	44,630	19,880	3,050	3,050	19,420	19,420	-	-		-	-	
4	24	44,290	20,000	3,100	3,100	19,160	19,160	-	-		-	-	
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
5	24	45,190	19,730	3,120	3,120	19,760	19,760	-	-		-	-	
6	48	44,020	20,010	3,070	3,070	18,990	18,990	-	-	-	-	-	-
7	48	45,420	19,910	3,080	3,080	19,490	19,490	-	-		-	-	
8	48	44,480	19,870	3,090	3,090	19,280	19,280	-	-		-	-	
9	48	44,750	19,780	3,110	3,110	19,330	19,330	-	-		-	-	
10	48	44,130	19,690	3,100	3,100	19,240	19,240	-	-		-	-	
11	72	44,310	19,920	3,080	3,080	19,140	19,140	-	-	-	-	-	-
12	72	44,410	20,170	3,020	3,020	19,170	19,170	-	-		-	-	
13	72	44,630	19,760	3,100	3,100	19,450	19,450	-	-		-	-	
14	72	44,570	20,090	3,040	3,040	19,230	19,230	-	-		-	-	
15	72	44,490	19,930	3,010	3,010	19,170	19,170	-	-	-	-	-	-
16	96	45,140	19,730	3,020	3,020	19,380	19,380	-	-	-	-	-	-
17	96	45,160	19,850	2,990	2,990	19,500	19,500	-	-		-	-	
18	96	44,730	19,740	3,000	3,050	19,330	19,330	-	-		-	-	
19	96	44,530	20,030	3,010	3,010	19,320	19,320	-	-		-	-	
20	96	44,760	19,890	3,040	3,040	19,240	19,240	-	-	-	-	-	-
21	120	43,900	19,860	3,020	3,020	18,870	18,860	0,010	0,107	0,000	-	0,107	0,105
22	120	44,160	19,810	3,000	3,000	18,960	18,950	0,010	0,106		-	0,106	
23	120	45,020	20,110	2,960	2,960	19,220	19,210	0,010	0,103		-	0,103	
24	120	43,840	19,950	2,970	2,970	18,870	18,860	0,010	0,106		-	0,106	
25	120	45,250	19,630	3,050	3,050	19,660	19,650	0,010	0,105		-	0,105	

GRÁFICAS





OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, las primeras 96 horas no se presentan un cambio en el peso de las probetas, por lo que no existe tasa de corrosión. El máximo valor de tasa de corrosión se obtiene a las 120 horas de iniciado el ensayo. No hay cambios en el espesor de las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

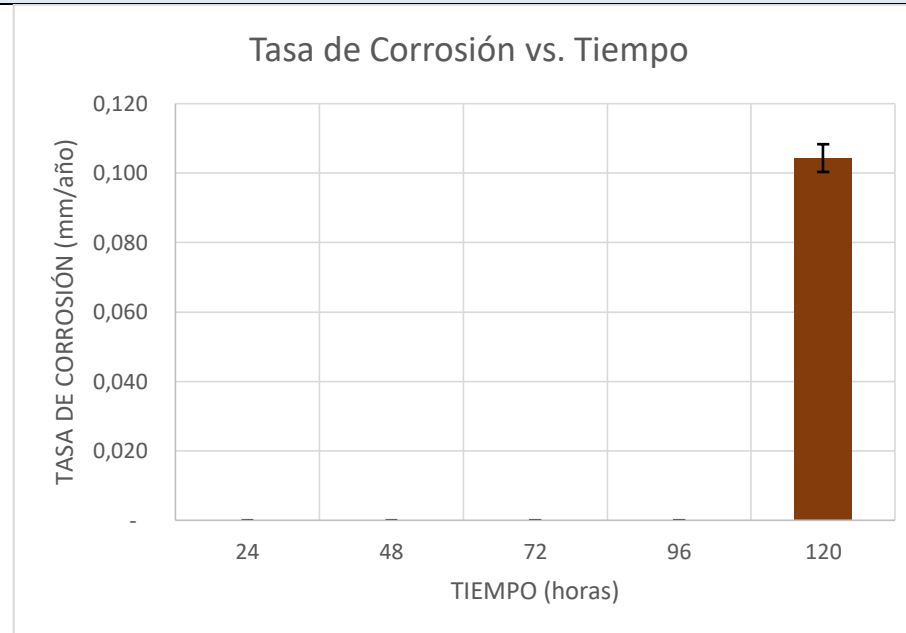
Fuente: Autor

Ficha Técnica 2: Recolección de Datos y Resultados 2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA											
		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS											
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:			Cámara de niebla salina				
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:			ASTM B117				
Método de Limpieza Inicial:		Mecánica				Tipo de Recubrimiento Aplicado:			Recubrimiento a base de solvente				
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización				Codificación:			2				
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:			7.86 g/cm ³				
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	45,72	19,91	3,11	3,11	19,73	19,73	-	-	-	-	-	-
2	24	44,27	20,05	3,08	3,08	19,1	19,1	-	-		-	-	
3	24	44,79	19,62	3,06	3,06	19,22	19,22	-	-		-	-	
4	24	44,72	19,75	3,11	3,11	19,41	19,41	-	-		-	-	
5	24	43,84	20,15	3,03	3,03	18,99	18,99	-	-		-	-	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN						
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)		
6	48	44,16	20,05	3,04	3,04	19,07	19,07	-	-		-	-			
7	48	45,84	19,96	3,07	3,07	19,79	19,79	-	-	-	-	-	-		
8	48	45,46	19,89	3,03	3,03	19,67	19,67	-	-		-	-			
9	48	44,03	19,9	3,09	3,09	19,09	19,09	-	-		-	-			
10	48	43,96	19,87	3,07	3,07	18,96	18,96	-	-		-	-			
11	72	44,57	20,11	3,01	3,01	19,2	19,2	-	-	-	-	-	-		
12	72	44,72	19,57	3,12	3,12	19,43	19,43	-	-		-	-			
13	72	43,42	19,74	3,05	3,05	18,76	18,76	-	-		-	-			
14	72	44,53	19,91	3,08	3,08	19,36	19,36	-	-		-	-			
15	72	43,86	20,16	3,05	3,05	18,57	18,57	-	-	-	-	-	-		
16	96	43,85	19,43	3,05	3,05	18,99	18,99	-	-		-	-			
17	96	45,81	20,03	3,05	3,05	19,83	19,83	-	-		-	-			
18	96	44,35	19,85	3,08	3,05	19,27	19,27	-	-		-	-			
19	96	45,09	20,11	3,03	3,03	19,4	19,4	-	-	-	-	-	-		
20	96	43,74	19,95	3,08	3,08	18,85	18,85	-	-		-	-			
21	120	45,33	19,79	3,08	3,08	19,63	19,62	0,010	0,104		0,004	0,500		0,104	0,104
22	120	44,33	20,03	3,02	3,02	19,07	19,05	0,020	0,209			2,00		0,104	
23	120	44,79	19,98	3,09	3,09	19,4	19,39	0,010	0,104	0,500		0,104			
24	120	44,98	19,59	3,04	3,04	19,44	19,43	0,010	0,105	0,500		0,105			
25	120	44,62	19,85	3,03	3,03	19,22	19,21	0,010	0,105	0,500		0,105			

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, las primeras 96 horas no se presentan un cambio en el peso de las probetas, por lo que no existe tasa de corrosión. El máximo valor de tasa de corrosión se obtiene a las 120 horas de iniciado el ensayo. No hay cambios en el espesor de las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 3: Recolección de Datos y Resultados 3



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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

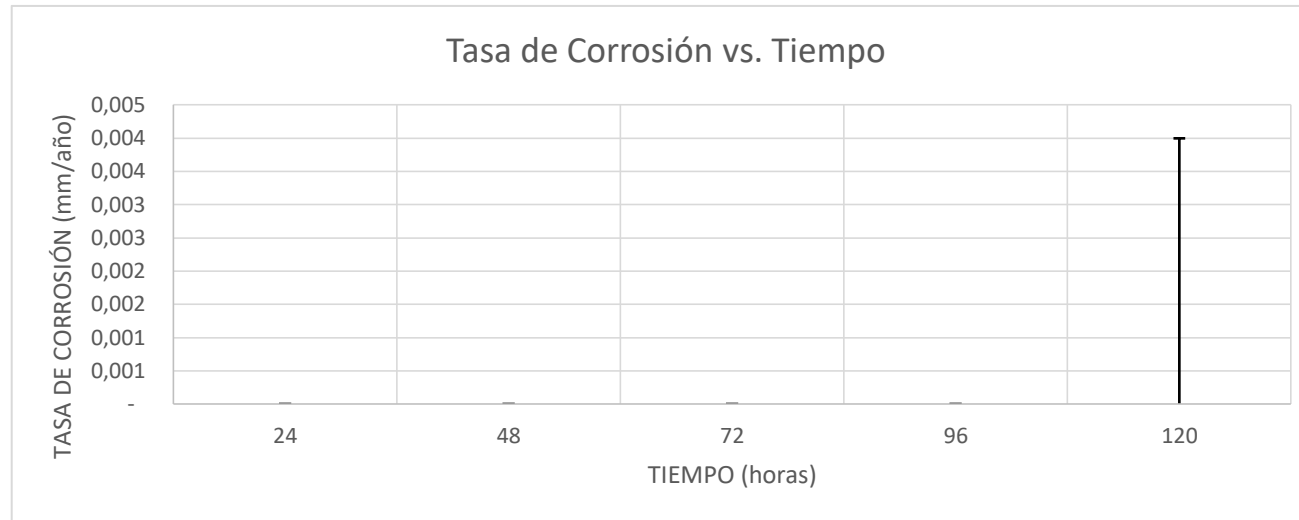
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza Inicial:	Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	3
Constante K:	87600 mm/año	Densidad material base:	7.86 g/cm ³

DATOS Y RESULTADOS

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	44,280	19,780	3,150	3,150	19,300	19,300	-	-	-	-	-	-
2	24	46,300	19,900	3,040	2,980	19,870	19,870	-	-		-	-	-
3	24	44,410	19,710	3,120	3,070	19,110	19,110	-	-		-	-	-
4	24	44,790	19,780	3,070	3,050	19,420	19,420	-	-		-	-	-
5	24	44,950	19,890	3,050	3,050	19,380	19,380	-	-		-	-	-
6	48	46,460	19,780	3,020	3,020	19,720	19,720	-	-	-	-	-	-

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN					
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)	
7	48	46,610	19,720	3,080	3,080	20,090	20,090	-	-		-	-		
8	48	44,720	19,610	3,040	3,040	19,170	19,170	-	-		-	-		
9	48	45,340	19,840	3,010	3,010	19,480	19,480	-	-		-	-		
10	48	45,630	19,630	3,060	3,060	19,710	19,710	-	-		-	-		
11	72	44,490	19,620	3,050	3,050	19,140	19,140	-	-	-	-	-	-	
12	72	43,120	20,250	2,960	2,960	18,540	18,540	-	-		-	-		
13	72	44,730	19,610	3,030	3,030	19,310	19,310	-	-		-	-		
14	72	43,800	20,000	3,040	3,040	18,980	18,980	-	-		-	-		
15	72	45,630	19,510	3,030	3,030	19,630	19,630	-	-	-	-	-	-	
16	96	43,810	19,790	3,050	3,000	18,900	18,900	-	-		-	-		
17	96	43,810	19,630	3,030	3,030	18,930	18,930	-	-		-	-		
18	96	44,800	19,720	3,110	3,040	19,260	19,260	-	-		-	-		
19	96	47,490	19,790	3,040	3,040	20,490	20,490	-	-	-	-	-	-	
20	96	44,550	19,740	3,040	3,040	19,330	19,330	-	-		-	-		
21	120	45,270	19,680	3,050	3,050	19,680	19,680	-	-		0,004	0,500		-
22	120	44,000	19,620	3,090	3,090	19,160	19,160	-	-			0,500		-
23	120	43,790	19,890	3,020	3,020	18,880	18,880	-	-	0,500		-		
24	120	44,180	20,010	3,010	3,010	19,070	19,070	-	-	0,500		-		
25	120	43,540	19,780	3,080	3,080	18,990	18,980	0,010	0,108		2,000	-		

GRÁFICAS





OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, no existe una tasa de corrosión para la presente combinación de tipo de recubrimiento, limpieza inicial y método de aplicación del recubrimiento. No hay cambios en el espesor de las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

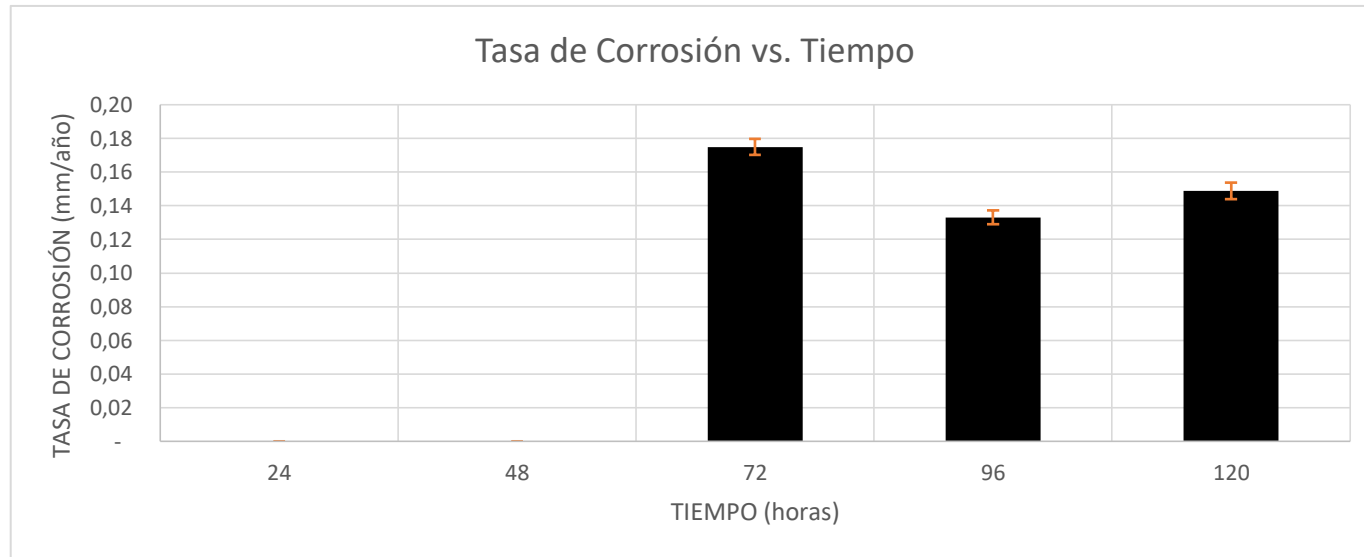
Fuente: Autor

Ficha Técnica 4: Recolección de Datos y Resultados 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA											
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:		Cámara de niebla salina					
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:		ASTM B117					
Método de Limpieza Inicial:		Manual				Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de resinas sintéticas					
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización				Codificación:		4					
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:		7.86 g/cm ³					
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	45,41	19,78	2,98	2,98	19,45	19,45	-	-	-	-	-	-
2	24	44,04	19,66	3,01	3,01	18,77	18,77	-	-		-	-	-
3	24	43,91	20,13	3	3	18,73	18,73	-	-		-	-	-
4	24	45,99	19,73	3,01	3	19,54	19,54	-	-		-	-	-
5	24	43,95	19,93	3,01	3,01	18,84	18,84	-	-		-	-	-
6	48	44,98	19,61	3,05	3,05	19,23	19,23	-	-	-	-	-	-

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
7	48	43,96	19,74	3,17	3,17	19,02	19,02	-	-		-	-	
8	48	44,28	19,82	2,96	2,96	19,06	19,06	-	-		-	-	
9	48	44,3	19,95	2,99	2,99	18,88	18,88	-	-		-	-	
10	48	43,62	19,61	3,06	3,06	18,8	18,8	-	-		-	-	
11	72	45,13	19,78	3	3	19,25	19,24	0,010	0,17	0,005	0,816	0,173	0,18
12	72	44,6	19,62	2,99	2,99	19,18	19,17	0,010	0,18		0,816	0,177	
13	72	44,45	20,04	3,04	3,04	19,17	19,17	-	-		1,225	0,175	
14	72	44,97	19,7	2,98	2,98	19,27	19,26	0,010	0,17		0,816	0,175	
15	72	44,56	19,88	2,94	2,94	19,16	19,16	-	-		1,225	0,175	
16	96	44,3	19,76	2,94	2,92	18,82	18,81	0,010	0,13	0,004	0,500	0,133	0,13
17	96	43,79	19,88	2,96	2,96	18,75	18,75	-	-		2,000	0,130	
18	96	43,38	19,53	3	3	18,6	18,59	0,010	0,14		0,500	0,250	
19	96	44,14	19,87	3,02	3,02	19,03	19,02	0,010	0,13		0,500	0,132	
20	96	44,99	19,77	3,04	3,04	19,49	19,48	0,010	0,13		0,500	0,131	
21	120	44,03	19,95	3,02	2,93	18,87	18,86	0,010	0,11	0,005	0,816	0,106	0,15
22	120	44,72	19,74	2,98	3,01	19,22	19,2	0,020	0,21		1,225	0,210	
23	120	44,48	19,45	2,99	2,97	19,06	19,05	0,010	0,11		0,816	0,107	
24	120	44,25	19,78	2,99	2,96	19	18,98	0,020	0,21		1,225	0,212	
25	120	43,32	19,69	2,99	2,99	18,58	18,57	0,010	0,11		0,816	0,109	

GRÁFICAS





OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, no existe una tasa de corrosión las primeras 48 horas, obteniéndose un valor máximo a las 72 horas de inmersión de las probetas en la cámara de niebla salina. Se identifican zonas en las existe disminución del espesor por presencia de corrosión en las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

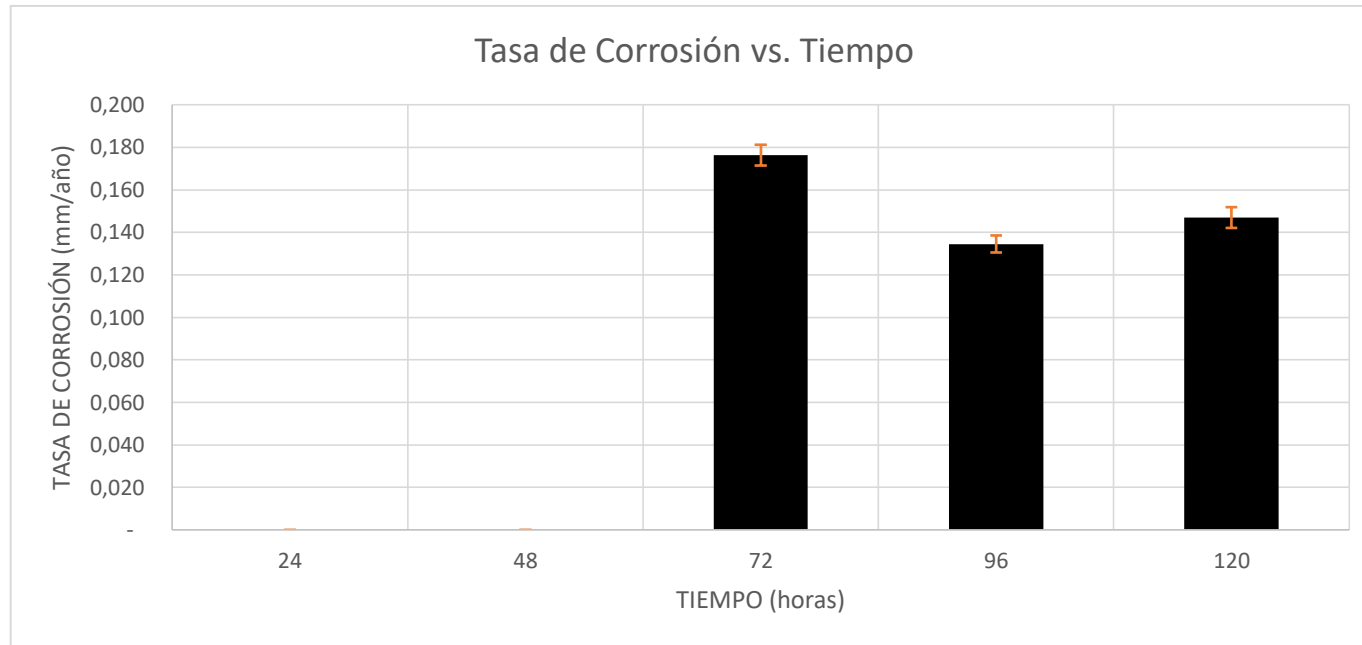
Fuente: Autor

Ficha Técnica 5: Recolección de Datos y Resultados 5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA											
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:			Cámara de niebla salina				
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:			ASTM B117				
Método de Limpieza Inicial:		Mecánico				Tipo de Recubrimiento Aplicado:			Recubrimiento a base de resinas sintéticas				
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización				Codificación:			5				
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:			7.86 g/cm ³				
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	44,580	19,610	3,020	3,020	19,100	19,100	-	-	-	-	-	-
2	24	44,340	19,890	2,950	2,950	19,040	19,040	-	-		-	-	-
3	24	44,630	19,580	3,130	3,130	19,130	19,130	-	-		-	-	-
4	24	44,750	19,800	3,000	3,000	19,120	19,120	-	-		-	-	-
5	24	44,380	19,860	2,990	2,990	19,100	19,100	-	-		-	-	-
6	48	44,200	19,790	3,010	3,010	18,900	18,900	-	-	-	-	-	-

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
7	48	45,480	19,820	3,010	3,010	19,470	19,470	-	-		-	-	
8	48	43,560	19,640	3,030	3,030	18,640	18,640	-	-		-	-	
9	48	44,340	19,780	2,990	2,990	19,010	19,010	-	-		-	-	
10	48	43,790	19,750	2,970	2,970	18,600	18,600	-	-		-	-	
11	72	44,650	19,890	2,980	2,980	19,060	19,060	-	-	0,005	0,816	0,176	0,176
12	72	43,320	19,790	2,920	2,920	18,600	18,600	-	-		0,816	0,176	
13	72	44,390	19,890	2,950	2,950	18,940	18,930	0,010	0,175		1,225	0,175	
14	72	43,730	19,980	2,980	2,980	18,790	18,780	0,010	0,177		1,225	0,177	
15	72	45,320	19,680	2,990	2,990	19,450	19,450	-	-		0,816	0,176	
16	96	43,280	19,800	2,940	2,940	18,490	18,480	0,010	0,135	0,004	0,500	0,135	0,134
17	96	44,230	19,910	2,970	2,970	18,900	18,890	0,010	0,132		0,500	0,132	
18	96	43,140	19,670	3,000	3,000	18,430	18,430	-	-		2,000	0,134	
19	96	43,640	19,650	3,010	3,010	18,730	18,720	0,010	0,135		0,500	0,135	
20	96	43,860	19,600	3,010	3,010	18,980	18,970	0,010	0,135		0,500	0,135	
21	120	44,960	20,220	2,950	3,100	19,340	19,320	0,020	0,204	0,005	1,225	0,204	0,147
22	120	43,480	19,740	3,000	2,970	18,650	18,640	0,010	0,108		0,816	0,108	
23	120	44,520	19,780	2,960	2,650	19,120	19,100	0,020	0,211		1,225	0,211	
24	120	44,870	19,870	2,970	2,950	19,270	19,260	0,010	0,104		0,816	0,104	
25	120	44,160	19,530	3,020	2,970	18,970	18,960	0,010	0,108		0,816	0,108	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, no existe una tasa de corrosión las primeras 24 horas, obteniéndose un valor máximo a las 48 horas de inmersión de las probetas en la cámara de niebla salina. Se identifican zonas en las existe disminución del espesor por presencia de corrosión en las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 6: Recolección de Datos y Resultados 6



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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

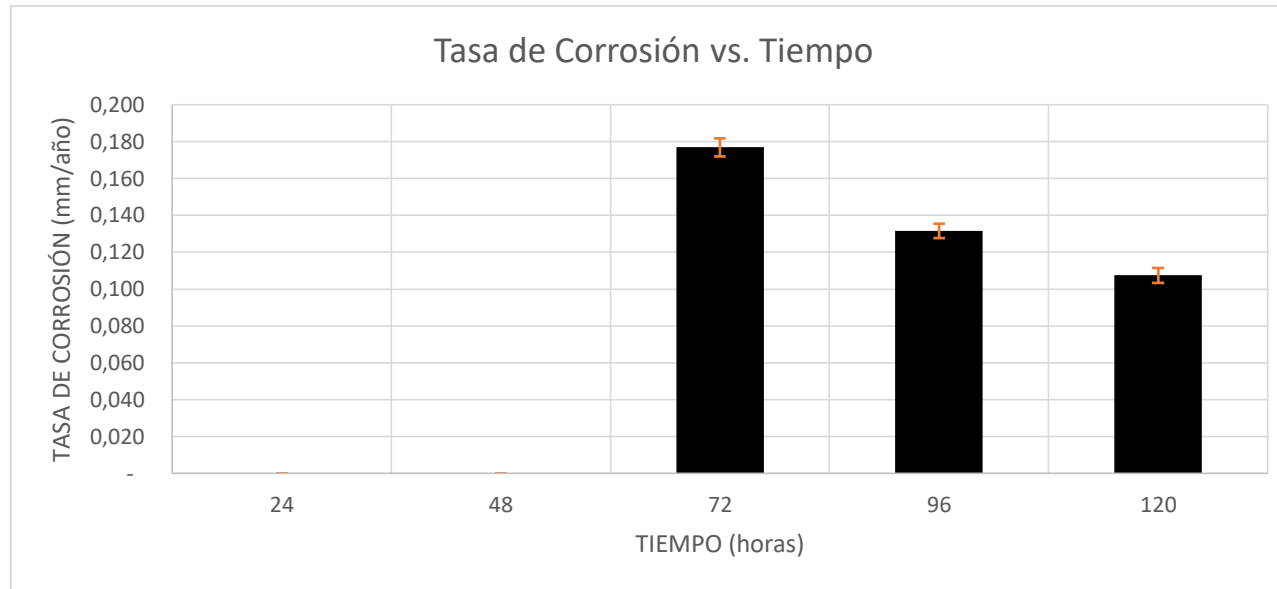
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza Inicial:	Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de resinas sintéticas
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	6
Constante K:	87600 mm/año	Densidad material base:	7.86 g/cm ³

DATOS Y RESULTADOS

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	43,7	19,7	3,02	3,02	18,82	18,82	-	-	-	-	-	-
2	24	44,13	19,72	2,98	2,98	18,89	18,89	-	-		-	-	-
3	24	43,15	19,53	3,01	3,01	18,5	18,5	-	-		-	-	-
4	24	44,1	19,8	2,96	2,96	18,86	18,86	-	-		-	-	-
5	24	45,31	19,81	2,96	2,96	19,42	19,42	-	-		-	-	-
6	48	43,94	19,47	3,05	3,05	18,92	18,92	-	-	-	-	-	-
7	48	44,65	19,87	2,99	2,99	19,07	19,07	-	-		-	-	-

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	43,78	19,65	3,17	3,17	18,98	18,98	-	-		-	-	
9	48	44,43	19,56	3,04	3,04	19,03	19,03	-	-		-	-	
10	48	43,91	19,71	3,05	3,05	18,83	18,83	-	-		-	-	
11	72	43,9	19,96	2,96	2,96	18,8	18,8	-	-	0,005	0,816	0,177	0,177
12	72	44,77	19,77	2,99	2,99	19	19	-	-		0,816	0,177	
13	72	44,79	19,9	2,95	2,95	19,21	19,2	0,010	0,174		1,225	0,174	
14	72	43,68	19,66	2,97	2,97	18,68	18,67	0,010	0,180		1,225	0,180	
15	72	43,41	19,66	3,06	3,06	18,69	18,69	-	-		0,816	0,177	
16	96	44,5	19,94	2,99	2,97	19,2	19,2	-	-	0,004	2,000	0,132	0,132
17	96	44,55	19,83	2,96	2,88	18,99	18,98	0,010	0,131		0,500	0,131	
18	96	44,73	19,73	2,98	2,94	19,17	19,16	0,010	0,132		0,500	0,132	
19	96	44,35	19,83	3,03	3,03	19,08	19,07	0,010	0,132		0,500	0,132	
20	96	44,5	19,83	2,98	2,98	18,98	18,97	0,010	0,132		0,500	0,132	
21	120	44,63	19,59	2,97	2,96	19,12	19,11	0,010	0,106	0,000	2,000	0,107	0,107
22	120	44,42	19,87	3,01	2,97	18,96	18,95	0,010	0,105		0,500	0,105	
23	120	43,72	19,99	3,02	3,02	18,77	18,76	0,010	0,106		0,500	0,106	
24	120	42,82	19,82	2,97	2,97	18,32	18,31	0,010	0,109		0,500	0,109	
25	120	42,73	19,95	2,97	2,97	18,39	18,38	0,010	0,109		0,500	0,109	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, no existe una tasa de corrosión las primeras 48 horas, obteniéndose un valor máximo a las 72 horas de inmersión de las probetas en la cámara de niebla salina. Se identifican zonas en las existe disminución del espesor por presencia de corrosión en las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

-Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
------------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 7: Recolección de Datos y Resultados 7



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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

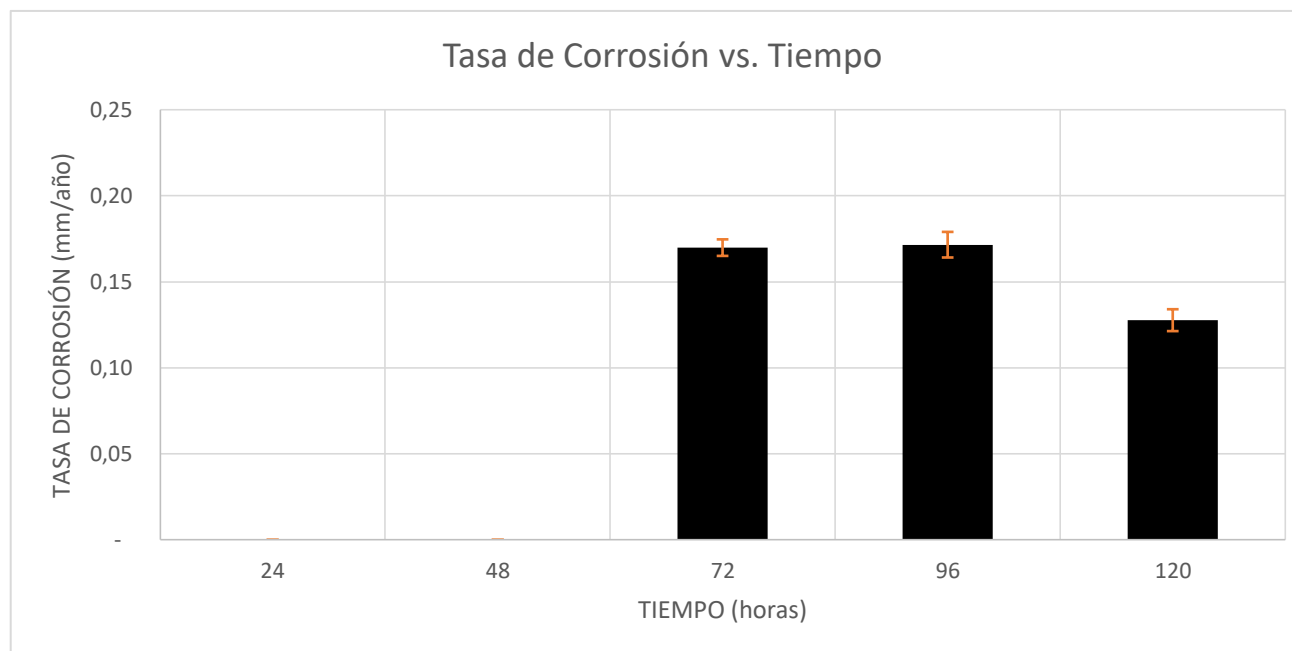
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza Inicial:	Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de resinas sintéticas
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Cepillado	Codificación:	7
Constante K:	87600 mm/año	Densidad material base:	7.86 g/cm ³

DATOS Y RESULTADOS

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	T _n	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	45,67	20,16	2,98	2,98	20,22	20,22	-	-	-	-	-	-
2	24	46,93	20,05	2,98	2,98	19,41	19,41	-	-		-	-	-
3	24	47,64	20,02	2,97	2,97	19,22	19,22	-	-		-	-	-
4	24	48,69	20,07	3,04	3,04	18,71	18,71	-	-		-	-	-
5	24	45,84	20,02	2,94	2,94	21,65	21,65	-	-		-	-	-
6	48	43,71	20,07	2,98	2,98	20,95	20,95	-	-	-	-	-	-
7	48	42,46	19,9	3,02	3,02	21,62	21,62	-	-		-	-	-

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	42,77	19,82	3,02	3,02	21,48	21,48	-	-		-	-	
9	48	40,83	19,96	3,07	3,07	22,12	22,12	-	-		-	-	
10	48	42,72	19,86	3,05	3,05	20,24	20,24	-	-		-	-	
11	72	45,49	20,09	3,02	3,02	20,2	20,2	-	-	0,005	0,816	0,170	0,17
12	72	45,33	19,98	2,95	2,95	20,18	20,18	-	-		0,816	0,170	
13	72	46,16	20,08	2,92	2,92	20,02	20,01	0,010	0,17		1,225	0,170	
14	72	44,83	19,97	2,88	2,88	20,54	20,53	0,010	0,17		1,225	0,173	
15	72	46,06	19,74	2,96	2,96	19,83	19,83	-	-		0,816	0,170	
16	96	45,57	20,1	2,98	2,83	20,21	20,19	0,020	0,25	0,007	1,069	0,253	0,17
17	96	44,08	20,1	2,97	2,92	20,81	20,8	0,010	0,13		0,267	0,131	
18	96	43,22	19,84	2,97	2,95	21,32	21,31	0,010	0,27		1,069	0,172	
19	96	45,56	19,97	2,98	2,91	20,18	20,18	-	-		1,604	0,191	
20	96	44,32	20,14	2,99	2,87	20,73	20,72	0,010	0,13		0,267	0,130	
21	120	45,73	20,23	2,98	2,73	20,2	20,19	0,010	0,10	0,006	0,000	0,100	0,13
22	120	44,79	20,03	2,88	2,98	20,62	20,6	0,020	0,21		1,581	0,207	
23	120	45,71	19,95	2,99	2,88	20,16	20,15	0,010	0,10		0,000	0,102	
24	120	45,32	20,08	2,96	3,01	20,4	20,39	0,010	0,10		0,000	0,102	
25	120	45,59	19,88	3,02	3	20,3	20,3	-	-		1,581	0,128	

GRÁFICAS





OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, no existe una tasa de corrosión las primeras 48 horas, obteniéndose un valor máximo a las 96 horas de inmersión de las probetas en la cámara de niebla salina. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

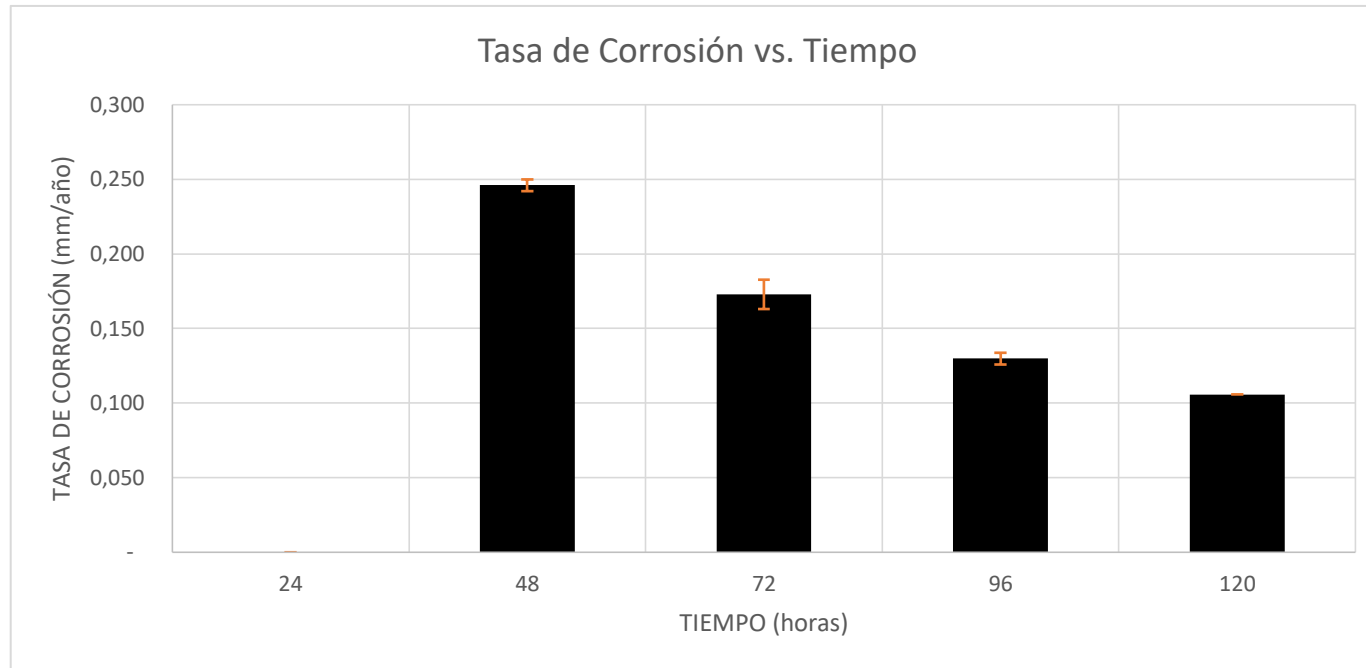
Fuente: Autor

Ficha Técnica 8: Recolección de Datos y Resultados 8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA											
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:				Cámara de niebla salina			
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:				ASTM B117			
Método de Limpieza Inicial:		Mecánico				Tipo de Recubrimiento Aplicado:				Recubrimiento a base de resinas sintéticas			
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado				Codificación:				8			
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:				7.86 g/cm ³			
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	43,95	20,03	3,25	3,25	19,41	19,41	-	-	-	-	-	-
2	24	43,76	19,91	2,97	2,97	19,39	19,39	-	-		-	-	-
3	24	43,96	20,14	2,9	2,9	19,66	19,66	-	-		-	-	-
4	24	41,25	19,94	2,84	2,84	18,23	18,23	-	-		-	-	-
5	24	44,32	19,85	2,96	2,96	19,73	19,73	-	-		-	-	-
6	48	46,83	19,86	2,94	2,94	20,67	20,66	0,010	0,250	0,004	0,500	0,250	0,246
7	48	47,53	20,06	2,93	2,93	21,17	21,16	0,010	0,244		0,500	0,244	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	48,05	19,85	2,94	2,94	21,32	21,31	0,010	0,243		0,500	0,243	
9	48	46,58	20,12	3,1	3,1	20,56	20,55	0,010	0,248		0,500	0,248	
10	48	48,54	19,98	3,02	3,02	21,58	21,58	-	-		2,000	0,246	
11	72	44,28	19,98	3,05	3,05	19,85	19,84	0,010	0,175	0,010	0,204	0,175	0,258
12	72	44,65	19,88	3,11	3,11	19,99	19,98	0,010	0,174		0,204	0,174	
13	72	45,55	20,12	2,95	2,95	20,27	20,26	0,010	0,169		0,204	0,169	
14	72	44,27	20,09	2,98	2,98	19,6	19,6	-	-		1,225	0,173	
15	72	45,23	20	2,99	2,99	20,22	20,19	0,030	0,513		1,837	0,173	
16	96	45,43	20,05	2,97	2,86	20,19	20,18	0,010	0,127	0,000	0,500	0,127	0,130
17	96	43,97	20,02	2,87	2,83	19,71	19,7	0,010	0,132		0,500	0,132	
18	96	45,11	20,11	2,95	2,89	20,16	20,15	0,010	0,128		0,500	0,128	
19	96	44,31	19,87	2,99	2,93	19,76	19,75	0,010	0,132		0,500	0,132	
20	96	44,10	20,03	3,11	2,85	19,58	19,56	0,020	0,263		2,000	0,130	
21	120	47,19	20,04	2,92	2,88	20,83	20,82	0,010	0,098	0,000	2,000	0,106	0,106
22	120	45,71	20,1	2,95	2,99	20,19	20,18	0,010	0,101		0,500	0,101	
23	120	42,82	19,94	2,93	2,95	19,05	19,04	0,010	0,109		0,500	0,109	
24	120	44,43	20,02	2,94	2,97	19,69	19,68	0,010	0,104		0,500	0,104	
25	120	43,17	19,88	3	2,94	19,14	19,13	0,010	0,108		0,500	0,108	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, no existe una tasa de corrosión las primeras 24 horas, obteniéndose un valor máximo a las 48 horas de inmersión de las probetas en la cámara de niebla salina. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:



Ambar Yépez

Revisado por:

Ing. Henry Vaca Mg.

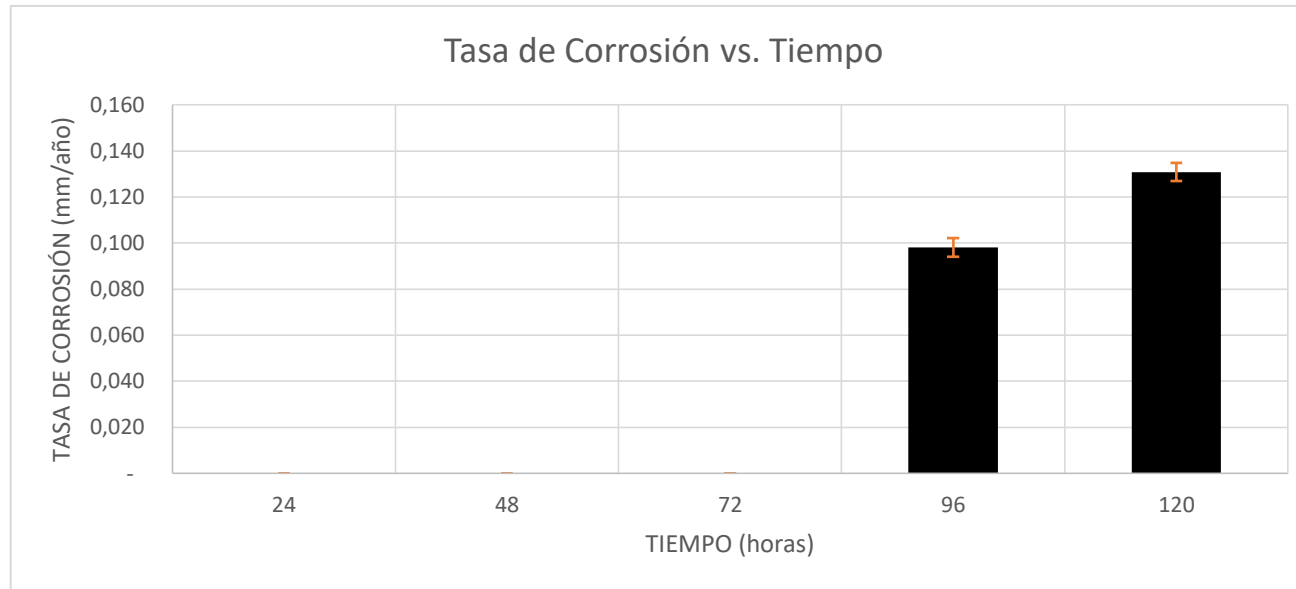
Fuente: Autor

Ficha Técnica 9: Recolección de Datos y Resultados 9

 <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA</p> 													
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:		Cámara de niebla salina					
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:		ASTM B117					
Método de Limpieza Inicial:		Chorro Abrasivo				Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de resinas sintéticas					
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado				Codificación:		9					
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:		7.86 g/cm ³					
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	43,41	20,26	2,91	2,91	22,06	22,06	-	-	-	-	-	-
2	24	44,39	19,86	2,93	2,93	21,47	21,47	-	-		-	-	-
3	24	43,47	20,21	2,93	2,93	21,9	21,9	-	-		-	-	-
4	24	44,84	19,88	3,01	3,01	21,35	21,35	-	-		-	-	-
5	24	42,94	19,78	2,96	2,96	22,11	22,11	-	-		-	-	-
6	48	46,91	20,05	2,89	2,89	20,22	20,22	-	-	-	-	-	-
7	48	46,44	20,08	2,96	2,96	20,49	20,49	-	-		-	-	-

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	46,46	19,94	3	3	20,47	20,47	-	-		-	-	
9	48	47,21	19,97	2,95	2,95	20,06	20,06	-	-		-	-	
10	48	47,22	19,85	2,97	2,97	20,2	20,2	-	-		-	-	
11	72	43,22	20,01	3,08	3,08	22,02	22,02	-	-	-	-	-	-
12	72	43,58	20,22	2,97	2,97	21,84	21,84	-	-		-	-	
13	72	44,79	19,8	2,97	2,97	21,51	21,51	-	-		-	-	
14	72	43,49	20,34	2,94	2,94	21,91	21,91	-	-		-	-	
15	72	46,38	19,92	2,97	2,97	20,71	20,71	-	-		-	-	
16	96	46,95	20,06	2,9	2,87	20,09	20,09	-	-	0,004	2,000	0,098	0,098
17	96	47,30	20,06	2,94	2,86	20,23	20,22	0,010	0,122		0,500	0,122	
18	96	47,22	20,18	2,94	2,78	20,18	20,17	0,010	0,122		0,500	0,122	
19	96	47,47	19,91	3	2,81	20,2	20,19	0,010	0,123		0,500	0,123	
20	96	47,46	19,87	3,11	2,82	20,3	20,29	0,010	0,123		0,500	0,123	
21	120	42,67	20	2,98	2,93	22,39	22,38	0,010	0,109	0,004	0,500	0,109	0,131
22	120	42,54	19,91	2,94	2,89	22,37	22,36	0,010	0,110		0,500	0,110	
23	120	41,85	20,07	2,94	3,04	22,62	22,6	0,020	0,221		2,000	0,221	
24	120	42,43	20,04	2,95	2,96	22,22	22,21	0,010	0,109		0,500	0,109	
25	120	44,36	19,89	3	3,01	21,56	21,55	0,010	0,105		0,500	0,105	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, no existe una tasa de corrosión las primeras 96 horas, obteniéndose un valor máximo a las 120 horas de inmersión de las probetas en la cámara de niebla salina. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 10: Recolección de Datos y Resultados 10



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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

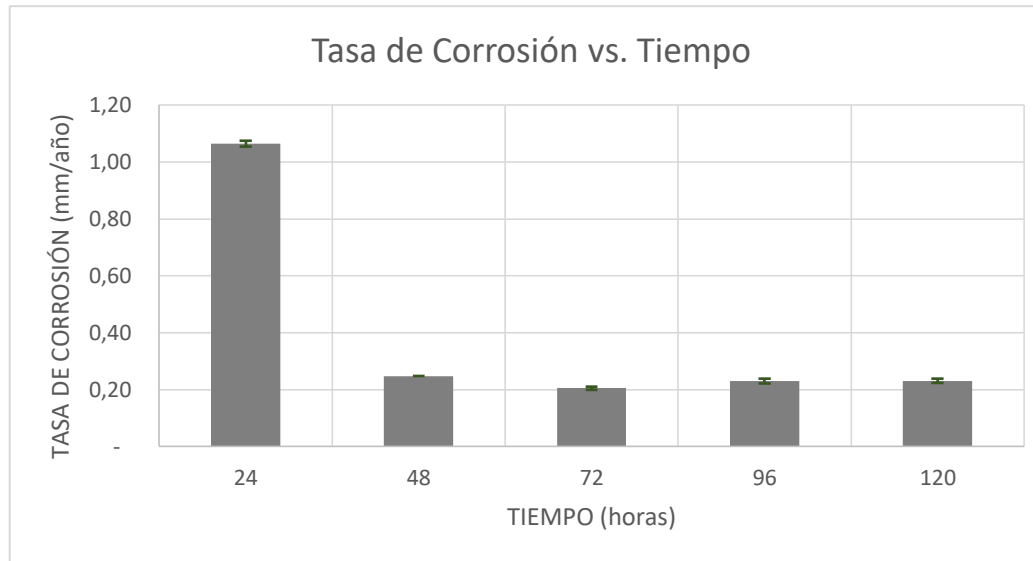
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza Inicial:	Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Cepillado	Codificación:	10
Constante K:	87600 mm/año	Densidad material base:	7.86 g/cm ³

DATOS Y RESULTADOS

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	44,98	20,17	3,04	3,01	18,3	18,29	0,010	0,51	0,010	0,588	0,512	1,06
2	24	43,50	20,5	3,07	3,07	18,86	18,86	-	-		1,569	1,060	
3	24	42,48	19,96	3,17	3,17	19,97	19,94	0,030	1,64		1,373	1,643	
4	24	43,96	19,95	3,05	2,98	20,12	20,1	0,020	1,06		0,392	1,059	
5	24	43,99	20,24	3,14	3,13	20,07	20,05	0,020	1,04		0,392	1,043	
6	48	47,89	20	3,65	3,64	21,77	21,76	0,010	0,24	0,000	0,816	0,242	0,25
7	48	47,11	20,09	3,05	3,05	21,63	21,62	0,010	0,25		0,816	0,245	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPEJOR INICIAL (mm)	ESPEJOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	47,00	20,27	2,96	2,96	21,82	21,81	0,010	0,24		1,225	0,244	
9	48	45,13	20,28	3,23	3,23	21,76	21,75	0,010	0,25		1,225	0,254	
10	48	46,01	19,99	3,15	3,15	22,22	22,21	0,010	0,25		0,816	0,252	
11	72	45,02	20,15	3,16	3,16	20,48	20,48	-	-	0,006	1,581	0,205	0,20
12	72	46,76	20,24	3,11	3,11	21,03	21,02	0,010	0,16		0,000	0,164	
13	72	46,96	20,15	3,14	3,14	21,35	21,33	0,020	0,33		1,581	0,205	
14	72	45,13	20,3	3,09	3,09	20,13	20,12	0,010	0,17		0,000	0,169	
15	72	48,43	20	3,2	3,33	21,96	21,95	0,010	0,16		0,000	0,205	
16	96	43,42	20,25	3,01	2,84	19,65	19,64	0,010	0,13	0,008	0,750	0,132	0,23
17	96	43,92	20,17	3,07	2,81	19,74	19,73	0,010	0,13		0,750	0,130	
18	96	44,06	20,26	3,08	3,05	19,86	19,85	0,010	0,13		0,750	0,250	
19	96	43,96	19,98	3,15	3,16	19,47	19,45	0,020	0,26		0,500	0,264	
20	96	43,76	20,24	3,11	3,06	19,78	19,75	0,030	0,39	1,750	0,393		
21	120	43,32	20,14	3	2,97	19,62	19,6	0,020	0,21	0,007	0,267	0,213	0,23
22	120	44,28	20	3,21	3,18	20,06	20,03	0,030	0,31		1,069	0,315	
23	120	44,26	19,96	3,07	3,11	19,94	19,92	0,020	0,21		0,267	0,210	
24	120	44,23	20,04	3,16	3,15	19,88	19,87	0,010	0,10		1,604	0,105	
25	120	44,65	20,13	3,07	3,02	20,07	20,04	0,030	0,31		1,069	0,310	

GRÁFICAS





OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, se observa que existe un alto valor de tasa de corrosión las primeras 24 horas, disminuyendo y manteniéndose constante el resto del tiempo de exposición. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

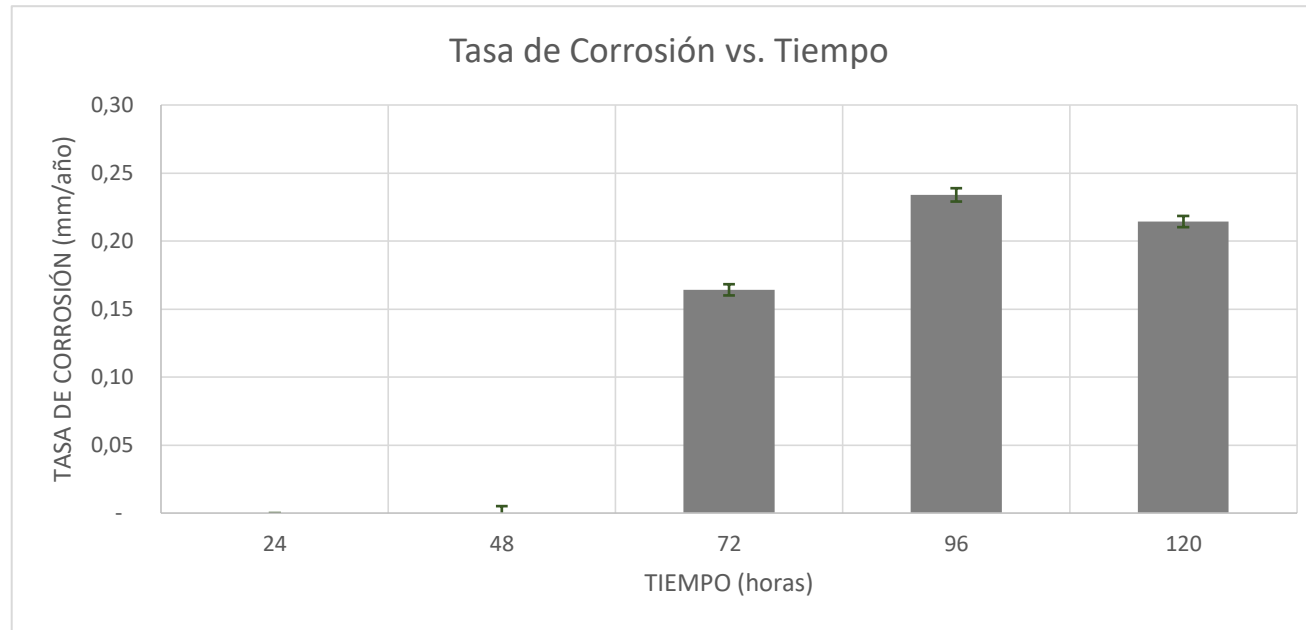
Fuente: Autor

Ficha Técnica 11: Recolección de Datos y Resultados 11

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA </div> 													
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:			Cámara de niebla salina				
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:			ASTM B117				
Método de Limpieza Inicial:		Mecánica				Tipo de Recubrimiento Aplicado:			Recubrimiento epoxi con cinc activado				
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado				Codificación:			11				
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:			7.86 g/cm ³				
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	47,74	20,35	3,23	3,23	23,09	23,09	-	-	-	-	-	-
2	24	47,68	20,2	3,17	3,17	22,9	22,9	-	-		-	-	
3	24	47,20	20,18	3,1	3,1	22,26	22,26	-	-		-	-	
4	24	46,81	20,11	3,03	3,03	22,56	22,56	-	-		-	-	
5	24	46,84	20,17	3,15	3,15	22,49	22,49	-	-		-	-	
6	48	45,37	20,09	3,23	3,23	22,1	22,1	-	-	0,005	0,816	-	-
7	48	46,73	20,04	3,14	3,14	22,54	22,54	-	-		0,816	-	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	46,13	19,95	3,17	3,17	22,43	22,43	-	-		0,816	-	
9	48	45,97	20,24	3,01	3,01	22,72	22,71	0,010	0,25		1,225	-	
10	48	46,24	19,98	3,18	3,18	22,45	22,44	0,010	0,25		1,225	-	
11	72	46,58	20,11	2,99	2,99	22,28	22,27	0,010	0,17		0,500	0,164	
12	72	45,59	20,31	3,04	3,04	22,07	22,06	0,010	0,17		0,500	0,167	
13	72	45,35	20,11	3,22	3,22	21,73	21,72	0,010	0,17	0,004	0,500	0,164	0,16
14	72	45,33	20,17	3,15	3,21	22,03	22,03	-	-		2,000	0,160	
15	72	45,32	22,12	3,05	3,05	22,06	22,05	0,010	0,15		0,500	0,164	
16	96	43,16	20,16	3,11	3,1	20,93	20,91	0,020	0,27		0,816	0,267	
17	96	42,35	20,23	3,11	3,1	20,5	20,49	0,010	0,14		1,225	0,130	
18	96	42,37	20,05	3,04	3,23	20,45	20,44	0,010	0,14	0,005	1,225	0,250	0,23
19	96	43,15	20,23	3,16	3,14	20,85	20,83	0,020	0,27		0,816	0,266	
20	96	43,22	20,18	3,06	2,91	20,77	20,75	0,020	0,27		0,816	0,266	
21	120	43,68	20,16	3,25	3,05	21,35	21,33	0,020	0,21		0,500	0,211	
22	120	44,11	20,23	3,1	2,97	21,39	21,37	0,020	0,21		0,500	0,208	
23	120	42,27	19,92	3,18	3,14	20,42	20,4	0,020	0,22	0,004	0,500	0,221	0,21
24	120	43,45	20,25	3,14	2,95	21,08	21,07	0,010	0,11		2,000	0,210	
25	120	42,38	20,13	3,11	3,12	20,33	20,31	0,020	0,22		0,500	0,218	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: No se observa un cambio en el peso de las probetas las primeras 48 horas, por lo que no hay tasa de corrosión. El valor máximo de tasa de corrosión se encuentra a las 96 de exposición a la niebla salina.

Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 12: Recolección de Datos y Resultados 12



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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

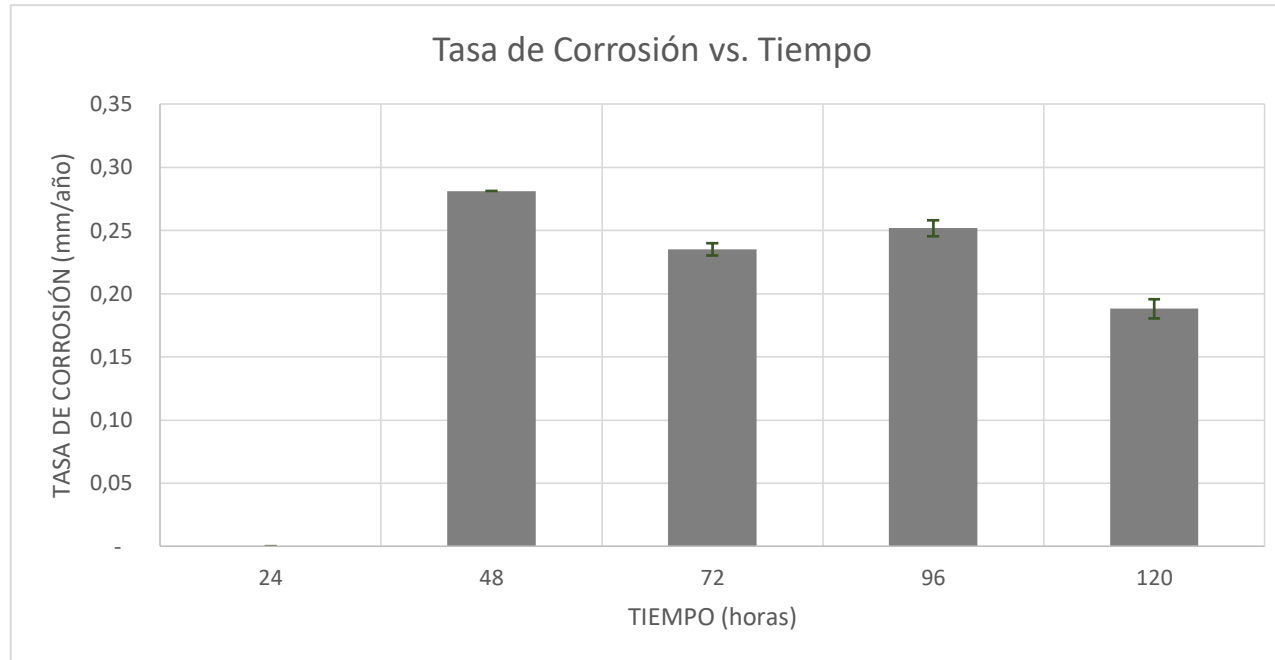
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza Inicial:	Chorro abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Cepillado	Codificación:	12
Constante K:	87600 mm/año	Densidad material base:	7.86 g/cm ³

DATOS Y RESULTADOS

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	T _n	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	47,83	20,06	3,08	3,08	22,61	22,61	-	-	-	-	-	-
2	24	48,24	20,16	3,03	3,03	22,56	22,56	-	-		-	-	
	24	47,71	20,17	3,11	3,11	22,82	22,82	-	-		-	-	
4	24	47,63	20,03	3,12	3,12	22,72	22,72	-	-		-	-	
5	24	41,29	19,96	3,09	3,09	22,65	22,65	-	-		-	-	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
6	48	41,57	19,91	3,03	3,03	19,32	19,31	0,010	0,28	0,000	0,816	0,281	0,28
7	48	42,36	19,67	3,13	3,13	19,50	19,49	0,010	0,28		0,816	0,279	
8	48	40,26	19,61	3,08	3,08	20,01	20,00	0,010	0,29		0,816	0,294	
9	48	41,49	19,69	3,14	3,14	19,02	19,01	0,010	0,28		1,225	0,284	
10	48	43,59	19,87	3,11	3,11	19,77	19,76	0,010	0,27		1,225	0,268	
11	72	45,72	19,99	3,16	3,13	20,52	20,5	0,020	0,34	0,005	1,225	0,339	0,23
12	72	45,96	20,24	3,11	3,28	21,9	21,89	0,010	0,17		0,816	0,166	
13	72	45,99	20,00	3,08	3,35	21,79	21,77	0,020	0,34		1,225	0,337	
14	72	45,05	20,06	3,08	3,28	21,79	21,78	0,010	0,17		0,816	0,171	
15	72	47,44	20,19	2,95	3,2	20,89	20,88	0,010	0,16		0,816	0,162	
16	96	45,92	20,04	3,10	3,12	22,49	22,46	0,030	0,38	0,006	1,581	0,378	0,25
17	96	46,91	19,97	3,05	3	21,77	21,76	0,010	0,12		1,581	0,124	
18	96	46,13	20,21	3,05	2,94	22,19	22,17	0,020	0,25		0,000	0,249	
19	96	47,70	20,10	3,17	3	21,98	21,96	0,020	0,24		0,000	0,242	
20	96	42,86	20,38	3,26	3,05	22,78	22,76	0,020	0,27		0,000	0,266	
21	120	44,62	20,08	3,07	3,13	20,47	20,45	0,020	0,21	0,007	0,267	0,207	0,19
22	120	44,42	19,91	3,08	3,09	21,25	21,24	0,010	0,11		1,069	0,105	
23	120	43,20	20,39	3,09	3,09	20,92	20,9	0,020	0,21		0,267	0,211	
24	120	42,81	20,26	3,10	3,09	20,46	20,45	0,010	0,11		1,069	0,107	
25	120	45,00	19,98	3,16	2,98	20,31	20,28	0,030	0,31		1,604	0,310	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, las primeras 24 horas no se presentan un cambio en el peso de las probetas, por lo que no existe tasa de corrosión. El máximo valor de tasa de corrosión se obtiene a las 48 horas de iniciado el ensayo. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:



Ambar Yépez

Revisado por:

Ing. Henry Vaca Mg.

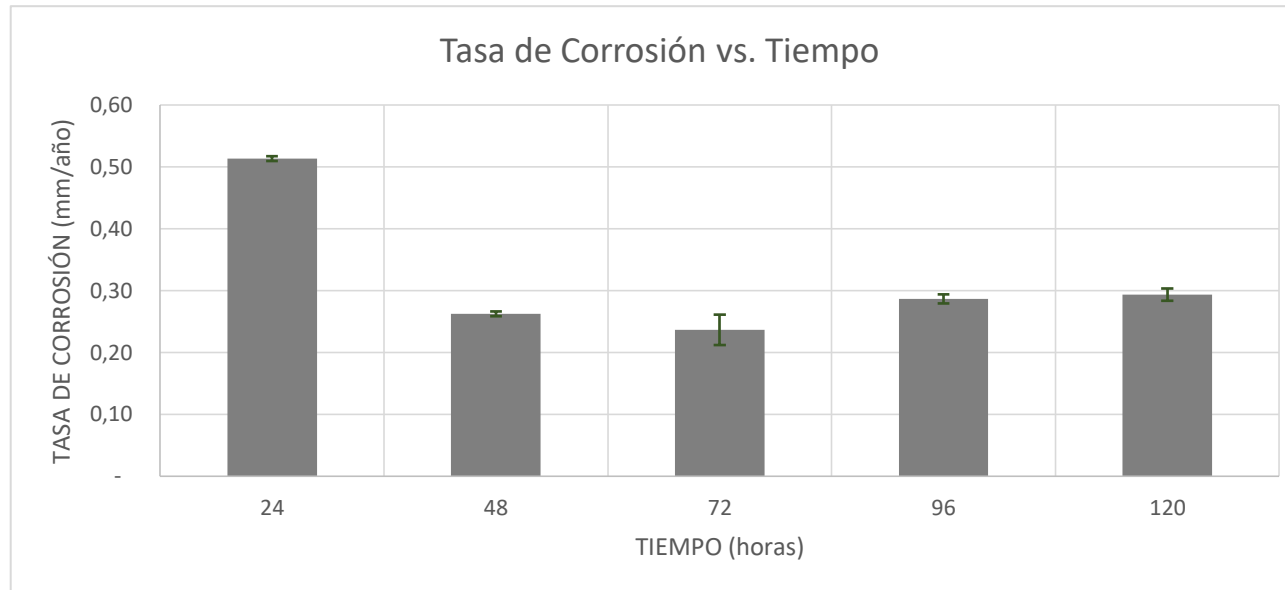
Fuente: Autor

Ficha Técnica 13: Recolección de Datos y Resultados 13

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA </div> 													
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:				Cámara de niebla salina			
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:				ASTM B117			
Método de Limpieza Inicial:		Manual				Tipo de Recubrimiento Aplicado:				Recubrimiento epoxi con cinc activado			
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización				Codificación:				13			
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:				7.86 g/cm ³			
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	T _n	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	46,15	19,64	3,15	3,15	20,07	20,06	0,010	0,51	0,004	0,500	0,512	0,51
2	24	45,39	20,01	3,13	3,05	19,77	19,76	0,010	0,51		0,500	0,511	
3	24	45,52	19,79	3,17	3,05	19,93	19,92	0,010	0,52		0,500	0,515	
4	24	44,75	20,02	3,14	3,14	19,4	19,4	-	-		2,000	0,510	
5	24	45,29	19,95	3,15	3,15	19,65	19,64	0,010	0,51		0,500	0,514	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
6	48	43,85	19,92	3,16	3,16	19,07	19,06	0,010	0,27	0,004	0,500	0,266	0,26
7	48	44,56	20,03	3,13	3,13	19,27	19,26	0,010	0,26		0,500	0,260	
8	48	44,34	19,6	3,18	3,18	19,28	19,27	0,010	0,27		0,500	0,267	
9	48	45,61	19,85	3,13	3,13	19,64	19,63	0,010	0,26		0,500	0,256	
10	48	43,23	19,92	3,11	3,11	18,8	18,8	-	-		2,000	0,260	
11	72	44,67	20,1	3,14	3,14	18,53	18,52	0,010	0,17	0,025	0,483	0,172	0,24
12	72	44,53	19,83	3,12	3,12	19,33	19,33	-	-		0,886	0,240	
13	72	44,89	19,96	3,07	3,07	19,36	19,29	0,070	1,21		1,934	0,240	
14	72	43,94	19,85	3,14	3,22	19,12	19,1	0,020	0,35		0,081	0,355	
15	72	42,43	20	3,08	3,21	19,52	19,51	0,010	0,18		0,483	0,182	
16	96	44,55	19,91	3,17	3,07	19,47	19,45	0,020	0,26	0,007	0,267	0,262	0,29
17	96	44,69	19,93	3,15	2,93	19,35	19,33	0,020	0,26		0,267	0,261	
18	96	45,58	19,83	3,16	3,21	19,84	19,81	0,030	0,39		1,069	0,385	
19	96	44,61	19,87	3,13	3,18	19,3	19,29	0,010	0,13		1,604	0,131	
20	96	44,43	19,92	3,14	2,98	19,3	19,27	0,030	0,39		1,069	0,394	
21	120	43,72	19,9	3,12	3,15	18,76	18,74	0,020	0,21	0,010	0,816	0,213	0,29
22	120	44,55	19,93	3,16	3,16	19,34	19,32	0,020	0,21		0,816	0,209	
23	120	45,02	19,8	3,14	3,19	19,64	19,6	0,040	0,42		1,225	0,417	
24	120	43,84	20,04	3,22	3,17	19,21	19,19	0,020	0,21		0,816	0,211	
25	120	44,76	19,92	3,16	3,22	19,29	19,25	0,040	0,42		1,225	0,417	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: El valor más alto de tasa de corrosión se obtiene en las primeras 24 horas del ensayo, la tasa de corrosión baja con el transcurso del tiempo, teniendo una tendencia a subir en el último lapso. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 14: Recolección de Datos y Resultados 14



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

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

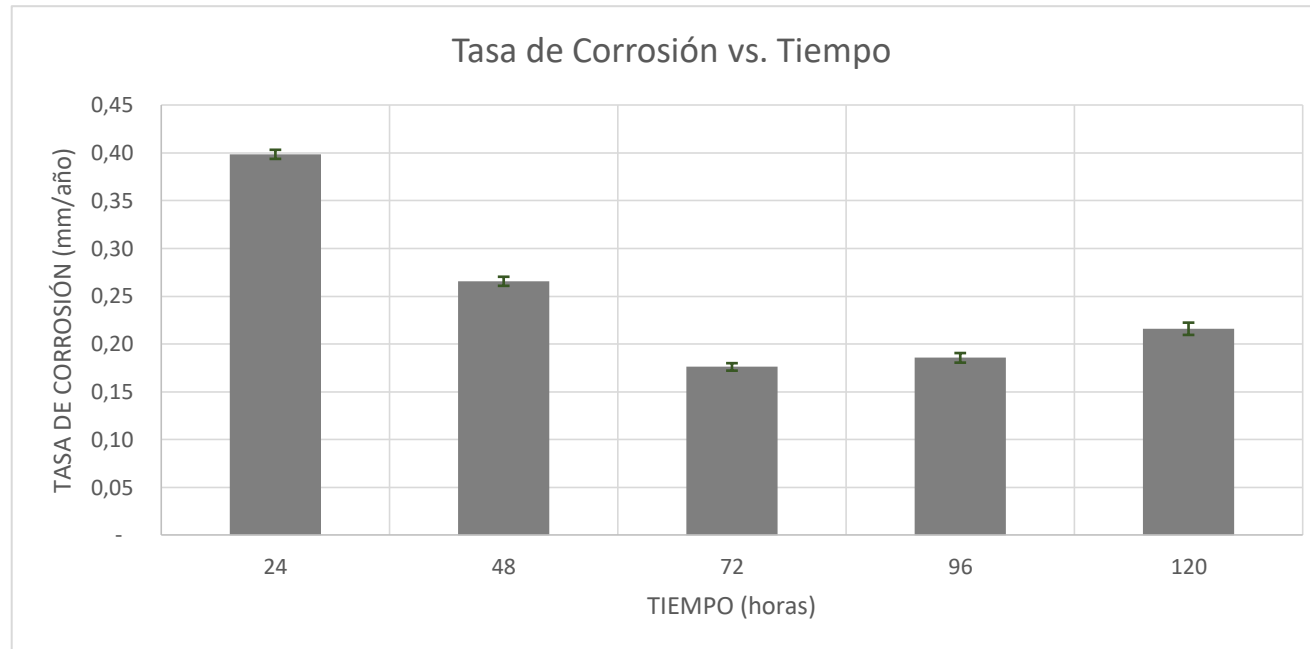
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza Inicial:	Mecánico	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	14
Constante K:	87600 mm/año	Densidad material base:	7.86 g/cm ³

DATOS Y RESULTADOS

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	T _n	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	43,36	19,91	3,02	3,02	18,85	18,85	-	-	0,005	1,225	0,400	0,40
2	24	42,82	19,94	3,06	3,06	18,42	18,41	0,010	0,54		0,816	0,544	
3	24	44,62	19,75	3,04	3,04	19,25	19,24	0,010	0,53		0,816	0,527	
4	24	43,76	19,89	3,1	3,1	18,96	18,96	-	-		1,225	0,510	
5	24	44,57	19,91	3,12	3,12	19,37	19,36	0,010	0,52		0,816	0,523	
6	48	44,03	19,97	3,08	3,08	19,12	19,11	0,010	0,26	0,005	0,816	0,264	0,27

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPEJOR INICIAL (mm)	ESPEJOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
7	48	44,34	19,85	3,1	3,1	19,21	19,21	-	-		1,225	0,270	
8	48	43,44	19,68	3,11	3,11	18,89	18,89	-	-		1,225	0,270	
9	48	43,82	19,88	3,07	3,07	18,84	18,83	0,010	0,27		0,816	0,267	
10	48	44,07	19,76	3,11	3,11	19,02	19,01	0,010	0,27		0,816	0,270	
11	72	44,42	19,94	3,03	2,96	19,18	19,17	0,010	0,17	0,004	0,500	0,175	0,18
12	72	44,29	19,71	3,12	22,94	19,28	19,28	-	-		2,000	0,180	
13	72	44,33	19,9	3,03	3,06	19,2	19,19	0,010	0,18		0,500	0,175	
14	72	43,66	19,74	3,07	3,11	18,84	18,83	0,010	0,18		0,500	0,180	
-15	72	44,4	19,94	3,13	3,15	19,34	19,33	0,010	0,17		0,500	0,175	
16	96	44,14	19,75	3,08	3,1	19,11	19,1	0,010	0,13	0,005	0,816	0,133	0,19
17	96	43,25	19,56	3,15	3,08	18,79	18,78	0,010	0,14		0,816	0,137	
18	96	43,04	19,92	3,11	2,99	18,73	18,72	0,010	0,14		0,816	0,135	
19	96	44,44	19,87	3,04	2,95	19,16	19,14	0,020	0,26		1,225	0,263	
20	96	44,86	19,94	3,12	2,98	19,53	19,51	0,020	0,26		1,225	0,260	
21	120	42,96	19,87	3,09	3,15	18,73	18,71	0,020	0,22	0,006	0,000	0,218	0,22
22	120	43,46	19,61	3,07	2,93	18,76	18,73	0,030	0,33		1,581	0,327	
23	120	44,35	19,71	3,05	3,1	19,15	19,13	0,020	0,21		0,000	0,212	
24	120	43,48	19,86	3,07	3,19	18,88	18,86	0,020	0,22		0,000	0,215	
25	120	43,49	19,77	3,06	3,02	18,8	18,79	0,010	0,11		1,581	0,108	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: El valor más alto de tasa de corrosión se obtiene en las primeras 24 horas del ensayo, la tasa de corrosión baja con el transcurso del tiempo, teniendo una tendencia a subir en el último lapso. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:



Ambar Yépez

Revisado por:

Ing. Henry Vaca Mg.

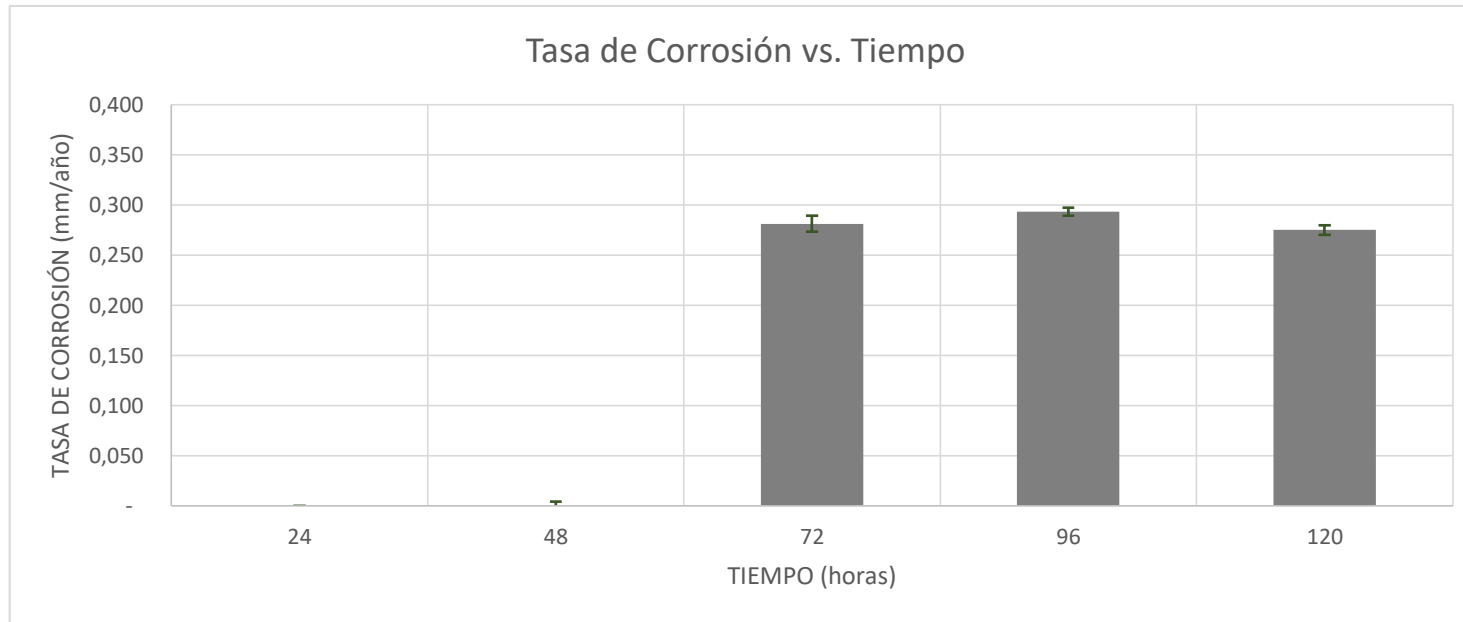
Fuente: Autor

Ficha Técnica 15: Recolección de Datos y Resultados 15

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA </div> 													
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:			Cámara de niebla salina				
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:			ASTM B117				
Método de Limpieza Inicial:		Chorro Abrasivo				Tipo de Recubrimiento Aplicado:			Recubrimiento epoxi con cinc activado				
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización				Codificación:			15				
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:			7.86 g/cm ³				
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	44,740	19,710	3,170	3,170	19,560	19,560	-	-	-	-	-	-
2	24	44,240	19,720	3,100	3,100	19,130	19,130	-	-		-	-	-
3	24	44,440	19,830	3,020	3,020	19,150	19,150	-	-		-	-	-
4	24	43,270	19,550	3,190	3,190	18,860	18,860	-	-		-	-	-
5	24	43,880	19,820	3,090	3,090	18,980	18,980	-	-		-	-	-
6	48	43,930	19,940	3,080	3,080	19,010	19,010	-	-	0,004	0,500	-	-
7	48	42,930	19,880	3,030	3,030	18,680	18,680	-	-		0,500	-	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	44,360	19,910	3,040	3,040	19,200	19,190	0,010	0,263		2,000	-	
9	48	44,960	19,930	3,060	3,060	19,500	19,500	-	-		0,500	-	
10	48	43,280	19,700	3,030	3,030	18,750	18,750	-	-		0,500	-	
11	72	43,740	19,770	3,140	3,150	19,020	19,010	0,010	0,179		0,750	0,179	
12	72	44,340	19,710	3,140	3,010	19,450	19,420	0,030	0,531		1,750	0,531	
13	72	44,270	19,980	3,070	3,170	19,270	19,250	0,020	0,350	0,008	0,500	0,350	0,281
14	72	44,250	20,160	3,070	3,270	19,140	19,130	0,010	0,174		0,750	0,174	
15	72	44,310	20,170	3,030	3,100	19,220	19,210	0,010	0,173		0,750	0,173	
16	96	43,790	19,710	3,080	2,950	19,020	19,000	0,020	0,269		0,500	0,269	
17	96	45,410	19,780	3,100	3,100	19,610	19,590	0,020	0,259		0,500	0,259	
18	96	44,520	19,750	3,080	3,040	19,350	19,320	0,030	0,396	0,004	2,000	0,396	0,294
19	96	43,180	19,600	3,150	3,200	18,860	18,840	0,020	0,274		0,500	0,274	
20	96	43,890	19,580	3,150	2,950	19,100	19,080	0,020	0,270		0,500	0,270	
21	120	43,620	19,770	3,090	3,180	18,880	18,860	0,020	0,215		1,225	0,215	
22	120	44,770	19,730	3,010	2,980	19,390	19,360	0,030	0,315		0,816	0,315	
23	120	43,150	19,640	3,160	3,130	18,820	18,790	0,030	0,329	0,005	0,816	0,329	0,275
24	120	45,290	20,070	3,090	3,140	19,650	19,630	0,020	0,204		1,225	0,204	
25	120	44,790	19,940	3,080	3,130	19,430	19,400	0,030	0,312		0,816	0,312	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, las primeras 48 horas no se presentan un cambio en el peso de las probetas, por lo que no existe tasa de corrosión. El máximo valor de tasa de corrosión se obtiene a las 96 horas de iniciado el ensayo. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 16: Recolección de Datos y Resultados 16



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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

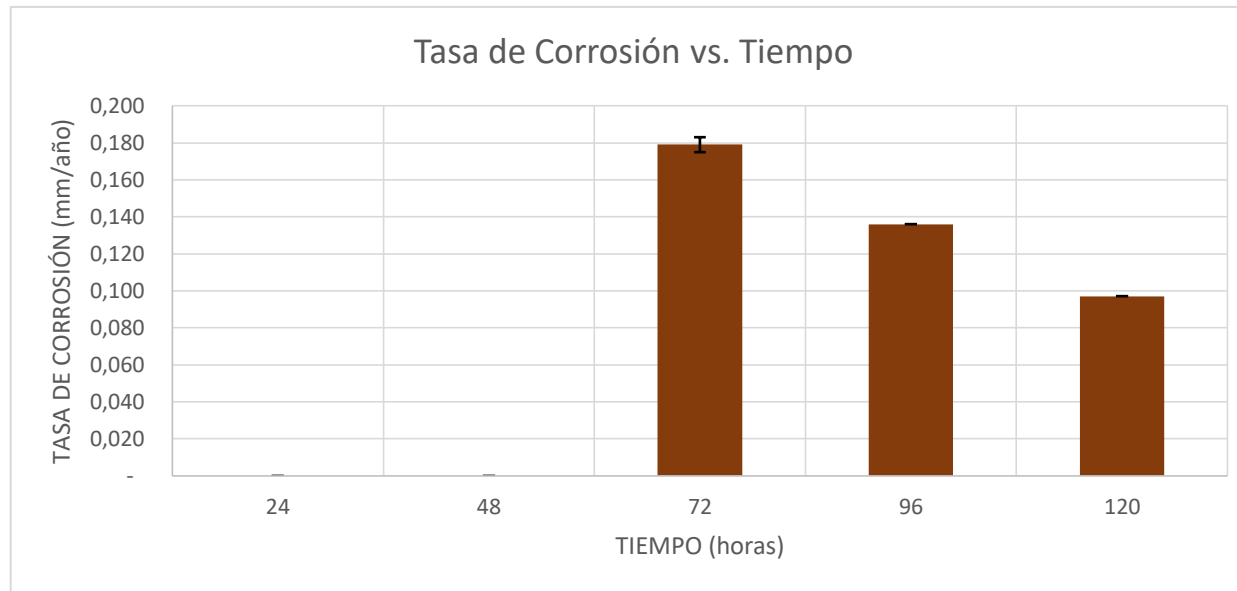
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM B117
Método de Limpieza Inicial:	Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Cepillado	Codificación:	16
Constante K:	87600 mm/año	Densidad material base:	7.86 g/cm ³

DATOS Y RESULTADOS

ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
		LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	T _n	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	46,41	20,2	2,86	2,86	22,03	22,03	-	-	-	-	-	-
2	24	46,12	20,17	2,9	2,9	21,84	21,84	-	-		-	-	
3	24	47,22	20,01	2,97	2,97	22,38	22,38	-	-		-	-	
4	24	46,86	20,1	2,96	2,96	22,49	22,49	-	-		-	-	
5	24	46,59	20,2	2,94	2,94	21,97	21,97	-	-		-	-	
6	48	45,36	19,91	2,87	2,87	21,54	21,54	-	-	-	-	-	-
7	48	46,18	20,14	2,92	2,92	21,85	21,85	-	-		-	-	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
8	48	45,14	20,18	2,99	2,99	21,36	21,36	-	-		-	-	
9	48	43,05	20,01	3,05	3,05	20,34	20,34	-	-		-	-	
10	48	45,21	20,09	3,12	3,12	21,51	21,51	-	-		-	-	
11	72	44,08	20,13	2,82	2,82	20,86	20,85	0,010	0,174	0,004	0,500	0,174	0,179
12	72	42,81	20,2	3,01	3,07	20,26	20,26	-	-		2,000	0,179	
13	72	43,13	20,1	2,93	2,93	20,18	20,17	0,010	0,179		0,500	0,179	
14	72	42,77	19,92	2,99	2,99	20,33	20,32	0,010	0,182		0,500	0,182	
15	72	42,64	19,98	3,05	3,05	20	19,99	0,010	0,182		0,500	0,182	
16	96	42,57	20,09	3,02	2,89	20,05	20,04	0,010	0,136	0,000	0,816	0,136	0,136
17	96	42,69	20,1	3,02	2,99	20,14	20,13	0,010	0,135		0,816	0,135	
18	96	42,75	19,9	3	2,9	20,27	20,26	0,010	0,136		1,225	0,136	
19	96	42,23	20,08	2,91	2,96	19,94	19,93	0,010	0,137		0,816	0,137	
20	96	42,37	20,23	2,98	2,92	20,02	20,01	0,010	0,135		1,225	0,135	
21	120	48,09	20,11	2,98	2,98	22,3	22,29	0,010	0,096	0,000	0,500	0,096	0,097
22	120	48,05	20,05	3,03	3	22,71	22,7	0,010	0,096		0,500	0,096	
23	120	47,89	20,02	2,98	2,98	22,56	22,55	0,010	0,097		2,000	0,097	
24	120	47,47	19,96	3,03	3,01	22,53	22,52	0,010	0,098		0,500	0,098	
25	120	47,31	20,05	3	2,96	22,55	22,54	0,010	0,098		0,500	0,098	

GRÁFICAS





OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, las primeras 48 horas no se presentan un cambio en el peso de las probetas, por lo que no existe tasa de corrosión. El máximo valor de tasa de corrosión se obtiene a las 72 horas de iniciado el ensayo. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

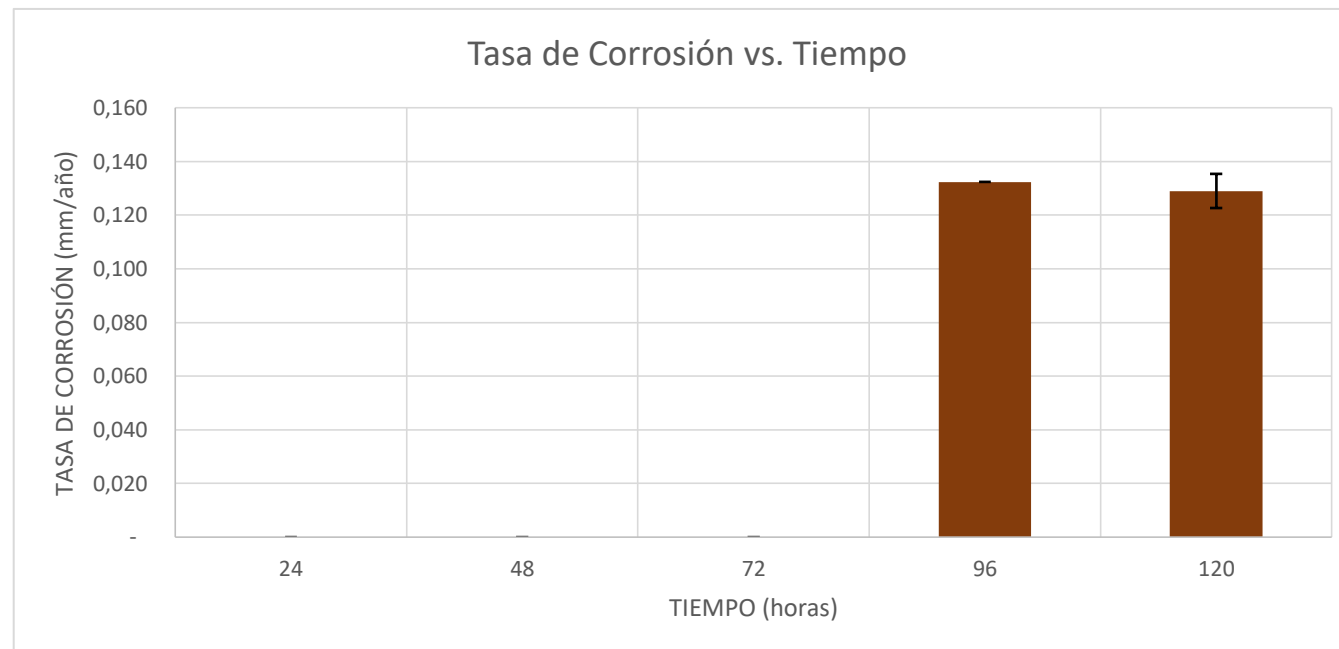
Fuente: Autor

Ficha Técnica 17: Recolección de Datos y Resultados 17

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA											
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:		Cámara de niebla salina					
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:		ASTM B117					
Método de Limpieza Inicial:		Mecánico				Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de solvente					
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado				Codificación:		17					
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:		7.86 g/cm ³					
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	45,14	20,11	2,98	2,98	20,9	20,9	-	-	-	-	-	-
2	24	46,76	19,99	3,09	3,09	21,87	21,87	-	-		-	-	
3	24	45,55	20,17	2,94	2,94	21,14	21,14	-	-		-	-	
4	24	45,61	19,97	2,99	2,99	21,15	21,15	-	-		-	-	
5	24	45,19	19,98	3,03	3,03	20,87	20,87	-	-		-	-	
6	48	46,42	20,03	3,02	3,02	20,3	20,3	-	-		-	-	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
7	48	43,77	20,01	3,04	3,04	20,96	20,96	-	-		-	-	
8	48	45,37	20,18	3,01	3,01	20,29	20,29	-	-		-	-	
9	48	44,36	20,11	2,87	2,87	20,34	20,34	-	-		-	-	
10	48	43,64	20,08	3	3	20,65	20,65	-	-		-	-	
11	72	44,58	20,18	2,97	2,97	21,56	21,56	-	-	-	-	-	-
12	72	46,18	20,01	2,92	2,92	21,25	21,25	-	-		-	-	
13	72	45,91	19,88	3,03	3,03	21,48	21,48	-	-		-	-	
14	72	46,26	19,89	3,03	3,03	21,29	21,29	-	-		-	-	
15	72	45,85	20,08	3,04	3,04	20,63	20,63	-	-	0,000	-	-	0,132
16	96	44,63	20,07	3	3,12	20,41	20,4	0,010	0,130		1,225	0,130	
17	96	43,54	20	2,92	2,92	20,4	20,39	0,010	0,133		0,816	0,133	
18	96	43,62	19,98	2,94	2,95	20,36	20,35	0,010	0,133		0,816	0,133	
19	96	43,59	19,92	3,01	3,01	20,18	20,17	0,010	0,134		0,816	0,134	
20	96	43,44	20,22	3,02	3,02	20,46	20,45	0,010	0,132	1,225	0,132		
21	120	43,73	19,89	3,06	3,06	20,41	20,4	0,010	0,107	0,006	0,000	0,107	0,129
22	120	46,37	20,06	2,97	2,97	21,49	21,49	-	-		1,581	0,129	
23	120	45,89	20,08	3,06	3,06	21,22	21,2	0,020	0,202		1,581	0,202	
24	120	45,79	20,04	3,03	3,03	21,09	21,08	0,010	0,101		0,000	0,101	
25	120	43,81	19,92	3,05	3,05	20,38	20,37	0,010	0,106		0,000	0,106	

GRÁFICAS





OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, las primeras 72 horas no se presentan un cambio en el peso de las probetas, por lo que no existe tasa de corrosión. El máximo valor de tasa de corrosión se obtiene a las 96 horas de iniciado el ensayo. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.

*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

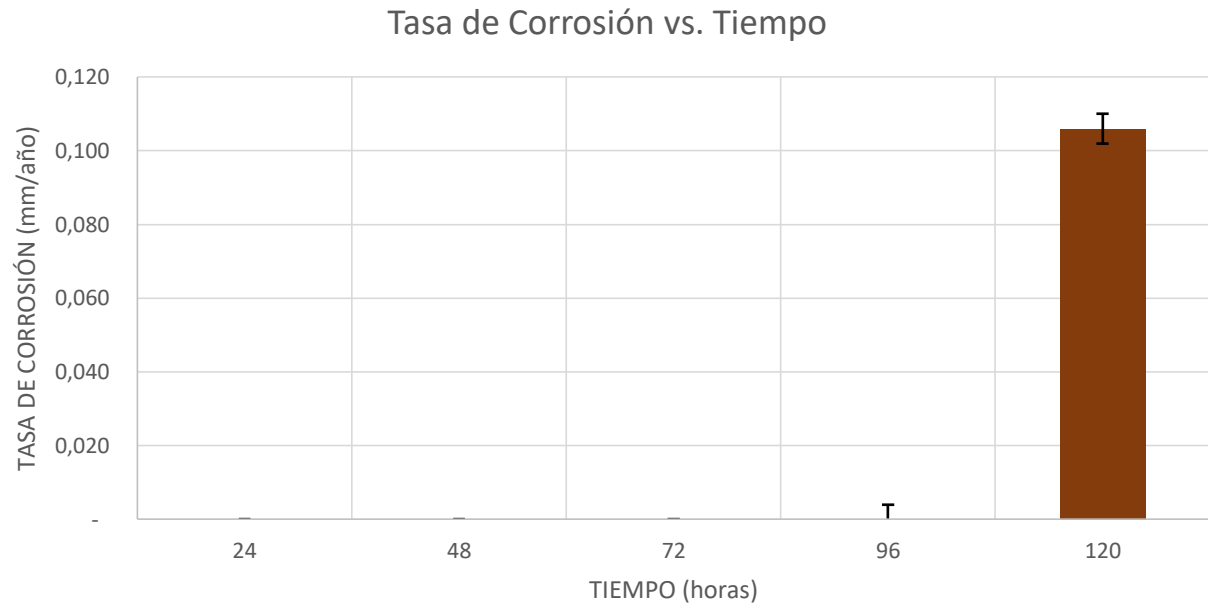
Fuente: Autor

Ficha Técnica 18: Recolección de Datos y Resultados 18

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA											
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS													
Fecha:		17/8/2017											
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero											
Ciudad:		Ambato				Máquina:			Cámara de niebla salina				
Ensayo:		Corrosión acelerada				Norma:			ASTM B117				
Método de Limpieza Inicial:		Chorro Abrasivo				Tipo de Recubrimiento Aplicado:			Recubrimiento a base de solvente				
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado				Codificación:			18				
Constante K:		87600 mm/año				Densidad material base:			7.86 g/cm ³				
DATOS Y RESULTADOS													
		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
1	24	46,82	19,75	2,97	2,97	22,17	22,17	-	-	-	-	-	-
2	24	46,97	19,87	2,97	2,97	21,86	21,86	-	-		-	-	
3	24	45,58	19,86	3,04	3,04	21,69	21,69	-	-		-	-	
4	24	45,04	20,13	3,2	3,2	21,22	21,22	-	-		-	-	
5	24	47,18	19,93	2,96	2,96	20,16	20,16	-	-		-	-	
6	48	44,29	20,11	2,96	2,96	19,74	19,74	-	-	-	-	-	

		DIMENSIONES				PESO			TASA DE CORROSIÓN				
ITEM	TIEMPO DE EXPOSICIÓN CÁMARA NIEBLA SALINA (horas)	LARGO (mm)	ANCHO (mm)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	INICIAL (g)	FINAL (g)	PÉRDIDA DE PESO (g)	TASA DE CORROSIÓN N (mm/año)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	Tn	VALORES TASA DE CORROSIÓN* (mm/año)	PROMEDIO TASA DE CORROSIÓN (mm/año)
7	48	43,73	19,95	2,99	2,99	20,12	20,12	-	-		-	-	
8	48	44,30	20,24	2,97	2,97	19,51	19,51	-	-		-	-	
9	48	43,18	19,92	2,93	2,93	20,19	20,19	-	-		-	-	
10	48	43,77	20,18	3,02	3,02	19,82	19,82	-	-		-	-	
11	72	43,91	20,15	2,93	2,93	21,37	21,37	-	-	-	-	-	-
12	72	47,30	20,07	2,92	2,92	21,14	21,14	-	-		-	-	
13	72	46,82	20,06	2,91	2,91	20,59	20,59	-	-		-	-	
14	72	45,69	20,05	3,05	3,05	20,27	20,27	-	-		-	-	
15	72	44,85	20,07	2,94	2,98	20,28	20,28	-	-	0,004	-	-	-
16	96	44,90	20,21	3,02	2,97	19,92	19,92	-	-		-	-	
17	96	44,22	20,13	3,11	2,93	19,73	19,73	-	-		-	-	
18	96	43,69	20	3,11	2,98	19,9	19,9	-	-		-	-	
19	96	44,02	20,16	3	2,91	19,65	19,65	-	-	0,004	2,000	-	0,106
20	96	43,74	19,92	2,98	2,97	19,85	19,84	0,010	0,133		0,500	0,106	
21	120	43,60	20,09	3,04	2,94	19,17	19,16	0,010	0,106		0,500	0,109	
22	120	42,48	20,13	2,98	2,95	19,43	19,42	0,010	0,109		2,000	0,106	
23	120	43,14	20,29	3,03	2,9	18,93	18,93	-	-	0,004	0,500	0,111	0,106
24	120	41,86	19,92	3,01	3,04	18,75	18,74	0,010	0,111		0,500	0,098	
25	120	47,31	20,05	3	2,96	22,55	22,54	0,010	0,098		0,500	0,098	

GRÁFICAS



OBSERVACIONES: De acuerdo a los valores obtenidos, las primeras 96 horas no se presentan un cambio en el peso de las probetas, por lo que no existe tasa de corrosión. El único valor de tasa de corrosión se presenta a las 120 horas de exposición a la niebla salina. Se identifican zonas de pérdidas de espesor debido a la presencia de corrosión en las probetas, y zonas en las cuales hay aumento del espesor debido a la presencia de aire dentro de la pintura.



*Se realiza un análisis estadístico de datos atípicos según la norma ASTM E178. [19]

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor






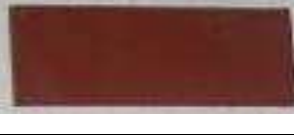

4.1.2. FICHAS TÉCNICAS IDENTIFICACIÓN GRADO DE CORROSIÓN

Ficha Técnica 19: Grado de Corrosión 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:	Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	1
DATOS Y RESULTADOS			
Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta	Grado de corrosión	
24 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas		7 S	
120 horas		7 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 7.			
Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.






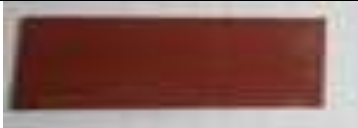

Fuente: Autor

Ficha Técnica 20: Grado de Corrosión 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:	Mecánica	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	2
DATOS Y RESULTADOS			
Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta	Grado de corrosión	
24 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
120 horas		7 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 7.			
Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.








Fuente: Autor

Ficha Técnica 21: Grado de Corrosión 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización	Codificación:		3
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
120 horas				7 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 7.					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.







Fuente: Autor

Ficha Técnica 22: Grado de Corrosión 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de resinas sintéticas
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización	Codificación:		4
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas				6 S	
120 horas				6 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 6.					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.

Fuente: Autor

Ficha Técnica 23: Grado de Corrosión 5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Mecánica	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de resinas sintéticas
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización	Codificación:		5
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas				7 S	
120 horas				7 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 7.					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.








Fuente: Autor

Ficha Técnica 24: Grado de Corrosión 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:	Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de resinas sintéticas
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	6
DATOS Y RESULTADOS			
Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta	Grado de corrosión	
24 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas		7 S	
120 horas		7 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 7.			
Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.

Fuente: Autor

Ficha Técnica 25: Grado de Corrosión 7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de resinas sintéticas
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado	Codificación:		7
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				7 S	
72 horas				7 S	
96 horas				3 S	
120 horas				3 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 7.					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.

Fuente: Autor

Ficha Técnica 26: Grado de Corrosión 8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Mecánica	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de resinas sintéticas
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado	Codificación:		8
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas				5 S	
120 horas				4 S	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 4.					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.

Fuente: Autor

Ficha Técnica 27: Grado de Corrosión 9



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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:	Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de resinas sintética
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Cepillado	Codificación:	9

DATOS Y RESULTADOS

Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta	Grado de corrosión
24 horas		No se presenta características visuales corrosivas
48 horas		No se presenta características visuales corrosivas
72 horas		No se presenta características visuales corrosivas
96 horas		5 S
120 horas		3 S

Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 4.

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------







Fuente: Autor

Ficha Técnica 28: Grado de Corrosión 10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado	Codificación:		10
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				5 S	
72 horas				4 S	
96 horas				4 S	
120 horas				2 G	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual y generalizada. El grado de corrosión final es 2					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.



Fuente: Autor

Ficha Técnica 29: Grado de Corrosión 11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:	17/8/2017				
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina		
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610		
Método de Limpieza Inicial:	Mecánico	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento epoxi con cinc activado		
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Cepillado	Codificación:	11		
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta		Grado de corrosión		
24 horas			No se presenta características visuales corrosivas		
48 horas			8 S		
72 horas			7 G		
96 horas			4 G		
120 horas			3 G		
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual y generalizada. El grado de corrosión final es 3					
Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.		

Fuente: Autor

Ficha Técnica 30: Grado de Corrosión 12

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado	Codificación:		12
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				8 S	
72 horas				5 G	
96 horas				4 G	
120 horas				3 G	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual y generalizada. El grado de corrosión final es 3					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.

Fuente: Autor

Ficha Técnica 31: Grado de Corrosión 13








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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:	Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	13

DATOS Y RESULTADOS

Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta	Grado de corrosión
24 horas		No se presenta características visuales corrosivas
48 horas		8 S
72 horas		5 G
96 horas		4 G
120 horas		4 G

Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual y generalizada. El grado de corrosión final es 4

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------

Fuente: Autor

Ficha Técnica 32: Grado de Corrosión 14








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



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:	Mecánica	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Pulverización	Codificación:	14

DATOS Y RESULTADOS








Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta	Grado de corrosión
24 horas		No se presenta características visuales corrosivas
48 horas		8 S
72 horas		6 S
96 horas		4 G
120 horas		4 G

Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual y generalizada. El grado de corrosión final es 4

Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.
-----------------------	-------------	----------------------	---------------------








Fuente: Autor

Ficha Técnica 33: Grado de Corrosión 15

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento epoxi con cinc activado
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Pulverización	Codificación:		15
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas				5 S	
96 horas				4 G	
120 horas				4 G	
Observaciones: En las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual y generalizada. El grado de corrosión final es 4					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.








Fuente: Autor

Ficha Técnica 34: Grado de Corrosión 16

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA 			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
Fecha:	17/8/2017		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero		
Ciudad:	Ambato	Máquina:	Cámara de niebla salina
Ensayo:	Corrosión acelerada	Norma:	ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:	Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:	Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:	Cepillado	Codificación:	16
DATOS Y RESULTADOS			
Tiempo de exposición cámara de niebla salina	Imagen Probeta	Grado de corrosión	
24 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas		No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas		6 S	
120 horas		6 S	
Observaciones: Las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 6			
Realizado por:	Ambar Yépez	Revisado por:	Ing. Henry Vaca Mg.







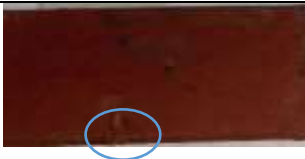
Fuente: Autor

Ficha Técnica 35: Grado de Corrosión 17

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Manual	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado	Codificación:		17
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas				6 S	
120 horas				6 S	
Observaciones: Las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 6					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.

Fuente: Autor

Ficha Técnica 36: Grado de Corrosión 18

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Fecha:		17/8/2017			
Lugar:		Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Ciudad:		Ambato	Máquina:		Cámara de niebla salina
Ensayo:		Corrosión acelerada	Norma:		ASTM D 610
Método de Limpieza Inicial:		Chorro Abrasivo	Tipo de Recubrimiento Aplicado:		Recubrimiento a base de solvente
Tipo de Aplicación de Recubrimiento:		Cepillado	Codificación:		18
DATOS Y RESULTADOS					
Tiempo de exposición cámara de niebla salina		Imagen Probeta		Grado de corrosión	
24 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
48 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
72 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
96 horas				No se presenta características visuales corrosivas	
120 horas				6 S	
Observaciones: Las probetas evaluadas por inspección visual, se puede identificar una corrosión puntual. El grado de corrosión final es 6					
Realizado por:		Ambar Yépez	Revisado por:		Ing. Henry Vaca Mg.

Fuente: Autor

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1. EVALUACIÓN DE LA TASA DE CORROSIÓN

Tabla 4-2: Tasa de Corrosión a las 24 horas de inmersión en niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINCO ACTIVADO	CEPILLADO	1,06	0	0
	PULVERIZACIÓN	0,51	0,4	0

Fuente: Autor

En la Tabla 4-2 se puede observar que a las primeras 24 horas de realización del ensayo de niebla salina la mayoría de las combinaciones no registran valores de tasa de corrosión, debido a que el tiempo de exposición a la corrosión acelerada no es el suficiente para que exista pérdida de peso en las probetas; sin embargo se puede observar que el recubrimiento epoxi con cinc activado reaccionó rápidamente a la niebla salina, siendo el único recubrimiento que muestra valores. Es importante mencionar que los recubrimientos aplicados con el método de limpieza por chorro abrasivo no presentan valores de tasa de corrosión. En la Figura 4-1, se muestra un gráfico comparativo de las combinaciones dadas en este caso de estudio.

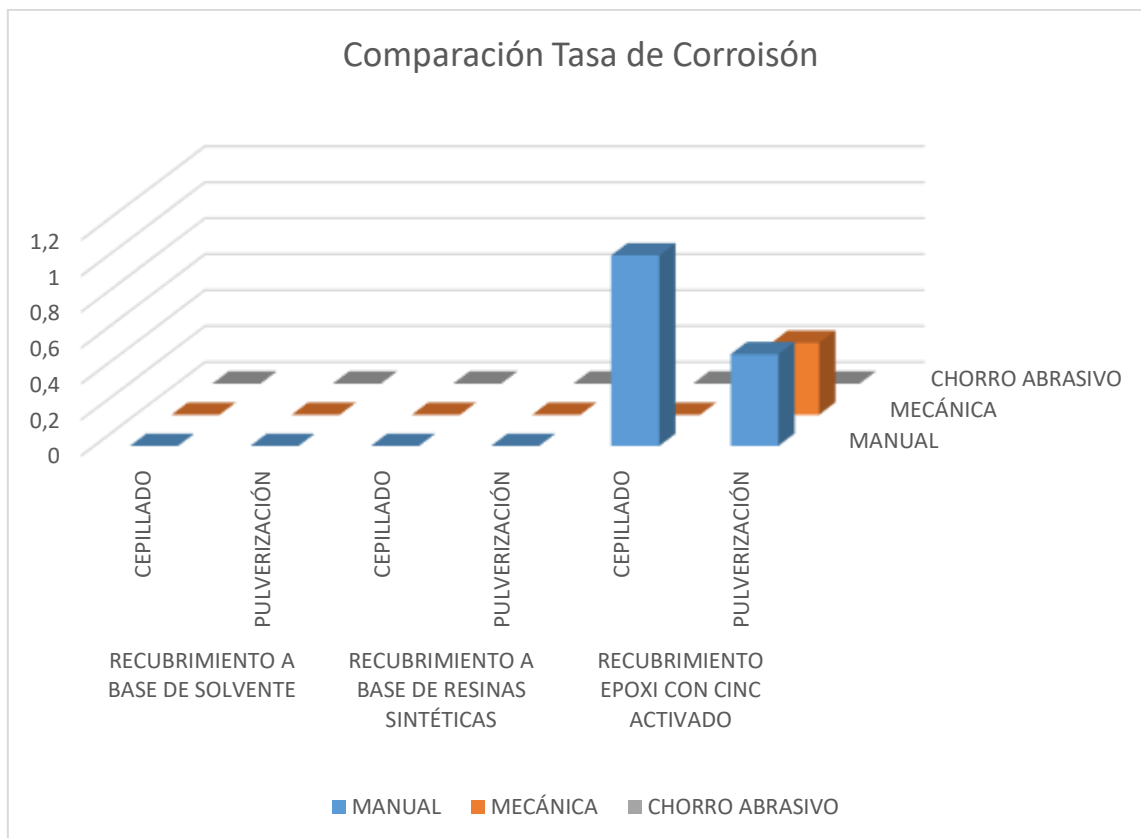


Figura 4-1-: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 24 horas de exposición a la niebla salina.

Fuente: Autor.

Tabla 4-3: Tasa de Corrosión a las 48 horas de inmersión en niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	0	0,246	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	0,25	0	0,28
	PULVERIZACIÓN	0,26	0,27	0

Fuente: Autor

En la Tabla 4-3, expuesta anteriormente se observa que a las 48 horas de realización del ensayo de corrosión en la cámara de niebla salina, la tasa de corrosión para la mayoría de probetas es cero; sin embargo los valores calculados pertenecen en su colectividad al recubrimiento epoxi con cinc activado, empezando a aparecer signos de corrosión en el recubrimiento a base de resinas sintéticas. Se debe mencionar que el recubrimiento a base de solvente todavía no ha sido afectado por corrosión en ninguna de sus combinaciones posibles, ya sea por método de aplicación, a por método de limpieza previa su empleo. En la Figura 4-2, mostrada a continuación se observa la comparación entre los tipos de recubrimientos, método de aplicación y método de limpieza previa.

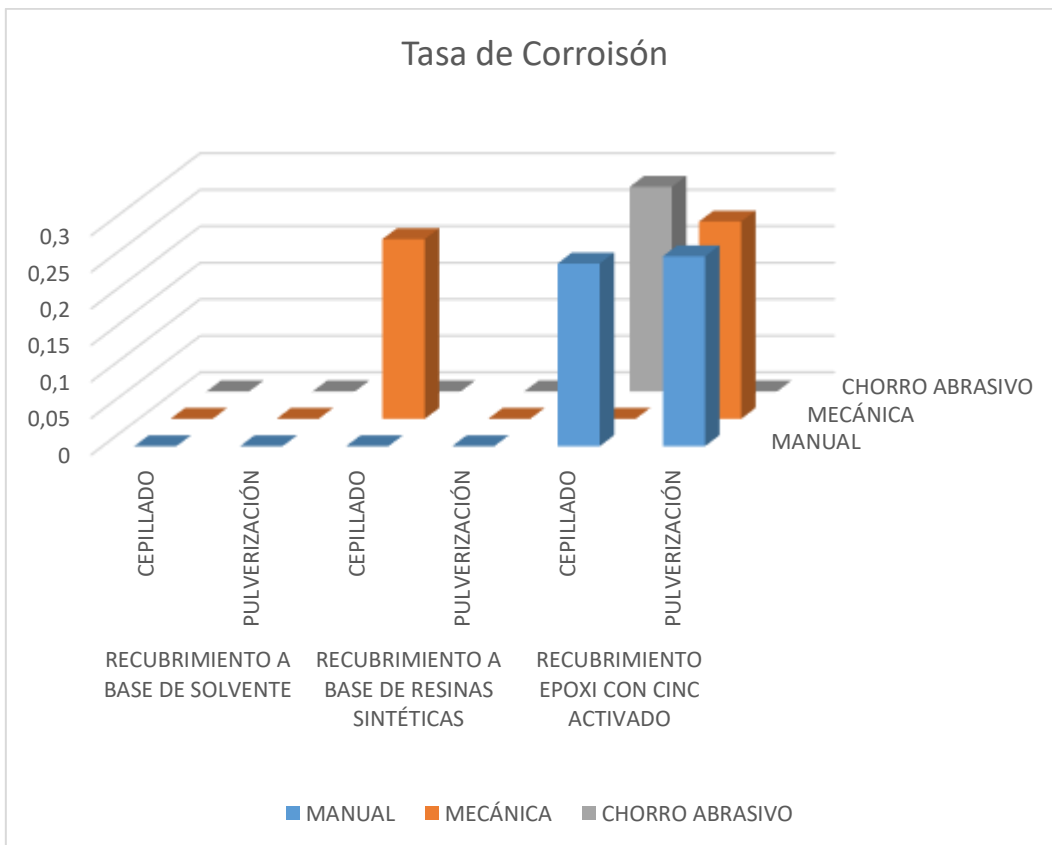


Figura 4-2: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 48 horas de exposición a la niebla salina.
Fuente: Autor.

Tabla 4-4: Tasa de Corrosión a las 72 horas de inmersión en niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0,179	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	0,17	0,258	0
	PULVERIZACIÓN	0,18	0,176	0,177
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	0,2	0,16	0,23
	PULVERIZACIÓN	0,24	0,18	0,281

Fuente: Autor

En la Tabla 4-4 se identifican valores de tasa de corrosión para la mayoría de los casos. El recubrimiento a base de solvente no presenta corrosión aplicando el mismo por pulverización, y en el caso de cepillado solo hay presencia si la limpieza inicial fue manual. Se puede observar que para la mayoría de los casos la aplicación por pulverización presenta valores más altos comparando con la aplicación manual o cepillado.

El método de limpieza inicial manual presenta la mayoría de datos, siendo su contraparte el método de limpieza por chorro abrasivo que presenta la minoría de datos.

En la Figura 4-3, presentada a posteriori se observa la comparación de los valores de la tasa de corrosión.

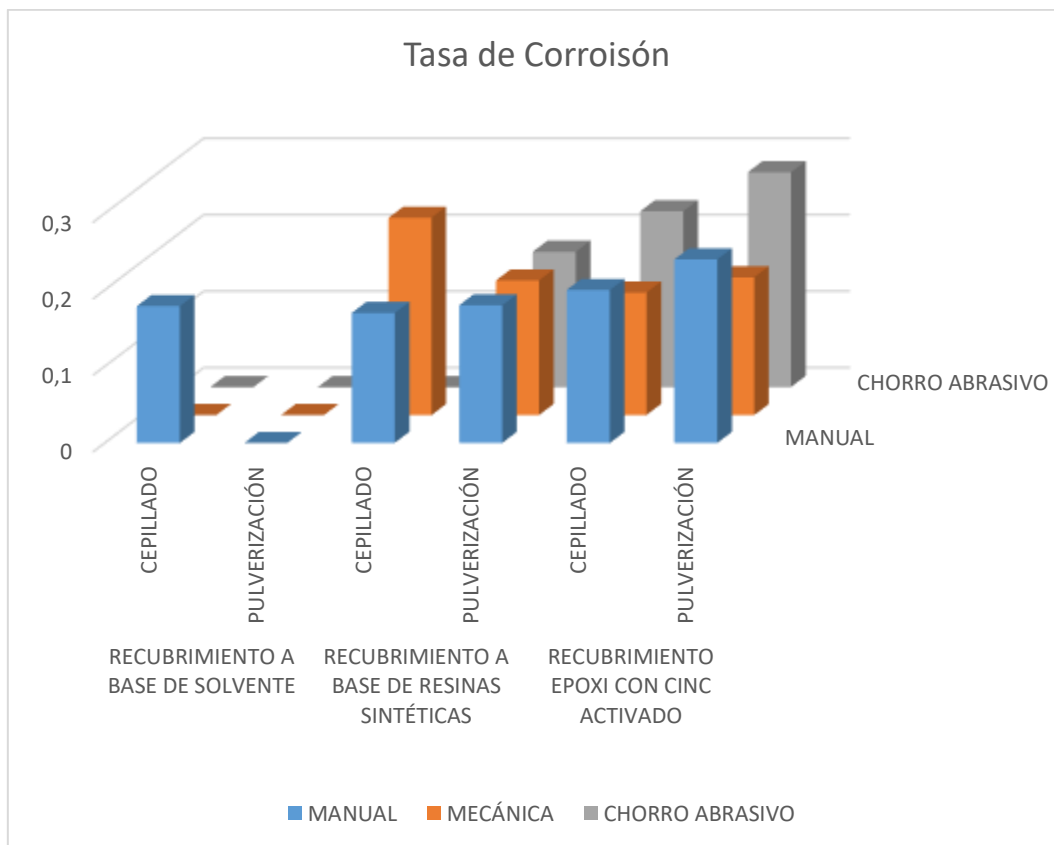


Figura 4-3: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 72 horas de exposición a la niebla salina.
Fuente: Autor.

Tabla 4-5: Tasa de Corrosión a las 96 horas de inmersión en niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0,136	0,132	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	0,17	0,13	0,098
	PULVERIZACIÓN	0,13	0,134	0,132
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	0,23	0,23	0,25
	PULVERIZACIÓN	0,29	0,19	0,294

Fuente: Autor

De la Tabla 4-5 presentada preliminarmente se tienen los valores de tasa de corrosión, el recubrimiento a base de solvente no registra valores pese a que las

probetas han estado en la cámara de niebla salina 96 horas, hasta el momento se identifica como el mejor recubrimiento. Por otro lado el recubrimiento epoxi con cinc activado registra los valores de tasa de corrosión más altos por lo que se lo considera el recubrimiento menos apropiado como protección anticorrosiva para el acero A-36. Referente a los métodos de limpieza inicial, el método manual registra los valores más altos, mientras que el método de limpieza inicial por chorro abrasivo registra los valores más bajos, por lo que se lo considera el método de limpieza inicial más efectivo. Inmediatamente, en la Figura 4-4, se observa la comparación entre recubrimientos, métodos de aplicación y métodos de limpieza inicial.

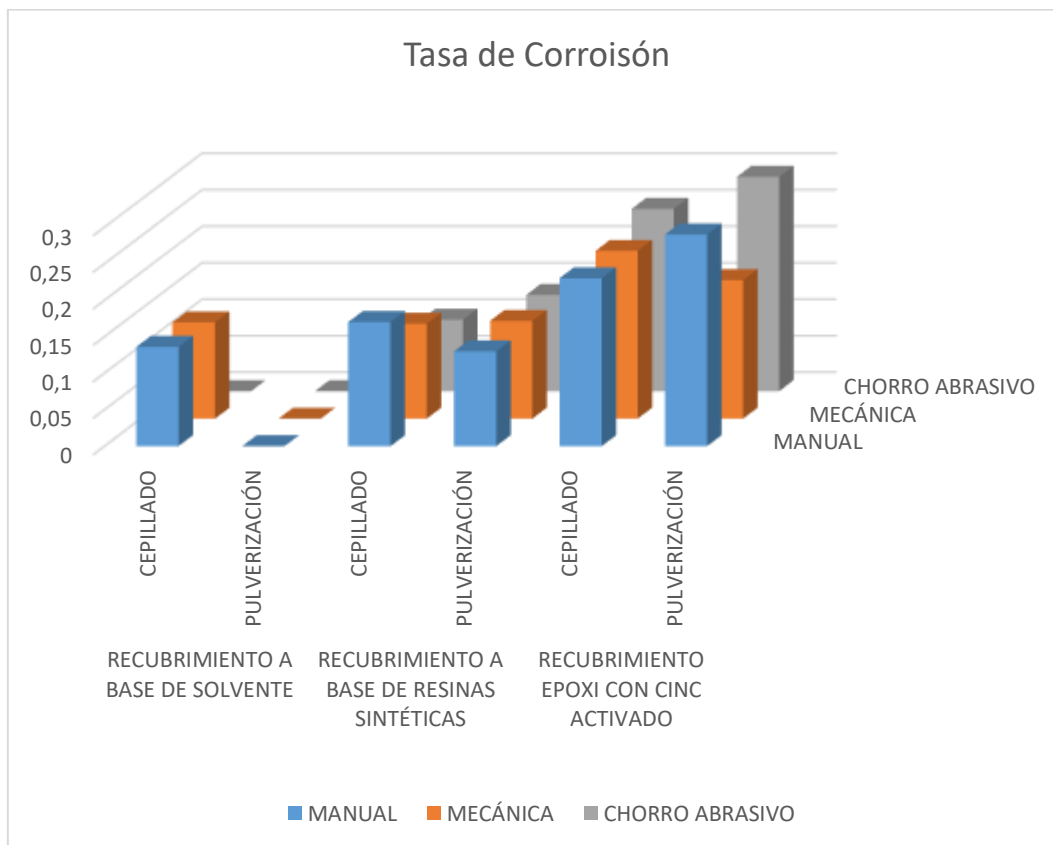


Figura 4-4: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 96 horas de exposición a la niebla salina.

Fuente: Autor.

Tabla 4-6: Tasa de Corrosión a las 120 horas de inmersión en niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0,097	0,129	0,106
	PULVERIZACIÓN	0,105	0,104	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	0,13	0,106	0,131
	PULVERIZACIÓN	0,15	0,147	0,107
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINCO ACTIVADO	CEPILLADO	0,23	0,21	0,19
	PULVERIZACIÓN	0,29	0,22	0,275

Fuente: Autor

En la Tabla 4-6 presentada, se observan los valores de tasa de corrosión para los casos de estudio, siendo el recubrimiento a base de solvente el que registra los menores valores, manteniéndose como el recubrimiento más idóneo para este estudio, y el recubrimiento epoxi con cinc activado como el menos apto para la protección corrosiva. El método de aplicación manual o cepillado es el que presenta menor tasa de corrosión, por lo tanto con este método de aplicación la degradación del material será menor. Al referirse a los métodos de limpieza inicial el método por chorro abrasivo es la opción más idónea, ya que sus valores de tasa de corrosión son menores a comparación con los otros métodos estudiados. En la Figura 4-5 seguidamente se observa la comparación de los recubrimientos, métodos de aplicación y métodos de limpieza inicial.

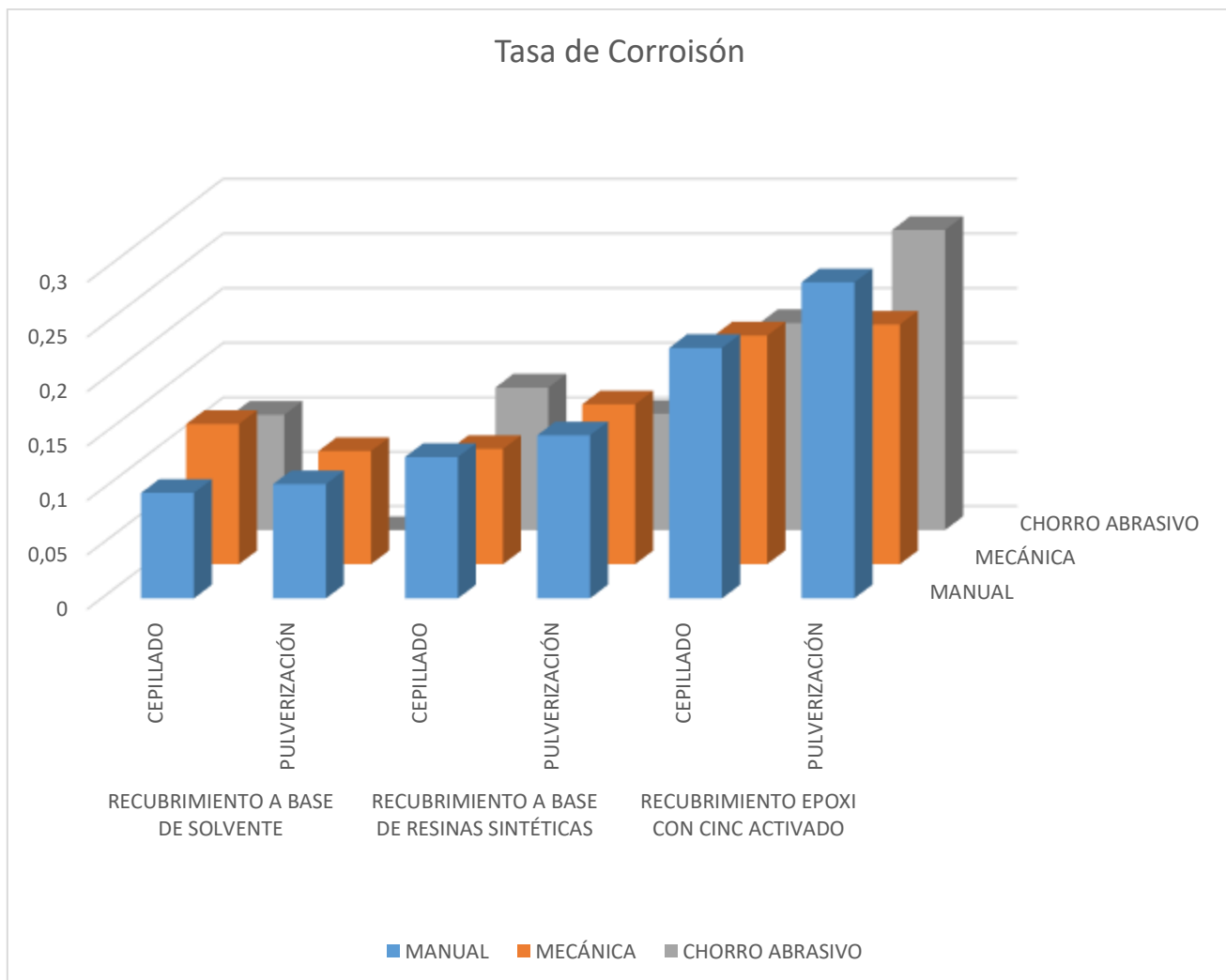


Figura 4-5: Representación gráfica de la tasa de tasa de corrosión y su comparación entre los recubrimientos, tipo de aplicación y limpieza inicial a las 120 horas de exposición a la niebla salina.

Fuente: Autor.

4.2.2. GRADO DE CORROSIÓN

El grado de corrosión está dado por la norma ASTM D 610, en las siguientes tablas se identifican los grados de corrosión de cada uno de los casos de estudio.

Tabla 4-7: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 24 horas en la cámara de niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
TIPO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0

Fuente: Autor

La Tabla 4-7 muestra, el grado de oxidación en las primeras 24 horas, se identifica que no hay evidencia física detectada por medio de inspección visual de corrosión. Ninguna probeta presenta grado de corrosión.

Tabla 4-8: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 48 horas en la cámara de niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	7	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	5	8	8
	PULVERIZACIÓN	8	8	0

Fuente: Autor

En la Tabla 4-8, se encuentran los resultados de la inspección de las probetas que estuvieron 48 horas en la cámara de niebla salina, se observó la presencia de coloración rojiza en las probetas especialmente en las que tenían recubrimiento epoxi con cinc activado. Las probetas con recubrimiento a base de solvente no presentan grado de corrosión. En la Figura 4-6 se observa la comparación del grado de corrosión de las combinaciones dadas.

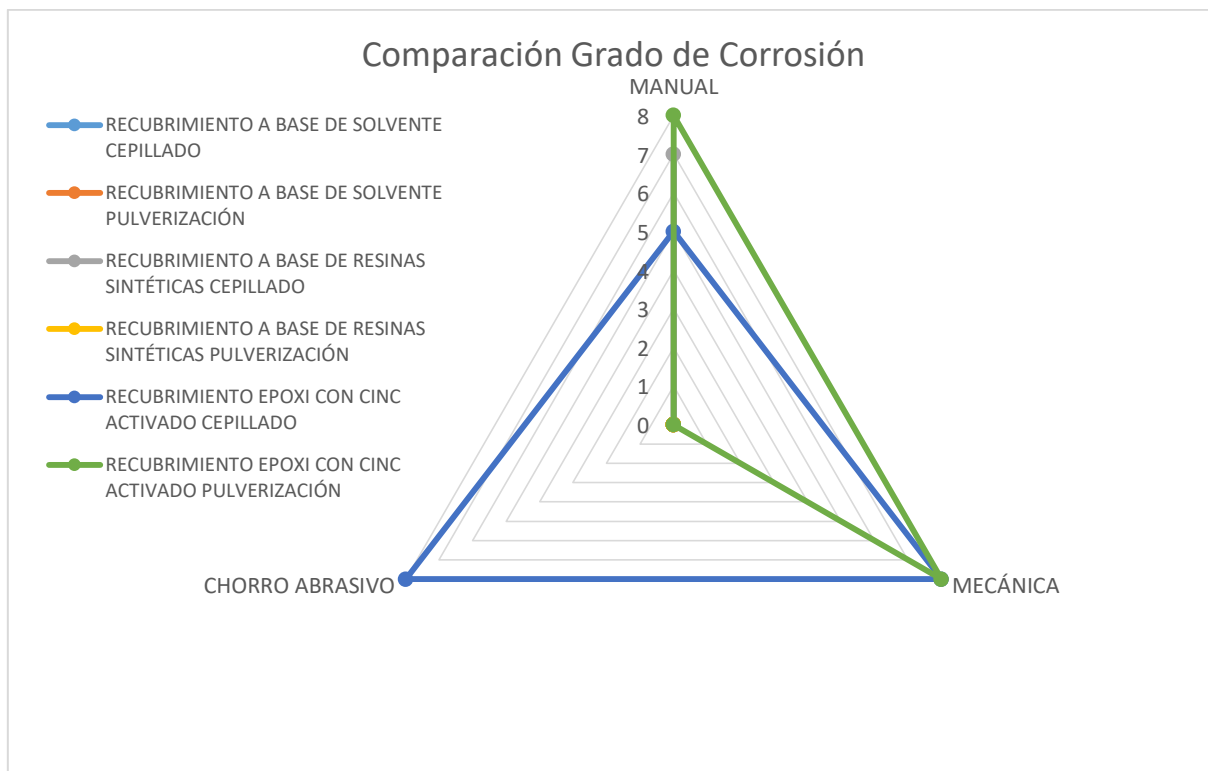


Figura 4-6: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 48 horas a la cámara de niebla salina
Fuente: Autor

Tabla 4-9: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 72 horas en la cámara de niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	0	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	7	0	0
	PULVERIZACIÓN	0	0	0
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	4	7	5
	PULVERIZACIÓN	5	6	5

Fuente: Autor

De los valores obtenidos de la Tabla 4-9 se tiene que el grado de corrosión disminuye en las probetas valoradas a 48 horas de exposición de niebla salina. A las 72 horas de exposición no se registran nuevas probetas con grado de corrosión

que se pueda analizar de manera visual como indica la norma ASTM D 610. En la Figura 4-7 se observa la comparación del grado de corrosión de las probetas analizadas.

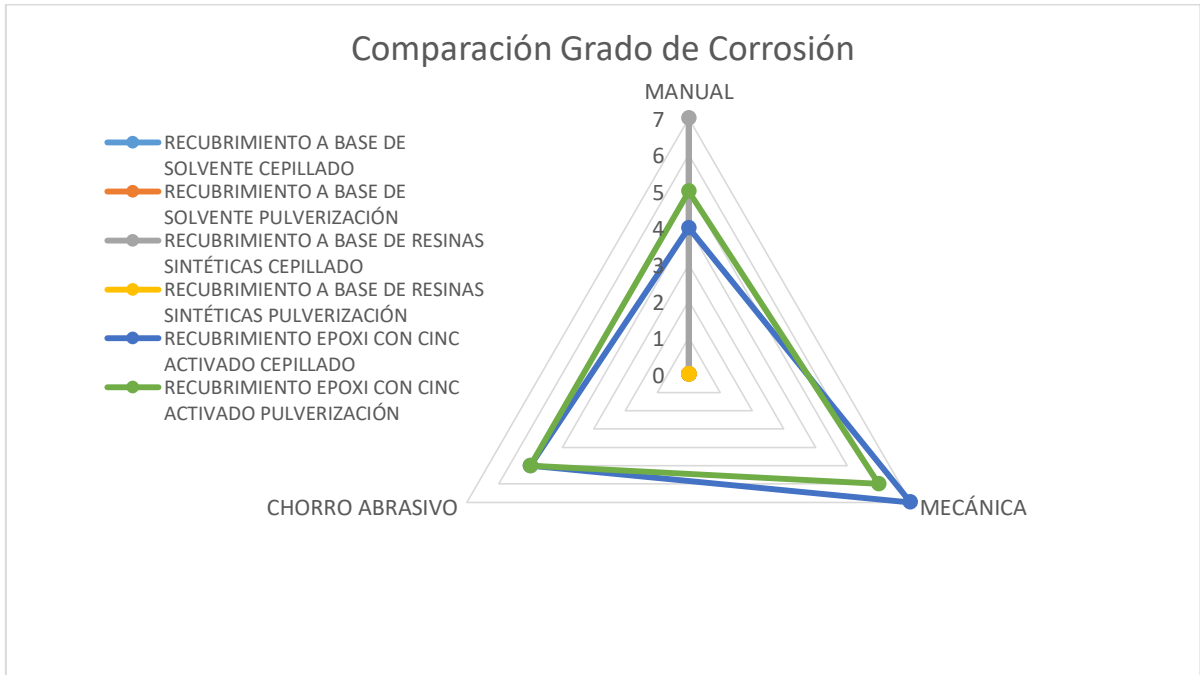


Figura 4-7: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 72 horas a la cámara de niebla salina
Fuente: Autor

Tabla 4-10: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 96 horas en la cámara de niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	6	6	0
	PULVERIZACIÓN	7	0	0
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	3	5	5
	PULVERIZACIÓN	6	7	7
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	CEPILLADO	4	4	4
	PULVERIZACIÓN	4	4	4

Fuente: Autor

De la Tabla 4-10 se concibe que en la mayoría de combinaciones estudiadas hay evidencia visual de corrosión, se observa que el grado de corrosión aumenta ya que

en el caso de las probetas que tenían grado de corrosión a las 72 horas, su grado a disminuye, lo que significa que tiene mayor porcentaje de superficie afectada. El recubrimiento a base de solvente es el que tiene mayor grado de corrosión, mientras que el recubrimiento epoxi con cinc activado posee el menor grado de corrosión, su superficie está severamente afectada, ya que en todos los casos posee del 3.0 al 10.0 % de superficie corroída. Se muestra en la Figura 4-8 la comparación de los grados de corrosión.

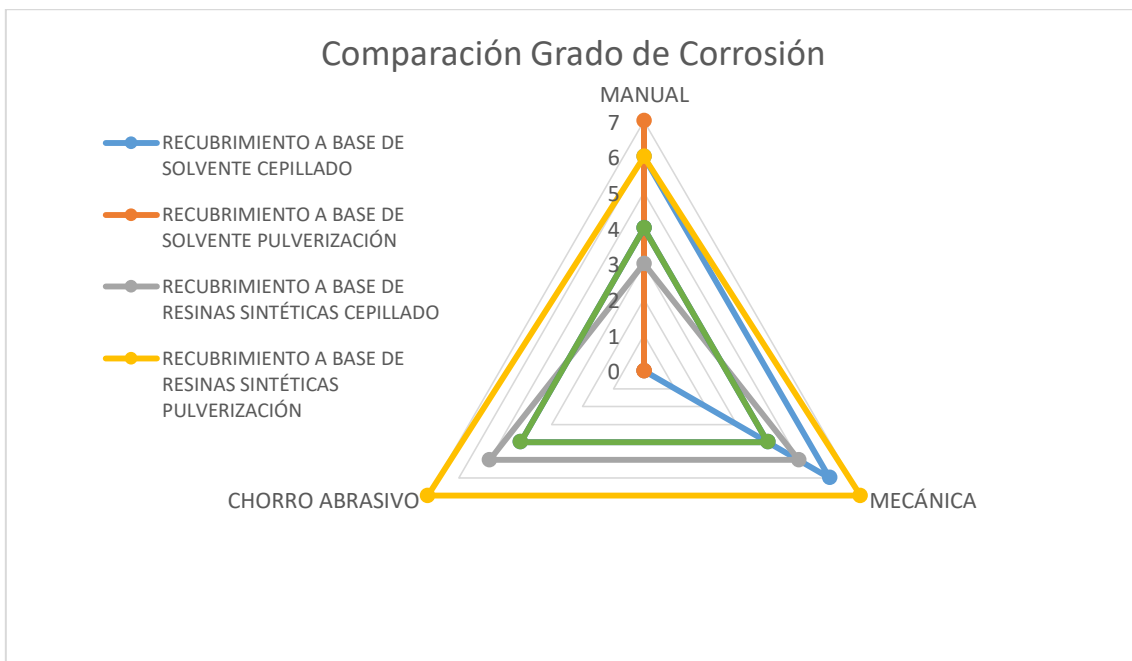


Figura 4-8: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 96 horas a la cámara de niebla salina
Fuente: Autor

Tabla 4-11: Grado de corrosión para probetas con tiempo de exposición de 120 horas en la cámara de niebla salina

RECUBRIMIENTOS		MÉTODOS DE LIMPIEZA INICIAL		
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	MANUAL	MECÁNICA	CHORRO ABRASIVO
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	CEPILLADO	6	6	6
	PULVERIZACIÓN	7	7	7
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	CEPILLADO	3	7	3
	PULVERIZACIÓN	6	7	7
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINCO ACTIVADO	CEPILLADO	2	3	3
	PULVERIZACIÓN	4	4	4

Fuente: Autor

La Tabla 4-11 contiene la valoración final del grado de corrosión se realiza a las 120 horas de exposición a la niebla salina. En este tiempo de exposición todas las probetas presentan aspectos de corrosión, los cuales fueron evaluados según la norma ASTM D 610. Según los registros las probetas que previamente presentaron grado de corrosión, este siguió disminuyendo, es decir que con el transcurso de tiempo la superficie se afectaba cada vez más.

Con respecto a los recubrimientos el recubrimiento a base de solvente presenta la menor afectación, mientras que el recubrimiento epoxi con cinc activado presenta el mayor deterioro. Por otro lado al analizar el tipo de aplicación del recubrimiento se evidencia que el método que obtiene la menor degradación es por pulverización. Adicional a esto se observa que el método de limpieza manual presenta el mayor deterioro del material, al tener los mayores grados de corrosión.

En la Figura 4-9 se observa la comparación del grado de corrosión para los casos de estudio dados.

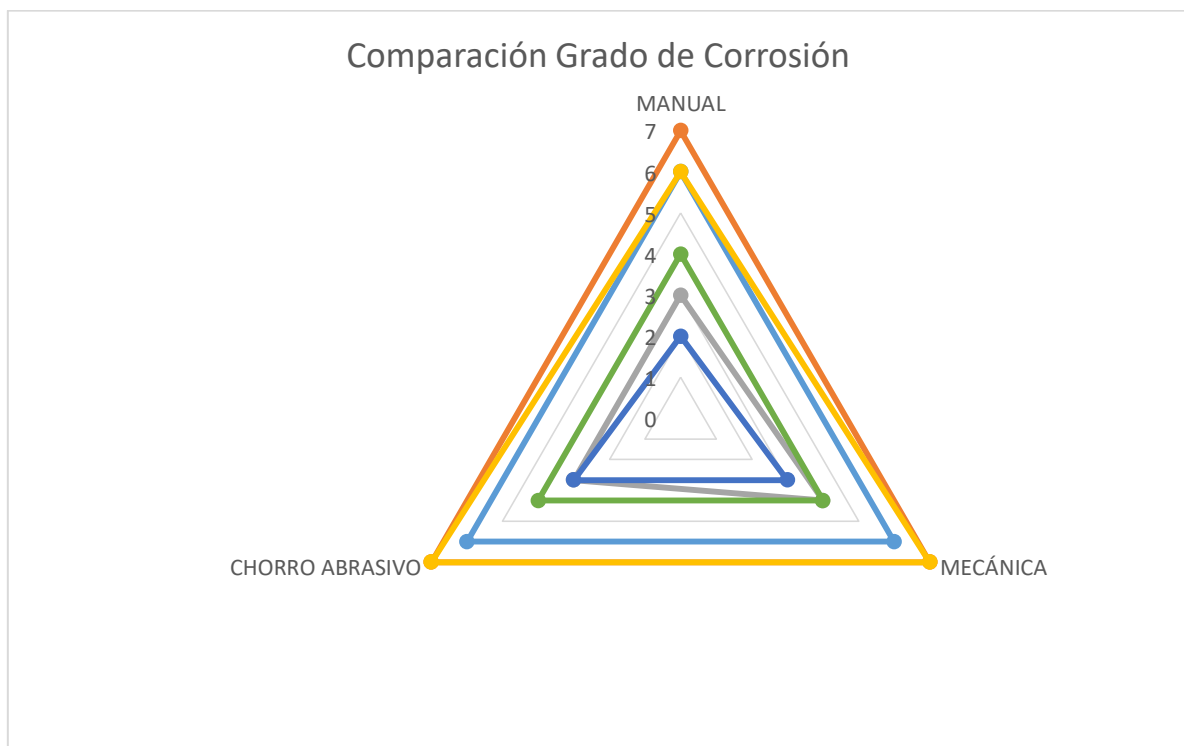


Figura 4-9: Comparación grado de corrosión para las probetas expuestas 96 horas a la cámara de niebla salina

Fuente: Autor

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para el presente caso de estudio se realizará la verificación de hipótesis utilizando el método estadístico T-Student.

4.3.1. MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL MANUAL

Hipótesis planteada

El estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos sobre acero A-36 en la cámara de niebla salina, determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Hipótesis Nula (H_0)

Realizando el estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos aplicados sobre acero A-36 mediante pulverización de pintura, con limpieza inicial manual, en la cámara de niebla salina, no determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Hipótesis Alterna (H_a)

Realizando el estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos aplicados sobre acero A-36 mediante pulverización de pintura, con limpieza inicial manual, en la cámara de niebla salina, determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Muestra

En la tabla 4-12, se exponen los resultados obtenidos del ensayo de corrosión a las 120 horas de exposición, tomando como referencia los resultados de aplicación del recubrimiento por pulverización de la pintura. Los estudios realizados se han elaborado bajo un análisis bilateral, teniendo un nivel de confianza del 95% y significancia del 5% (recomendado para proyectos experimentales).

Tabla 4-12: Tasa de Corrosión 120 horas de exposición.

TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	LIMPIEZA MANUAL
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	PULVERIZACIÓN	0.107
		0.106
		0.103
		0.106
		0.105
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	PULVERIZACIÓN	0.11
		0.21
		0.11
		0.21
		0,11
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	PULVERIZAICIÓN	0.215
		0.315
		0.329
		0.204
		0.312

Fuente: Autor

4.3.1.1. VERIFICACIÓN HIPÓTESIS RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE VS. RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

- ANÁLISIS DE NORMALIDAD**

En la tabla 4-13 se estudia la normalidad de los datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas.

Tabla 4-13: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,1054	0,15
Error típico	0,00067823	0,0244949
Mediana	0,106	0,11
Moda	0,106	0,11
Desviación estándar	0,00151658	0,05477226
Varianza de la muestra	0,0000023	0,003
Curtosis	1,45557656	-2,33333333
Coefficiente de asimetría	-1,1180799	0,60858062
Rango	0,004	0,1

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mínimo	0,103	0,11
Máximo	0,107	0,21
Suma	0,527	0,75
Cuenta	5	5
Nivel de confianza(95,0%)	0,00188308	0,06800874

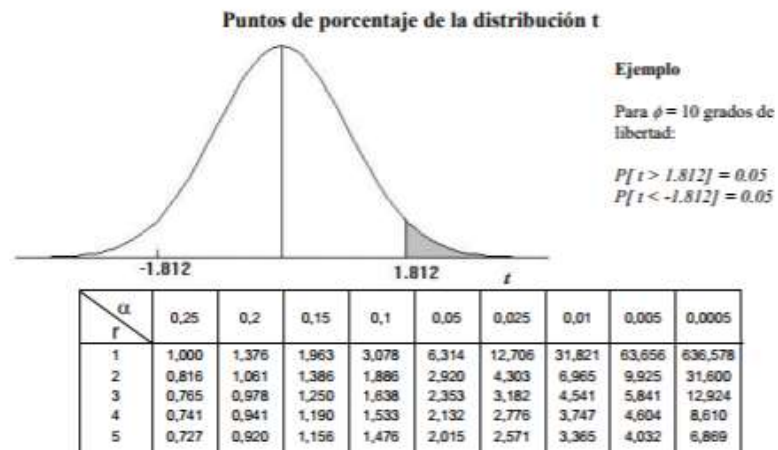
Fuente: Autor

Debido a que la curtosis y coeficiente de asimetría están en el rango de [-3, 3], se describen a los datos dentro de una distribución normal, por lo tanto es aplicable el estudio estadístico T-Student [21].

- **PRUEBA T STUDENT**

En la tabla 4-15 se observa el análisis estadístico T-student, el valor de t tabulado es 2.776 según se indica en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14: Distribución de T-Student



Fuente: [22]

Tabla 4-15: Análisis T-student recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,15	0,1054
Varianza	0,003	0,0000023
Observaciones	5	5

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	1,82008981	
P(T<=t) una cola	0,0714311	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184679	
P(T<=t) dos colas	0,14286219	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77644511	

Fuente: Autor

Dado que t tabulado es mayor a T estadístico y T estadístico es mayor a P para dos colas, se acepta la hipótesis alterna.

4.3.1.2. VERIFICACIÓN HIPÓTESIS RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE VS. RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO

- ANÁLISIS DE NORMALIDAD

En la tabla 4-16 se estudia la normalidad de los datos

Tabla 4-16: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado

	Variable 1	Variable 2
Media	0,1054	0,275
Error típico	0,00067823	0,02694995
Mediana	0,106	0,312
Moda	0,106	#N/A
Desviación estándar	0,00151658	0,06026193
Varianza de la muestra	0,0000023	0,0036315
Curtosis	1,45557656	-2,1367051
Coefficiente de asimetría	-1,118079	-0,5746061
Rango	0,004	0,125

	Variable 1	Variable 2
Mínimo	0,103	0,204
Máximo	0,107	0,329
Suma	0,527	1,375
Cuenta	5	5
Nivel de confianza(95,0%)	0,00188308	0,07482507

Fuente: Autor

Debido a que la curtosis y coeficiente de asimetría están en el rango de [-3, 3], se describen a los datos dentro de una distribución normal, por lo tanto es aplicable el estudio estadístico T-Student

- **PRUBEA T STUDENT**

En la tabla 4-17 se observa el análisis estadístico T-student

Tabla 4-17: Análisis T-student recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado

	Variable 1	Variable 2
Media	0,275	0,1054
Varianza	0,0036315	0,0000023
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	2,29115434	
P(T<=t) una cola	0,00163069	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184679	
P(T<=t) dos colas	0,00326138	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77644511	

Fuente: Autor

Dado que t tabulado es mayor a T estadístico y T estadístico es mayor a P para dos colas, se acepta la hipótesis alterna.

4.3.2. MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL MECÁNICA

Hipótesis planteada

El estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos sobre acero A-36 en la cámara de niebla salina, determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Hipótesis Nula (H₀)

Realizando el estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos aplicados sobre acero A-36 mediante pulverización de pintura, con limpieza inicial mecánica, en la cámara de niebla salina, no determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Hipótesis Alterna (H_a)

Realizando el estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos aplicados sobre acero A-36 mediante pulverización de pintura, con limpieza inicial mecánica, en la cámara de niebla salina, determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Muestra

En la tabla 4-18, se exponen los resultados obtenidos del ensayo de corrosión a las 120 horas de exposición, tomando como referencia los resultados de aplicación del recubrimiento por pulverización de la pintura. Los estudios realizados se han elaborado bajo un análisis bilateral, teniendo un nivel de confianza del 95% y significancia del 5% (recomendado para proyectos experimentales).

Tabla 4-18: Tasa de Corrosión 120 horas de exposición.

TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	LIMPIEZA MECÁNICA
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	PULVERIZACIÓN	0.107
		0.129
		0.202
		0.101
		0.106

TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	LIMPIEZA MECÁNICA
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	PULVERIZACIÓN	0.204
		0.108
		0.211
		0.104
		0,108
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	PULVERIZAICIÓN	0.218
		0.327
		0.212
		0.215
		0.108

Fuente: Autor

4.3.2.1. VERIFICACIÓN HIPÓTESIS RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE VS. RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS

- ANÁLISIS DE NORMALIDAD

En la tabla 4-19 se estudia la normalidad de los datos

Tabla 4-19: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas

	Variable 1	Variable 2
Media	0,129	0,147
Error típico	0,01887591	0,02473459
Mediana	0,107	0,108
Moda	#N/A	0,108
Desviación estándar	0,04220782	0,05530823
Varianza de la muestra	0,0017815	0,003059
Curtosis	3,62940768	-3,2739818
Coefficiente de asimetría	1,9075853	0,61369649
Rango	0,101	0,107
Mínimo	0,101	0,104
Máximo	0,202	0,211
Suma	0,645	0,735
Cuenta	5	5
Nivel de confianza(95,0%)	0,05240793	0,06867423

Fuente: Autor

Debido a que la curtosis y coeficiente de asimetría están en el rango de [-3, 3], se describen a los datos dentro de una distribución normal, por lo tanto es aplicable el estudio estadístico T-Student.

- **PRUEBA T STUDENT**

En la tabla 4-20 se observa el análisis estadístico T-student

Tabla 4-20: Análisis T-student recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento a base de resinas sintéticas

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,147	0,129
Varianza	0,003059	0,0017815
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
Estadístico t	0,67851203	
P(T<=t) una cola	0,29052293	
Valor crítico de t (una cola)	1,89457861	
P(T<=t) dos colas	0,58104586	
Valor crítico de t (dos colas)	2,36462425	

Fuente: Autor

Dado que t tabulado es mayor a T estadístico y T estadístico es mayor a P para dos colas, se acepta la hipótesis alterna.

4.3.2.2. VERIFICACIÓN HIPÓTESIS RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE VS. RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO

- **ANÁLISIS DE NORMALIDAD**

En la tabla 4-21 se estudia la normalidad de los datos

Tabla 4-21: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado

	Variable 1	Variable 2
Media	0,129	0,216
Error típico	0,01887591	0,03464535
Mediana	0,107	0,215
Moda	#N/A	#N/A
Desviación estándar	0,04220782	0,07746935
Varianza de la muestra	0,0017815	0,0060015
Curtosis	2,62940768	1,99001166
Coefficiente de asimetría	1,9075853	0,09666461
Rango	0,101	0,219
Mínimo	0,101	0,108
Máximo	0,202	0,327
Suma	0,645	1,08
Cuenta	5	5
Nivel de confianza(95,0%)	0,05240793	0,0961909

Fuente: Autor

Debido a que la curtosis y coeficiente de asimetría están en el rango de [-3, 3], se describen a los datos dentro de una distribución normal, por lo tanto es aplicable el estudio estadístico T-Student

- **PRUEBA T STUDENT**

En la tabla 4-22 se observa el análisis estadístico T-student

Tabla 4-22: Análisis T-student datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado

	Variable 1	Variable 2
Media	0,216	0,129
Varianza	0,0060015	0,0017815
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	2,20511244	
P(T<=t) una cola	0,03480513	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318028	
P(T<=t) dos colas	0,06961025	
Valor crítico de t (dos colas)	2,44691185	

Fuente: Autor

Dado que t tabulado es mayor a T estadístico y T estadístico es mayor a P para dos colas, se acepta la hipótesis alterna.

4.3.3. MÉTODO DE LIMPIEZA INICIAL POR CHORRO ABRASIVO

Hipótesis planteada

El estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos sobre acero A-36 en la cámara de niebla salina, determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Hipótesis Nula (H_0)

Realizando el estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos aplicados sobre acero A-36 mediante pulverización de pintura, con limpieza inicial por chorro abrasivo, en la cámara de niebla salina, no determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Hipótesis Alterna (H_a)

Realizando el estudio de corrosión de recubrimientos anticorrosivos aplicados sobre acero A-36 mediante pulverización de pintura, con limpieza inicial por chorro abrasivo, en la cámara de niebla salina, determinará el recubrimiento con mayor tasa de corrosión

Muestra

En la tabla 4-23, se exponen los resultados obtenidos del ensayo de corrosión a las 120 horas de exposición, tomando como referencia los resultados de aplicación del recubrimiento por pulverización de la pintura. Los estudios realizados se han elaborado bajo un análisis bilateral, teniendo un nivel de confianza del 95% y significancia del 5% (recomendado para proyectos experimentales).

Tabla 4-23: Tasa de Corrosión 120 horas de exposición.

TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE LRECUBRIMIENTO	LIMPIEZA MECÁNICA
RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE	PULVERIZACIÓN	0
		0
		0
		0
		0
TIPO DE RECUBRIMIENTO	TIPO DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO	LIMPIEZA MECÁNICA
RECUBRIMIENTO A BASE DE RESINAS SINTÉTICAS	PULVERIZACIÓN	0.107
		0.105
		0.106
		0.109
		0.109
RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO	PULVERIZAICIÓN	0.215
		0.315
		0.329
		0.204
		0.312

Fuente: Autor

4.3.3.1. VERIFICACIÓN HIPÓTESIS RECUBRIMIENTO A BASE DE SOLVENTE VS. RECUBRIMIENTO EPOXI CON CINC ACTIVADO

- ANÁLISIS DE NORMALIDAD

En la tabla 4-24 se estudia la normalidad de los datos

Tabla 4-24: Análisis de normalidad de datos recubrimiento a base de solvente vs. recubrimiento epoxi con cinc activado

	Variable 1	Variable 2
Media	0,1072	0,275
Error típico	0,0008	0,02694995
Mediana	0,107	0,312
Moda	0,109	#N/A
Desviación estándar	0,00178885	0,06026193
Varianza de la muestra	3,2E-06	0,0036315
Curtosis	-2,3242187	-2,1367051
Coficiente de asimetría	0,05240784	0,57460617
Rango	0,004	0,125

	Variable 1	Variable 2
Mínimo	0,105	0,204
Máximo	0,109	0,329
Suma	0,536	1,375
Cuenta	5	5
Nivel de confianza(95,0%)	0,00222116	0,07482507

Fuente: Autor

Debido a que la curtosis y coeficiente de asimetría están en el rango de [-3, 3], se describen a los datos dentro de una distribución normal, por lo tanto es aplicable el estudio estadístico T-Student

- **PRUBEA T STUDENT**

En la tabla 4-25 se observa el análisis estadístico T-student

Tabla 4-25: Análisis T-student

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	0,275	0,1072
Varianza	0,0036315	3,2E-06
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	2,22361435	
P(T<=t) una cola	0,00169695	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184679	
P(T<=t) dos colas	0,00339389	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77644511	

Fuente: Autor

Dado que t tabulado es mayor a T estadístico y T estadístico es mayor a P para dos colas, se acepta la hipótesis alterna.

De la verificación de la hipótesis se obtiene que el recubrimiento epoxi con cinc activado es el que tiene la mayor tasa de corrosión, siendo el método de limpieza inicial manual y método de aplicación de recubrimiento por pulverización de pintura el que tiene el valor de tasa de corrosión más alto.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se establecieron los procesos de preparación de las probetas de acero A-36, para la aplicación de los recubrimientos anticorrosivos, los cuales consisten en la obtención de las probetas según las dimensiones deseadas, posteriormente la ejecución de la limpieza inicial acordada, seguidamente de la aplicación del recubrimiento, el cual debe aplicarse lo más pronto posible una vez finalizada la limpieza inicial para prevenir la aparición de productos de la corrosión. Adicional a esto se debe realizar una inspección a las probetas con la finalidad de verificar que estas no posean grietas ni rasgaduras, para preservar los resultados del ensayo, de lo cual se comprobó que el método de preparación más idóneo es el método de chorreo abrasivo obteniéndose valores de tasa de corrosión en el rango de [0; 0.275], mientras que el método menos favorable fue el de método manual obteniéndose valores de tasa de corrosión en el rango de [0.097; 0.29].
- Se definieron tres métodos óptimos de protección anticorrosiva para el acero ASTM-36, los cuales consisten en: Realizar limpieza inicial a las probetas mediante chorro abrasivo, aplicar mediante pulverización de pintura un recubrimiento a base de solvente, cuyo valor de tasa de corrosión concluidas las 120 horas de exposición es cero. Realizar limpieza inicial mecánica a las probetas, con ayuda de una grata, aplicar mediante cepillado un recubrimiento a base de resinas sintéticas, cuyo valor de tasa de corrosión concluidas las 120 horas de exposición es 0.106. Realizar limpieza inicial manual a las probetas, con ayuda de una lija, aplicar mediante pulverización de pintura un recubrimiento a base de solvente, cuyo valor de tasa de corrosión concluidas las 120 horas de exposición es 0.097.

- El recubrimiento a base de solvente obtuvo la menor tasa de corrosión siendo cero en el caso de la recubrimiento a base de solvente, y llegando a su máximo valor 0.29 en el caso de recubrimiento epoxi con cinc activado; además de obtener la menor superficie afectada tomando un valor de grado 7, según la inspección visual realizada.
- La mejor combinación anticorrosiva que se obtuvo en este estudio fue: recubrimiento a base de solvente, limpieza inicial mediante chorro abrasivo, y método de aplicación pulverización, llegando a obtenerse un valor de tasa de corrosión después de transcurridas 120 horas de exposición en la cámara de niebla salina igual a cero, y cuyo grado de corrosión final fue 7.
- El recubrimiento epoxi con cinc activado, presentó las condiciones menos favorables, obteniendo la mayor tasa de corrosión y un grado de oxidación de 2, lo que significa que del 16.0% al 33.0 % de su superficie presenta características corrosivas.
- El ensayo de corrosión utilizando la cámara de niebla salina, permite comparar los recubrimientos para conocer cuál brinda mayor protección, sin embargo es importante realizar el estudio mínimo 96 horas, ya que a partir de este tiempo, las probetas empiezan a mostrar características corrosivas, así como pérdida de peso, lo que permite evaluar la corrosión.
- A partir de las 72 horas de ensayo, las probetas con recubrimiento a base de resina sintética y limpieza inicial manual obtuvieron del 0.03% al 0.1% de su superficie con características de corrosión, esta característica no la llegaron a tener las probetas con recubrimiento a base de solvente, quienes no lograron ese porcentaje en ninguna combinación, en ningún lapso. Por otro lado las probetas con recubrimiento epoxi con cinc activado llegaron a tener ese porcentaje apenas a las 48 horas de ejecución del ensayo.

- El método de evaluación de la tasa de corrosión según la norma ASTM G1, permite calcular la tasa de corrosión, considerando la pérdida de peso de las probetas. En un ensayo de corta duración, menor a mil horas, la variación de peso no fue significativa, y en algunos casos no existió variación, por lo que la tasa de corrosión no se pudo calcular para todas las combinaciones y en todos los periodos de tiempo, sin embargo a las 120 horas de realización del ensayo se obtuvieron la mayor cantidad de datos de tasa de corrosión, lo que permite una comparación eficaz.
- El método de limpieza inicial por chorro abrasivo, ofrece los mejores resultados en tasa de corrosión, teniendo el menor valor de tasa de corrosión que es cero para el caso de recubrimiento a base de solvente con método de aplicación por pulverización de pintura; 0.1017 para el caso de recubrimiento a base de resinas sintéticas método de aplicación por pulverización de pintura y 0.19 para el caso de recubrimiento epoxi con cinc activo cuyo método de aplicación de pintura fue cepillado.
- El método de aplicación de pintura por pulverización es el más idóneo para las aplicaciones elaboradas en el presente estudio, debido a que permite que la pintura se adhiera de manera uniforme, lo cual se evidencia en los resultados obtenidos en tasa de corrosión que fueron menores a los obtenidos por el método de cepillado, llegando a obtenerse valores de tasa de corrosión entre el 10% y 30% menores en comparación a los valores obtenidos por el método de cepillado.
- El recubrimiento a base de solvente presentó los mejores resultados visuales obteniéndose las primeras afectaciones, del 0.03% al 0.1% de superficie atacada a partir de las 96 horas de exposición a la niebla salina, estos resultados se obtuvieron para el caso de los métodos de limpieza manual y mecánica, en el caso de limpieza por chorreo abrasivo las primeras señales de afectación ocurrieron a partir de las 120 horas.

- Mediante este estudio se determinó la tasa de corrosión para el acero al carbono A-36, utilizando tres tipos diferentes de recubrimientos, tres tipos de limpieza inicial y dos tipos de aplicación de recubrimientos, cuyo peor escenario fue dado por el recubrimiento epoxi con cinc activado, mediante los dos tipos de aplicación del recubrimiento y método de limpieza manual cuyos valores son 0.23 mm/año y 0.29 mm/año respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- Preparar las superficies un lapso corto previo a la aplicación de los recubrimientos para evitar que el material base ingrese con defectos.
- Es necesario permitir que los recubrimientos se sequen perfectamente, en condiciones donde no exista demasiada humedad, para prevenir la manifestación de burbujas debajo de los recubrimientos, lo que afectará la calidad del ensayo.
- Previamente a la realización del ensayo de corrosión en la cámara de niebla salina, se debe comprobar que todos los sensores y controles de la máquina estén funcionando correctamente.
- Al momento de realizar los controles de pH y volumen en los fluviómetros hacerlo en el menor tiempo posible, ya que la cámara de niebla salina no debe parar su actividad por más de 5 minutos para una mayor efectividad durante el ensayo.
- Verificar el valor de pH del agua destilada previo a la realización de la solución salina.
- Realizar el procedimiento con el equipo de protección personal, debido a que la niebla salina es ácida y puede causar afectaciones a la salud del operario.

- Realizar una inspección a las probetas antes de aplicar el recubrimiento, tratando de que estas sean lo más idénticas posibles, con esto se aportará a valores promedio más reales de tasa de corrosión.
- El método de evaluación de grado de corrosión por inspección visual según la norma ASTM D 610, establece los parámetros para designar dicho grado. Este es un método de evaluación sencillo, no obstante se debe tener un alto criterio de evaluación visual para no cometer errores por una mala apreciación del observador.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] NACE 3D 170, NACE, 2015.
- [2] NACE MR0175, NACE, 2013.
- [3] P. Chango, Análisis de los Problemas de Corrosión en la Soldadura de los Aceros Inoxidables AISI 304L y 316L, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2014.
- [4] G. Hidalgo y L. Ramos, Estudio y Caracterización de la Corrosión en Probetas de Aluminio Serie 6005 Pre Esforzadas en un Medio Salino, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [5] P. Lindao, Corrosión del Acero al CARBO (A-36) en Compañía Azucarera Valdez S.A., Guayaquil.
- [6] D. R. ASkeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, México: International Thomson Editores, 1998.
- [7] P. R. Roberge, Handbook of Corrosion Engineering, New York: McGraw-Hill, 1999.

- [8] C. W. D., Ciencia e Ingeniería de los Materiales, México: Editorial Reverté, S. A..
- [9] P. A. Schweitzer, Fundamentals of Metallic Corrosion, New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2007.
- [10] P. A. Schweitzer, Fundamentals of Corrosion, Boca Ratón: CRC Press Taylor & Francis Group, 2010.
- [11] R. Baboian, Corrosion Tests and Standards, U.S.A.: ASTM International, 2005.
- [12] Preparación de Superficies Metálicas, Sika.
- [13] ASTM B117-1, Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus, United States: ASTM International, 2011.
- [14] ASTM G1, Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluation Corrosion Test Specimens, ASTM International, 2012.
- [15] ASTM D610, Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces, ASTM International, 2016.

- [16] Pintuco, «Pintuco,» [En línea]. Available: <http://www.pintuco.com/images/pdf/decorativo/ft-anticorrosivo-premium.pdf>.
- [17] Condor, «Antiox, Acabado Final 900 BC y 900 MC,» [En línea].
- [18] C. Juan, Manual de Diseño de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, Colombia, 1985.
- [19] P. AppliChem, «Ficha de Seguridad Sodio Cloruro,» AppliChem, PanReac, 15 09 2011. [En línea]. Available: <http://pub.panreac.com/msds/ESP/1659.HTM>.
- [20] ASTM, Standar Practice for Dealing with Outlying Observations, 2000.
- [21] C. Julio, Medidas de Forma: ASimetría y Curtosis. Momentos, 2012.
- [22] «Distribución T- Student,» 2012. [En línea]. Available: <http://dpinto.cs.buap.mx/pln/Autumn2010/tstudenttable.pdf>.
- [23] D. J. Balseca Chicaiza, Diseño de un Sistema de Tratamiento Químico para el Control y Monitoreo de la Corrosión Interna en las Líneas de Gas de REPSOL YPF-SPF, Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2012.

- [24] G. A. Hidalgo Rodríguez, Estudio y Caracterización de la Corrosión en Probetas de Aluminio Serie 6005 Pre Esforzadas en un Medio Salino, Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [25] C. Arroyave, El impacto de la corrosión en la economía de los países lationamericanos, Universidad Antonio Nariño, 2012.
- [26] G. M. Medina F., Estudios Estadísticos y Porspectivos, Santiago de Chile: CEPAL, 2007.

ANEXOS

ANEXO A: FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD SAL ANALÍTICA

1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificador del producto

Denominación:
Sodio Cloruro

CAS: [7647-14-5]

Nº de Registro REACH: No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el Artículo 2 de la normativa REACH (CE) nº 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro, dicho registro está previsto para una fecha posterior o se trata de una mezcla.

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla:

Usos: para usos de laboratorio, análisis, investigación y química fina.

1.3 Identificación de la sociedad o empresa:

PANREAC QUIMICA S.L.U.
C/Garraf 2
Polígono Pla de la Bruguera
E-08211 Castellar del Vallès
(Barcelona) España
Tel. (+34) 937 489 400
e-mail: product.safety@panreac.com

1.4 Teléfono de emergencia:

Número único de teléfono para llamadas de urgencia: 112 (UE)
Tel.: (+34) 937 489 499

2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla.

Sustancia no peligrosa según Reglamento (CE) 1272/2008.
Para más información de las Frases R mencionadas en este epígrafe, vea epígrafe 16.

2.3 Otros peligros:

No existen más datos relevantes disponibles.

3. Composición/información sobre los componentes

Denominación: Sodio Cloruro
Fórmula: NaCl M.= 58,44 CAS [7647-14-5]
Número CE (EINECS): 231-598-3

4. Primeros auxilios

4.1 Indicaciones generales:

En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.

4.2 Inhalación:

Trasladar a la persona al aire libre.

4.3 Contacto con la piel:

Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.

4.4 Ojos:

Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos.

4.5 Ingestión:

En caso de malestar, pedir atención médica.

5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción apropiados:

Los apropiados al entorno.

5.2 Medios de extinción no apropiados:

No se conocen.

5.3 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:

Incombustible.

5.4 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:

Ropa y calzado adecuados.

6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:

Sin indicaciones particulares.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:

Prevenir la contaminación del suelo, aguas y desagües.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:
Recoger en seco. Limpiar los restos con agua abundante.

7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura:
Sin indicaciones particulares.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:
Recipientes bien cerrados.

8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Controles de la exposición:
Sin indicaciones particulares.

8.2 Parámetros de control:
Datos no disponibles.

8.3 Protección respiratoria:
En caso de formarse polvo, usar equipo respiratorio adecuado.

8.4 Protección de las manos:
Usar guantes apropiados

8.5 Protección de los ojos/la cara:
Usar gafas de seguridad.

8.6 Medidas de higiene particulares:
Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.

8.7 Control de la exposición medio ambiental:
Cumplir con la legislación local vigente sobre protección del medio ambiente.

9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto: Sólido
Color: de color blanco
Granulometría: N/A
Olor: Inodoro.
pH: ~6 ((50 g/l))
Punto de fusión/punto de congelación: 804 °C
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición: 1.413 °C
Punto de inflamación:
N/A
Inflamabilidad (sólido, gas):
N/A

Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad:
N/A
Presión de vapor: N/A
Densidad de vapor: N/A
Densidad relativa:
(20/4) 2,17 g/ml
Solubilidad:360 g/l en agua (20 °C)
Coeficiente de reparto n-octanol/agua:
N/A
Temperatura de auto-inflamación:
N/A
Temperatura de descomposición: N/A
Viscosidad cinemática: N/A
Viscosidad dinámica:
N/A

10. Estabilidad y reactividad

10.1 Condiciones que deben evitarse:

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (Temperatura ambiente).

10.2 Materiales incompatibles:

No se conocen.

10.3 Productos de descomposición peligrosos:

No se conocen.

10.4 Estabilidad química:

No se conocen.

11. Información toxicológica

11.1 Toxicidad aguda:

DLL0 oral rbt : 8.000 mg/kg

DL50 oral rat : 3.000 mg/kg

11.2 Efectos peligrosos para la salud:

Por ingestión de grandes cantidades: náuseas vómitos Por contacto ocular: Puede provocar: irritaciones No son de esperar características peligrosas. Observar las precauciones habituales en el manejo de productos químicos.

12. Información Ecológica

12.1 Toxicidad :

Datos ecotóxicos no disponibles.

12.2 Persistencia y Degradabilidad :

Datos no disponibles.

12.3 Potencial de bioacumulación :

Datos no disponibles.

12.4 Movilidad en el suelo :

Datos no disponibles.

<p>12.5 Valoración PBT y MPMB : Datos no disponibles.</p>
<p>12.6 Otros efectos adversos: Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no cabe esperar problemas ecológicos.</p>
<p>13. Consideraciones relativas a la eliminación</p> <p>13.1 Métodos para el tratamiento de residuos: En la Unión Europea no están establecidas pautas homogéneas para la eliminación de residuos químicos, los cuales tienen carácter de residuos especiales, quedando sujetos su tratamiento y eliminación a los reglamentos internos de cada país. Por tanto, en cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.</p> <p>2001/573/CE: Decisión del Consejo, de 23 de julio de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos. Directiva 91/156/CEE del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos. En España: Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Publicada en BOE 22/04/98.</p> <p>ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Publicada en BOE 19/02/02.</p> <p>13.2 Envases contaminados: Los envases y embalajes contaminados de sustancias o preparados peligrosos, tendrán el mismo tratamiento que los propios productos contenidos.</p> <p>Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases. En España: Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de envases. Publicada en BOE 25/04/97.</p> <p>Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases. Publicado en BOE 01/05/98.</p>
<p>14. Información relativa al transporte</p> <p>Producto no peligroso según los criterios de la reglamentación de transporte.</p>
<p>15. Información Reglamentaria</p> <p>Sustancia incluida en Anexo V, Excepciones al Registro Obligatorio de acuerdo con el Reglamento (CE) n° 1907/2006 (REACH)</p>

16. Otra información

Versión y fecha de revisión: 5 04.04.2016

Fecha de edición: 15.09.2011

Respecto a la revisión anterior, se han producido cambios en los apartados: 16

Los datos consignados en la presente Ficha de Datos de Seguridad, están basados en nuestros actuales conocimientos, teniendo como único objeto informar sobre aspectos de seguridad y no garantizándose las propiedades y características en ella indicadas.

Fuente: [18]

ANEXO B: NORMA ASTM B117



Designation: B117 – 11

Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus¹

This standard is issued under the fixed designation B117; 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 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 the standard. The values given in parentheses are for information only.

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:*²

[B368](#) Test Method for Copper-Accelerated Acetic Acid-Salt Spray (Fog) Testing (CASS Test)

[D609](#) Practice for Preparation of Cold-Rolled Steel Panels for Testing Paint, Varnish, Conversion Coatings, and Related Coating Products

[D1193](#) Specification for Reagent Water

[D1654](#) Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments

[E70](#) Test Method for pH of Aqueous Solutions With the Glass Electrode

[E691](#) Practice for Conducting an Interlaboratory Study to

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 Oct. 1, 2011. Published November 2011. Originally approved¹ in 1939. Last previous edition approved in 2009 as B117-09. DOI: 10.1520/B0117-11.

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 the ASTM website.

[Determine the Precision of a Test Method
G85 Practice for Modified Salt Spray \(Fog\) Testing](#)

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 D1193 (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). This does not apply to running tap water. All other water will be referred to as reagent grade.

5. Test Specimens

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

6. Preparation of Test Specimens

6.1 Specimens shall be suitably cleaned. The cleaning method shall be optional depending on the nature of the surface and the contaminants. Care shall be taken that specimens are not recontaminated after cleaning by excessive or careless handling.

6.2 Specimens for the evaluation of paints and other organic coatings shall be prepared in accordance with applicable specification(s) for the material(s) being exposed, or as agreed upon between the purchaser and the supplier. Otherwise, the test specimens shall consist of steel meeting the requirements of Practice D609 and shall be cleaned and prepared for coating in accordance with the applicable procedure of Practice D609.

6.3 Specimens coated with paints or nonmetallic coatings shall not be cleaned or handled excessively prior to test.

6.4 Whenever it is desired to determine the development of corrosion from an abraded area in the paint or organic coating, a scratch or scribed line shall be made through the coating with a sharp instrument so as to expose the underlying metal before testing. The conditions of making the scratch shall be as defined in Test Method D1654, unless otherwise agreed upon between the purchaser and the seller.

6.5 Unless otherwise specified, the cut edges of plated, coated, or duplex materials and areas containing identification marks or in contact with the racks or supports shall be protected with a suitable coating stable under the conditions of the practice.

NOTE 1—Should it be desirable to cut test specimens from parts or from preplated, painted, or otherwise coated steel sheet, the cut edges shall be protected by coating them with paint, wax, tape, or other effective media so that the development of a galvanic effect between such edges and the adjacent plated or otherwise coated metal surfaces, is prevented.

7. Position of Specimens During Exposure

7.1 The position of the specimens in the salt spray chamber during the test shall be such that the following conditions are met:

7.1.1 Unless otherwise specified, the specimens shall be supported or suspended between 15 and 30° from the vertical and preferably parallel to the principal direction of flow of fog through the chamber, based upon the dominant surface being tested.

7.1.2 The specimens shall not contact each other or any metallic material or any material capable of acting as a wick.

7.1.3 Each specimen shall be placed to permit unencumbered exposure to the fog.

7.1.4 Salt solution from one specimen shall not drip on any other specimen.

NOTE 2—Suitable materials for the construction or coating of racks and supports are glass, rubber, plastic, or suitably coated wood. Bare metal shall not be used. Specimens shall preferably be supported from the bottom or the side. Slotted wooden strips are suitable for the support of flat panels. Suspension from glass hooks or waxed string may be used as long as the specified position of the specimens is obtained, if necessary by means of secondary support at the bottom of the specimens.

8. Salt Solution

8.1 The salt solution shall be prepared by dissolving 5 ± 1 parts by mass of sodium chloride in 95 parts of water conforming to Type IV water in Specification D1193 (except that for this practice limits for chlorides and sodium may be ignored). Careful attention should be given to the chemical content of the salt. The salt used shall be sodium chloride with not more than 0.3 % by mass of total impurities. Halides (Bromide, Fluoride, and Iodide) other than Chloride shall constitute less than 0.1 % by mass of the salt content. Copper content shall be less than 0.3 ppm by mass. Sodium chloride that has had anti-caking agents added shall not be used because such agents may act as corrosion inhibitors. See Table 1 for a listing of these impurity restrictions. Upon agreement between the purchaser and the seller, analysis may be required and limits established for elements or compounds not specified in the chemical composition given above.

8.2 The pH of the salt solution shall be such that when atomized at 35°C (95°F) the collected solution will be in the pH range from 6.5 to 7.2 (Note 3). Before the solution is atomized it shall be free of suspended solids (Note 4). The pH measurement shall be made at $23 \pm 3^\circ\text{C}$ ($73 \pm 5^\circ\text{F}$) using a suitable glass pH-sensing electrode, reference electrode, and pH meter system in accordance with Test Method E70. pH measurement shall be recorded once daily (except on weekends, or holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir. The maximum interval between pH measurements shall not exceed 96 h). Only diluted, reagent grade hydrochloric acid (HCl) or reagent grade sodium hydroxide (NaOH) shall be used to adjust the pH.

NOTE 3—Temperature affects the pH of a salt solution prepared from water saturated with carbon dioxide at room temperature and pH adjustment may be made by the following three methods:

(1) When the pH of a salt solution is adjusted at room temperature, and atomized at 35°C (95°F), the pH of the collected solution will be higher than the original solution due to the loss of carbon dioxide at the higher temperature. When the pH of the salt solution is adjusted at room temperature, it is therefore necessary to adjust it below 6.5 so the collected solution after atomizing at 35°C (95°F) will meet the pH limits of 6.5 to 7.2. Take about a 50-ml. sample of the salt solution as prepared at room temperature, boil gently for 30 s, cool, and determine the pH. When the pH of the salt solution is adjusted to 6.5 to 7.2 by this procedure, the pH of the atomized and collected solution at 35°C (95°F) will come within this range.

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

TABLE 1 Maximum Allowable Limits for Impurity Levels in Sodium Chloride^{A,B,C}

NOTE 1—A measurable limit for anti-caking agents is not being defined as a result of how salt is manufactured. During salt manufacturing, it is common practice to create salt slurry from the raw salt mined. A crystallization process then captures the pure salt from this slurry. Some naturally occurring anti-caking agents can be formed in this process and are not removed from the resultant product. Avoid salt products where extra anti-caking agents are added. Additionally, when doing an elemental analysis of salt, there can be trace elements present that are either a stand-alone element or part of an anti-caking agent. It is not economically feasible to know where such elements came from due to the long list of possible anti-caking agents for which there would have to be testing. Therefore, a salt product that meets the impurity, halide, and copper limits with no anti-caking agents added will be acceptable. The salt supplier can provide an analysis of the salt with a statement indicating that anti-caking agents were not added to the product.

Impurity Description	Allowable Amount
Total Impurities	≤ 0.3 %
Halides (Bromide, Fluoride and Iodide) excluding Chloride	< 0.1 %
Copper	< 0.3 ppm
Anti-caking Agents	None Added

^A A common formula used to calculate the amount of salt required by mass to achieve a 5 % salt solution of a known mass of water is:

$$0.053 \times \text{Mass of Water} = \text{Mass of NaCl required}$$

The mass of water is 1 g per 1 mL. To calculate the mass of salt required in grams to mix 1 L of a 5 % salt solution, multiply 0.053 by 1000 g (35.27 oz, the mass of 1 L of water). This formula yields a result of 53 g (1.87 oz) of NaCl required for each litre of water to achieve a 5 % salt solution by mass.

The 0.053 multiplier for the sodium chloride used above is derived by the following:

1000 g (mass of a full L of water) divided by 0.95 (water is only 95 % of the total mixture by mass) yields 1053 g.

This 1053 g is the total mass of the mixture of one L of water with a 5% sodium chloride concentration. 1053 g minus the original weight of the L of water, 1000 g, yields 53 g for the weight of the sodium chloride. 53 g of total sodium chloride divided by the original 1000 g of water yields a 0.053 multiplier for the sodium chloride.

As an example: to mix the equivalent of 200 L (52.83 gal) of 5 % sodium chloride solution, mix 10.6 kg (23.37 lb) of sodium chloride into 200 L (52.83 gal) of water. 200 L of water weighs 200 000 g. 200 000 g of water × 0.053 (sodium chloride multiplier) = 10 600 g of sodium chloride, or 10.6 kg.

^B In order to ensure that the proper salt concentration was achieved when mixing the solution, it is recommended that the solution be checked with either a salinometer hydrometer or specific gravity hydrometer. When using a salinometer hydrometer, the measurement should be between 4 and 6 % at 25°C (77°F).

^C If the purity of the salt used is >99.9%, then the limits for halides can be ignored. This is due to the fact that the halides cannot be ≥0.1% with a salt purity of >99.9%. If the salt used is of lower purity, then test for halides.

atomized at 35°C (95°F).

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

NOTE 4—The freshly prepared salt solution may be filtered or decanted before it is placed in the reservoir, or the end of the tube leading from the solution to the atomizer may be covered with a double layer of cheesecloth to prevent plugging of the nozzle.

NOTE 5—The pH can be adjusted by additions of dilute ACS reagent grade hydrochloric acid or sodium hydroxide solutions.

9. Air Supply

9.1 The compressed air supply to the Air Saturator Tower shall be free of grease, oil, and dirt before use by passing through well-maintained filters. (**NOTE 6**) This air should be maintained at a sufficient pressure at the base of the Air Saturator Tower to meet the suggested pressures of **Table 2** at the top of the Air Saturator Tower.

TABLE 2 Suggested Temperature and Pressure Guideline for the Top of the Air Saturator Tower for the Operation of a Test at 35°C (95°F)

Air Pressure, kPa	Temperature, °C	Air Pressure, psi	Temperature, °F
83	46	12	114
96	47	14	117
110	48	16	119
124	49	18	121

NOTE 6—The air supply may be freed from oil and dirt by passing it through a suitable oil/water extractor (that is commercially available) to stop any oil from reaching the Air Saturator Tower. Many oil/water extractors have an expiration indicator, proper preventive maintenance intervals should take these into account.

9.2 The compressed air supply to the atomizer nozzle or nozzles shall be conditioned by introducing it into the bottom of a tower filled with water. A common method of introducing the air is through an air dispersion device (**X1.4.1**). The level of the water must be maintained automatically to ensure adequate humidification. It is common practice to maintain the temperature in this tower between 46 and 49°C (114–121°F) to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure during the atomization process. **Table 2** shows the temperature, at different pressures, that are commonly used to offset the cooling effect of expansion to atmospheric pressure.

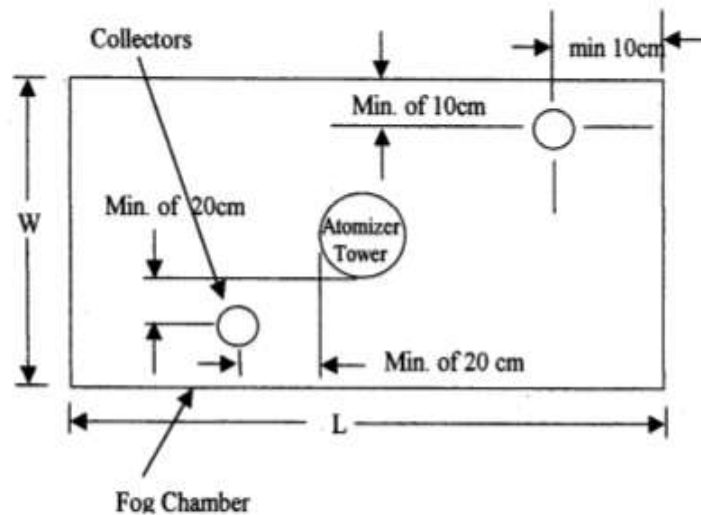
9.3 Careful attention should be given to the relationship of tower temperature to pressure since this relationship can have a direct impact to maintaining proper collection rates (**NOTE 7**). It is preferable to saturate the air at temperatures well above the chamber temperature as insurance of a wet fog as listed in **Table 2**.

NOTE 7—If the tower is run outside of these suggested temperature and pressure ranges to achieve proper collection rates as described in 10.2 of this practice, other means of verifying the proper corrosion rate in the chamber should be investigated, such as the use of control specimens (panels of known performance in the test conducted). It is preferred that control panels be provided that bracket the expected test specimen performance. The controls allow for the normalization of test conditions during repeated running of the test and will also allow comparisons of test results from different repeats of the same test. (Refer to **Appendix X3**, Evaluation of Corrosive Conditions, for mass loss procedures).

10. Conditions in the Salt Spray Chamber

10.1 **Temperature**—The exposure zone of the salt spray chamber shall be maintained at 35 ± 2°C (95 ± 3°F). Each set point and its tolerance represents an operational control point for equilibrium conditions at a single location in the cabinet which may not necessarily represent the uniformity of conditions throughout the cabinet. The temperature within the exposure zone of the closed cabinet shall be recorded (**NOTE 8**) at least once daily (except on Saturdays, Sundays, and holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir).

NOTE 8—A suitable method to record the temperature is by a continuous recording device or by a thermometer which can be read from outside the closed cabinet. The recorded temperature must be obtained with the salt spray chamber closed to avoid a false low reading because of wet-bulb effect when the chamber is open.



Non—This figure shows a typical fog collector arrangement for a single atomizer tower cabinet. The same fog collector arrangement is also applicable for multiple atomizer tower and horizontal ("T" type) atomizer tower cabinet constructions as well.

FIG. 1 Arrangement of Fog Collectors

10.2 *Atomization and Quantity of Fog*—Place at least two clean fog collectors per atomizer tower within the exposure zone so that no drops of solution will be collected from the test specimens or any other source. Position the collectors in the proximity of the test specimens, one nearest to any nozzle and the other farthest from all nozzles. A typical arrangement is shown in Fig. 1. The fog shall be such that for each 80 cm² (12.4 in.²) of horizontal collecting area, there will be collected from 1.0 to 2.0 mL of solution per hour based on an average run of at least 16 h (Note 9). The sodium chloride concentration of the collected solution shall be 5 ± 1 mass % (Notes 9-11). The pH of the collected solution shall be 6.5 to 7.2. The pH measurement shall be made as described in 8.2 (Note 3). Both sodium chloride concentration (measured as specific gravity) and volume of condensate collected (measured in mL) shall be recorded once daily (except on weekends, or holidays when the salt spray test is not interrupted for exposing, rearranging, or removing test specimens or to check and replenish the solution in the reservoir. The maximum interval between these data collection measurements shall not exceed 96 h).

Non 9—Suitable collecting devices are glass or plastic funnels with the stems inserted through stoppers into graduated cylinders, or crystallizing dishes. Funnels and dishes with a diameter of 10 cm (3.94 in.) have an area of about 80 cm² (12.4 in.²).

Non 10—The specific gravity of salt solution will change with temperature. Table 3 shows salt concentration and density versus temperature³ and can be used to determine if the sample measured is within

³ "Thermodynamic Properties of the NaCl + H₂O system II. Thermodynamic Properties of NaCl(aq), NaCl·2H₂O(cr), and Phase Equilibria," *Journal of Physics and Chemistry Reference Data*, Vol. 21, No. 4, 1992.

specification. The sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices within a single cabinet, if necessary, to obtain sufficient solution volume for measurement.

Table 3 shows the salt concentration and salt density of 4%, 5% and 6% salt solution between 20°C and 40°C. A measurement that falls within the range between 4% and 6% is acceptable.

It is important to understand the equipment being used to measure specific gravity. One common practice for specific gravity measurement is the use of a hydrometer. If used, careful attention to the hydrometer type is important as most are manufactured and calibrated for measurements at 15.6°C (60°F). Since salt density is temperature dependent, an offset will be necessary to make an accurate measurement at other temperatures. Contact the hydrometer manufacturer to find the proper offset for the hydrometer being used.

Non 11—Salt solutions from 2 to 6% will give the same results, though for uniformity the limits are set at 4 to 6%.

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

11. Continuity of Exposure

11.1 Unless otherwise specified in the specifications covering the material or product being tested, the test shall be continuous for the duration of the entire test period. Continuous operation implies that the chamber be closed and the spray operating continuously except for the short daily interruptions necessary to inspect, rearrange, or remove test specimens, to check and replenish the solution in the reservoir, and to make necessary recordings as described in Section 10.

Non 12—Operations should be so scheduled that the cumulative maximum time for these interruptions are held to 60 min or less per day. It is recommended to have only one interruption per day if possible. If interruption time is longer than 60 min, it should be noted in the test report.

TABLE 3 Temperature versus Density Data

Temperature °C (°F)	Density, g/cm ³		
	4-percent Salt Concentration	5-percent Salt Concentration	6-percent Salt Concentration
20 (68)	1.025758	1.032360	1.038867
21 (69.8)	1.025480	1.032067	1.038560
22 (71.6)	1.025193	1.031766	1.038245
23 (73.4)	1.024899	1.031458	1.037924
24 (75.2)	1.024596	1.031142	1.037596
25 (77)	1.024286	1.030819	1.037261
26 (78.8)	1.023969	1.030489	1.036919
27 (80.6)	1.023643	1.030152	1.036570
28 (82.4)	1.023311	1.029808	1.036215
29 (84.2)	1.022971	1.029457	1.035853
30 (86)	1.022624	1.029099	1.035485
31 (87.8)	1.022270	1.028735	1.035110
32 (89.6)	1.021910	1.028364	1.034729
33 (91.4)	1.021542	1.027986	1.034343
34 (93.2)	1.021168	1.027602	1.033950
35 (95)	1.020787	1.027212	1.033551
36 (96.8)	1.020399	1.026816	1.033146
37 (98.6)	1.020006	1.026413	1.032735
38 (100.4)	1.019605	1.026005	1.032319
39 (102.2)	1.019199	1.025590	1.031897
40 (104)	1.018786	1.025170	1.031469

12. Period of Exposure

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

NOTE 13—Recommended exposure periods are to be as agreed upon between the purchaser and the seller, but exposure periods of multiples of 24 h are suggested.

13. Cleaning of Tested Specimens

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

13.1.1 The specimens shall be carefully removed.

13.2 Specimens may be gently washed or dipped in clean running water not warmer than 38°C (100°F) to remove salt deposits from their surface, and then immediately dried.

14. Evaluation of Results

14.1 A careful and immediate examination shall be made as required by the specifications covering the material or product being tested or by agreement between the purchaser and the seller.

15. Records and Reports

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

15.1.1 Type of salt and water used in preparing the salt solution.

15.1.2 All readings of temperature within the exposure zone of the chamber.

15.1.3 Data obtained from each fog-collecting device of volume of salt solution collected in millilitres per hour per 80 cm² (12.4 in.²).

15.1.4 Concentration or specific gravity of collected solution and the temperature of that solution when measured. Follow Table 3 for salt concentration and density versus temperature to determine that the sample measured is within specification. Sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices (within a single cabinet), if necessary to obtain sufficient solution volume for measurement.

15.1.5 pH of collected solution at 23 ± 3°C (73 ± 5°F). Sample to be measured may be a composite sample from multiple fog-collecting devices (within a single cabinet), if necessary to obtain sufficient solution volume for measurement.

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

15.3 Method of cleaning specimens before and after testing,

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

15.5 Description of protection used as required in 6.5,

15.6 Exposure period,

15.7 Interruptions in exposure, cause, and length of time, and

15.8 Results of all inspections.

NOTE 14—If any of the atomized salt solution which has not contacted the test specimens is returned to the reservoir, it is advisable to record the concentration or specific gravity of this solution also.

16. Keywords

16.1 controlled corrosive environment; corrosive conditions; determining mass loss; salt spray (fog) exposure

ANEXO C: NORMA ASTM D



Designation: D 610 – 01

Steel Structures Painting Council
SSPC-VIS-2

Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces¹

This standard is issued under the fixed designation D 610; 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 test method 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.

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 D 610 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 test method 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 test method 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.

NOTE 1—The numerical rust grade scale is an exponential function of the area of rust. The rust grade versus area of rust is a straight line plot on semilogarithmic coordinate from rust grade 10 to rust grade 4. The slope of the curve was changed at 10 % of the area rusted to 100 % rusted to permit inclusion of complete rusting on the 0 to 10 rust scale.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

TABLE 1 Scale and Description of Rust Ratings

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 percent		None	

Rust Distribution Types:

S: Spot Rusting—Spot rusting occurs when the bulk of the rusting is concentrated in a few localized areas of the painted surface. The visual examples depicting this type of rusting are labeled 9-S thru 1-S (See Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3).

G: General Rusting—General rusting occurs when various size rust spots are randomly distributed across the surface. The visual examples depicting this type of rusting are labeled 9-G thru 1-G. (See Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3).

P: Pinpoint Rusting—Pinpoint rusting occurs when the rust is distributed across the surface as very small individual specks of rust. The visual examples depicting this type of rusting are labeled 9-P through 1-P. (See Fig. 1, Fig. 2, and Fig. 3).

H: Hybrid Rusting—An actual rusting surface may be a hybrid of the types of rust distribution depicted in the visual examples. In this case, report the total percent of rust to classify the surface. 9-H through 1-H.

5.4 Use percentage of surface area rusted to identify rust grade (see Table 1). Assign rust rating using rust grade of 0-10 followed by the type of rust distribution identified by *S* for spot, *G* for general, *P* for pinpoint or *H* for Hybrid.

5.5 The visual examples are not required for use of the rust-grade scale since the scale is based upon the percent of the area rusted and any method of assessing area rust may be used to determine the rust grade.

6. Report

- 6.1 Identify sample or area evaluated.
- 6.2 Report rust grade using rating of 0-10.

6.3 Report rust distribution using *S* for Spot, *G* for General, *P* for Pinpoint and *H* for Hybrid.

7. Precision and Bias

7.1 No precision or bias statement can be made for this test method.

8. Keywords

- 8.1 corrosion; rusting

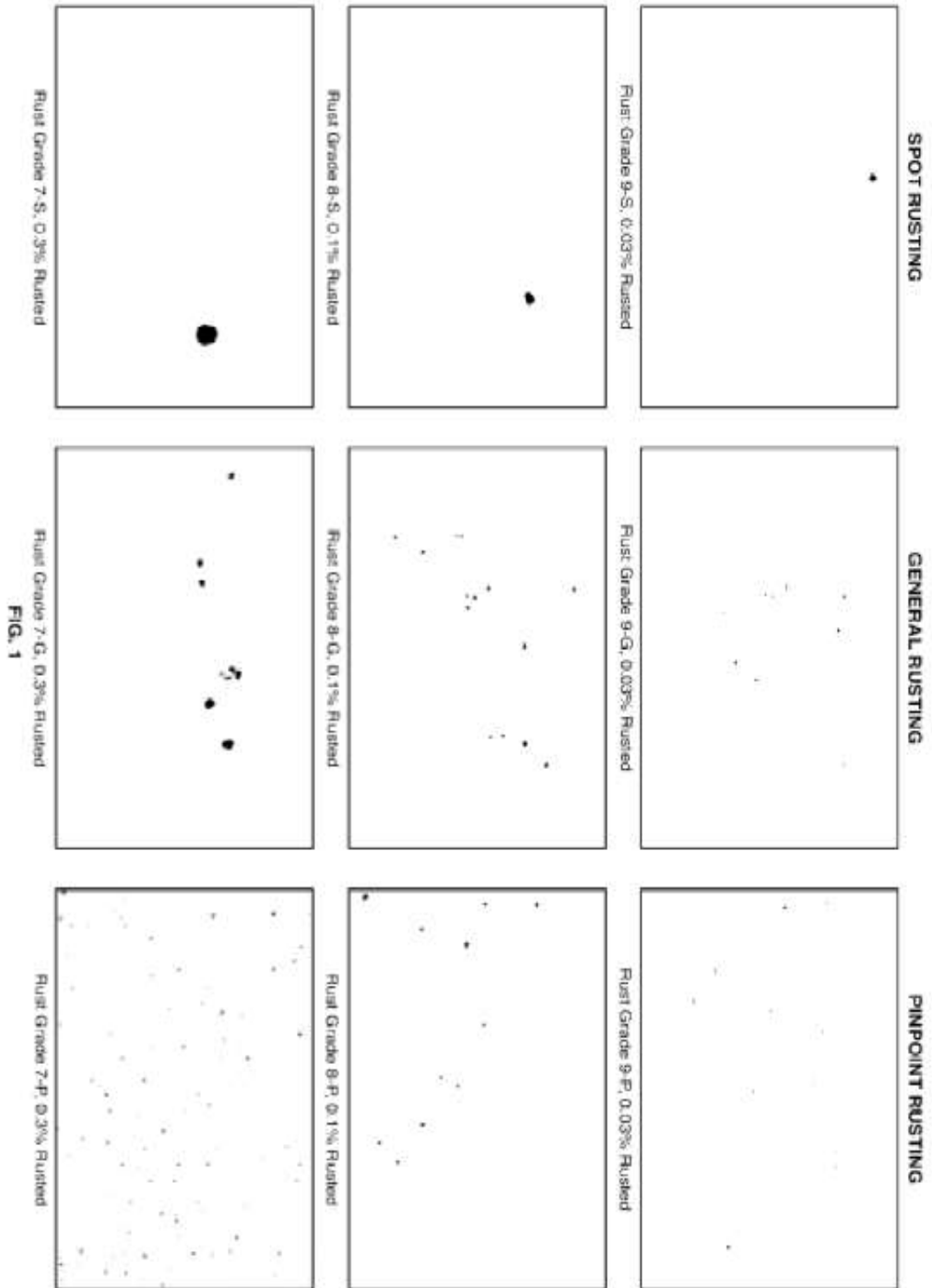


FIG. 1 Examples of Area Percentages

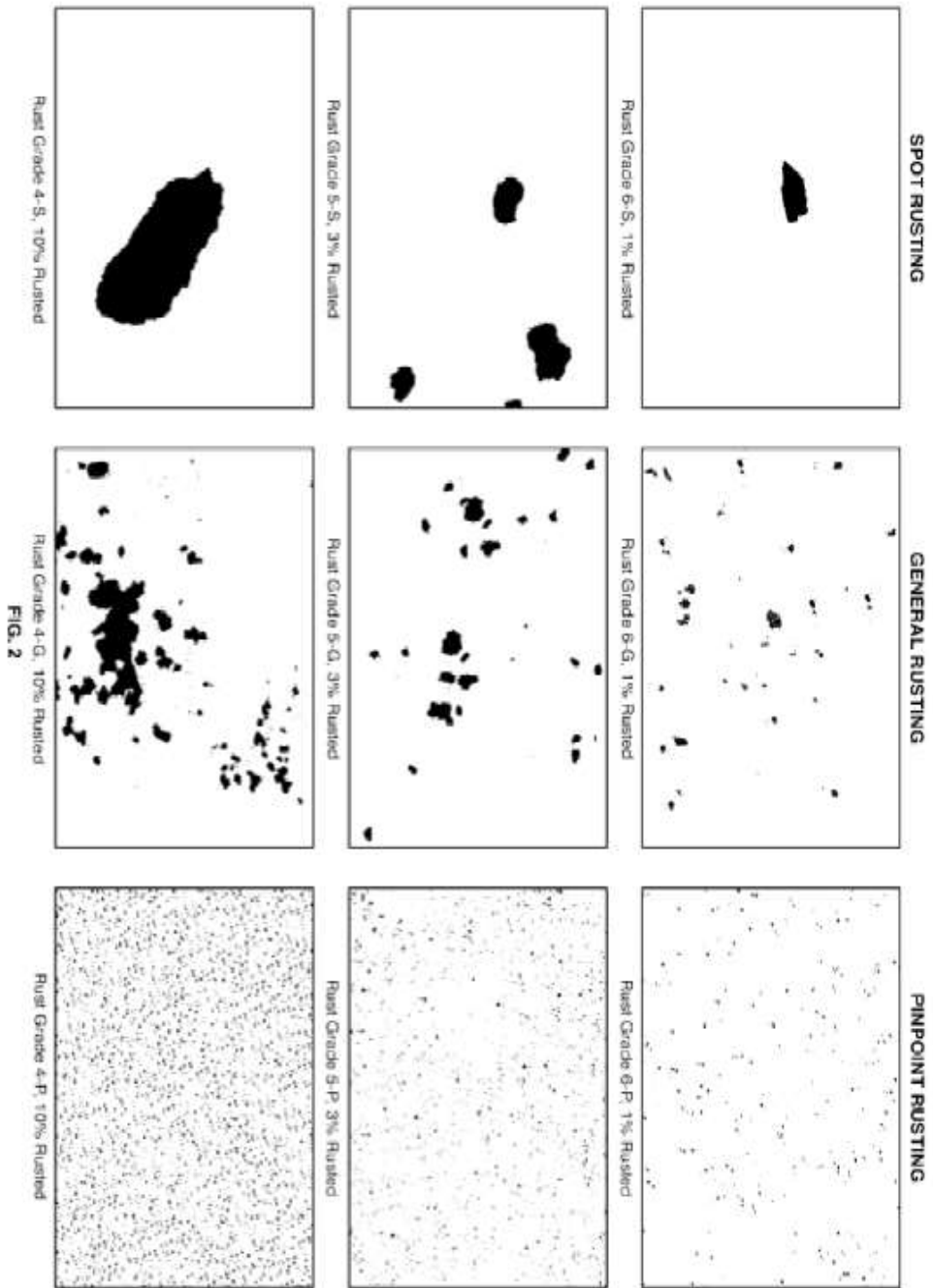


FIG. 2 Examples of Area Percentages

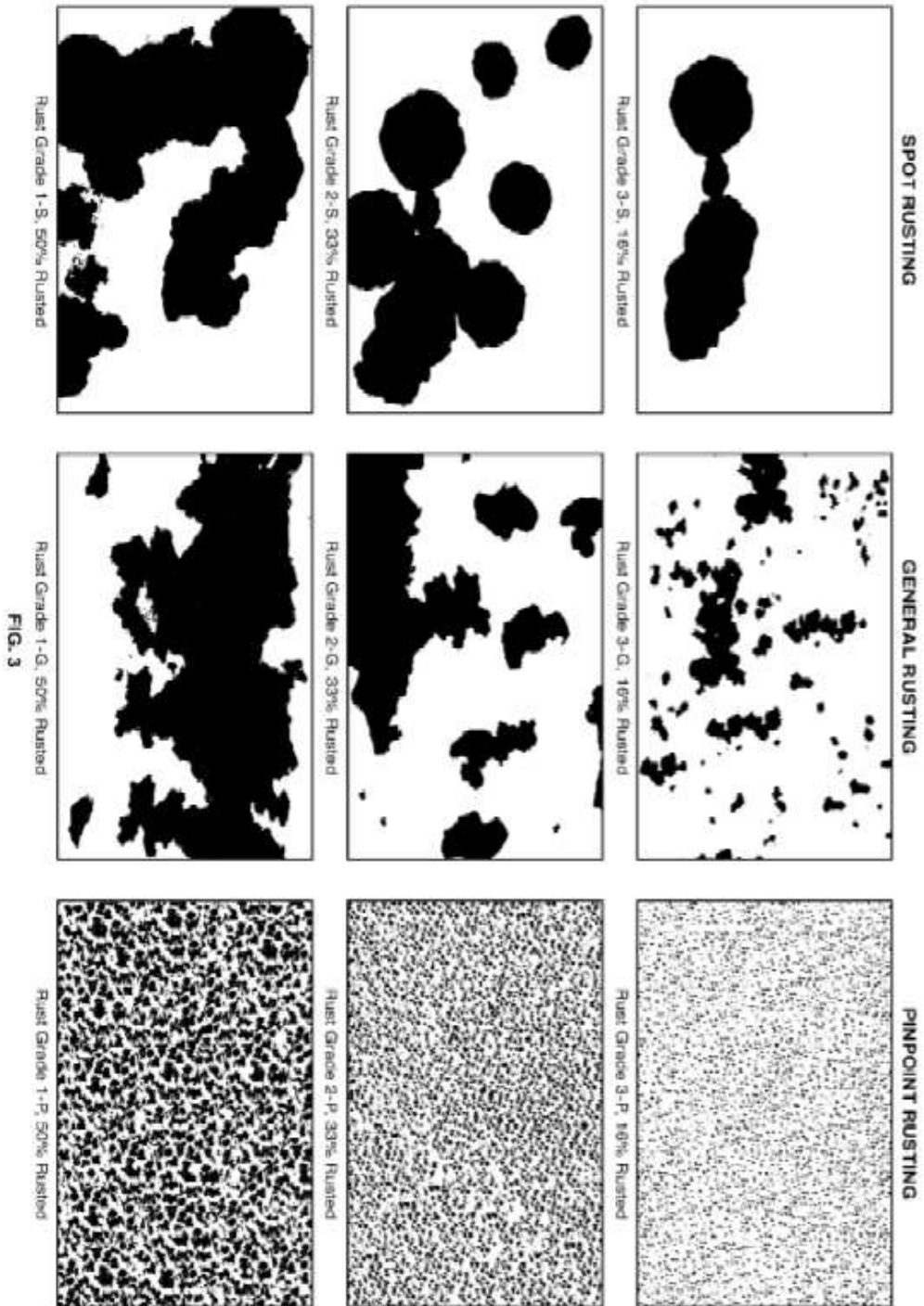
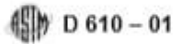


FIG. 3 Examples of Area Percentages



D 610 – 01

SUMMARY OF CHANGES

Committee D01 has identified the location of selected changes to this standard since the last date of issue that may impact the use of this standard.

- (1) This test method revised in 2001 to include the rust distribution information.
- (2) The visual examples were changed from nine pictorial representation to twenty-seven rust grade and rust distribution visual examples.
- (3) Previously numerical rust grade rating of 0-10 were used. Now rust grade of 0-10 are followed by rust distribution of *S*, *G*, *P* or *H*

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO D: NORMA ASTM G1

Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens¹

This standard is issued under the fixed designation G 1; 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 reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

ϵ^1 Note—Editorial corrections were made throughout in January 1999.

1. Scope

1.1 This practice covers suggested procedures for preparing bare, solid metal specimens for tests, for removing corrosion products after the test has been completed, and for evaluating the corrosion damage that has occurred. Emphasis is placed on procedures related to the evaluation of corrosion by mass loss and pitting measurements.

Note 1—**Caution:** In many cases the corrosion product on the reactive metals titanium and zirconium is a hard and tightly bonded oxide that defies removal by chemical or ordinary mechanical means. In many such cases, corrosion rates are established by mass gain rather than mass loss.

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. For specific precautionary statements, see Note 1 and Note 6.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 262 Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels²
- D 1193 Specification for Reagent Water³
- D 1384 Test Method for Corrosion Test for Engine Coolants in Glassware⁴
- D 2776 Test Methods for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer (Electrical Methods)³
- G 15 Terminology Relating to Corrosion and Corrosion Testing⁶
- G 16 Guide for Applying Statistics to Analysis of Corrosion Data⁶

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

Current edition approved March 30, 1990. Published May 1990. Originally published as G 1-67. Last previous edition G 1-88.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.01.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.05.

⁵ Discontinued—Replaced by Guide G 96. See 1990 Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.02.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.02.

- G 31 Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals⁶
- G 33 Practice for Recording Data from Atmospheric Corrosion Tests of Metallic-Coated Steel Specimens⁶
- G 46 Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion⁶
- G 50 Practice for Conducting Atmospheric Corrosion Tests on Metals⁶
- G 78 Guide for Crevice Corrosion Testing of Iron Base and Nickel Base Stainless Alloys in Seawater and Other Chloride-Containing Aqueous Environments⁶

3. Terminology

- 3.1 See Terminology G 15 for terms used in this practice.

4. Significance and Use

4.1 The procedures given are designed to remove corrosion products without significant removal of base metal. This allows an accurate determination of the mass loss of the metal or alloy that occurred during exposure to the corrosive environment.

4.2 These procedures, in some cases, may apply to metal coatings. However, possible effects from the substrate must be considered.

5. Reagents and Materials

5.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals shall be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society where such specifications are available.⁷ Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficiently high purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

5.2 *Purity of Water*—Unless otherwise indicated, references to water shall be understood to mean reagent water as defined by Type IV of Specification D 1193.

⁷ Reagent Chemicals, American Chemical Society Specifications, American Chemical Society, Washington, DC. For suggestions on the testing of reagents not listed by the American Chemical Society, see *Annual Standards for Laboratory Chemicals*, BDH Ltd., Poole, Dorset, U.K., and the *United States Pharmacopeia and National Formulary*, U.S. Pharmacopeial Convention, Inc. (USPC), Rockville, MD.

6.1 For laboratory corrosion tests that simulate exposure to service environments, a commercial surface, closely resembling the one that would be used in service, will yield the most meaningful results.

6.2 It is desirable to mark specimens used in corrosion tests with a unique designation during preparation. Several techniques may be used depending on the type of specimen and test.

6.2.1 *Stencil or Stamp*—Most metallic specimens may be marked by stenciling, that is, imprinting the designation code into the metal surface using hardened steel stencil stamps hit with a hammer. The resulting imprint will be visible even after substantial corrosion has occurred. However, this procedure introduces localized strained regions and the possibility of superficial iron contamination in the marked area.

6.2.2 Electric engraving by means of a vibratory marking tool may be used when the extent of corrosion damage is known to be small. However, this approach to marking is much more susceptible to having the marks lost as a result of corrosion damage during testing.

6.2.3 Edge notching is especially applicable when extensive corrosion and accumulation of corrosion products is anticipated. Long term atmospheric tests and sea water immersion tests on steel alloys are examples where this approach is applicable. It is necessary to develop a code system when using edge notches.

6.2.4 Drilled holes may also be used to identify specimens when extensive metal loss, accumulation of corrosion products, or heavy scaling is anticipated. Drilled holes may be simpler and less costly than edge notching. A code system must be developed when using drilled holes. Punched holes should not be used as they introduce residual strain.

6.2.5 When it is undesirable to deform the surface of specimens after preparation procedures, for example, when testing coated surfaces, tags may be used for specimen identification. A metal or plastic wire can be used to attach the tag to the specimen and the specimen identification can be stamped on the tag. It is important to ensure that neither the tag nor the wire will corrode or degrade in the test environment. It is also important to be sure that there are no galvanic interactions between the tag, wire, and specimen.

6.3 For more searching tests of either the metal or the environment, standard surface finishes may be preferred. A suitable procedure might be:

6.3.1 Degrease in an organic solvent or hot alkaline cleaner. (See also Practice G 31.)

NOTE 2—Hot alkalis and chlorinated solvents may attack some metals.

NOTE 3—Ultrasonic cleaning may be beneficial in both pre-test and post-test cleaning procedures.

6.3.2 Pickle in an appropriate solution if oxides or tarnish are present. In some cases the chemical cleaners described in Section 6 will suffice.

NOTE 4—Pickling may cause localized corrosion on some materials.

6.3.3 Abrade with a slurry of an appropriate abrasive or with an abrasive paper (see Practices A 262 and Test Method D 1384). The edges as well as the faces of the specimens

6.3.4 Rinse thoroughly, hot air dry, and store in desiccator.

6.4 When specimen preparation changes the metallurgical condition of the metal, other methods should be chosen or the metallurgical condition must be corrected by subsequent treatment. For example, shearing a specimen to size will cold work and may possibly fracture the edges. Edges should be machined.

6.5 The clean, dry specimens should be measured and weighed. Dimensions determined to the third significant figure and mass determined to the fifth significant figure are suggested. When more significant figures are available on the measuring instruments, they should be recorded.

7. Methods for Cleaning After Testing

7.1 Corrosion product removal procedures can be divided into three general categories: mechanical, chemical, and electrolytic.

7.1.1 An ideal procedure should remove only corrosion products and not result in removal of any base metal. To determine the mass loss of the base metal when removing corrosion products, replicate uncorroded control specimens should be cleaned by the same procedure being used on the test specimen. By weighing the control specimen before and after cleaning, the extent of metal loss resulting from cleaning can be utilized to correct the corrosion mass loss.

NOTE 5—It is desirable to scrape samples of corrosion products before using any chemical techniques to remove them. These scrapings can then be subjected to various forms of analyses, including perhaps X-ray diffraction to determine crystal forms as well as chemical analyses to look for specific corrodants, such as chlorides. All of the chemical techniques that are discussed in Section 7 tend to destroy the corrosion products and thereby lose the information contained in these corrosion products. Care may be required so that uncorroded metal is not removed with the corrosion products.

7.1.2 The procedure given in 7.1.1 may not be reliable when heavily corroded specimens are to be cleaned. The application of replicate cleaning procedures to specimens with corroded surfaces will often, even in the absence of corrosion products, result in continuing mass losses. This is because a corroded surface, particularly of a multiphase alloy, is often more susceptible than a freshly machined or polished surface to corrosion by the cleaning procedure. In such cases, the following method of determining the mass loss due to the cleaning procedure is preferred.

7.1.2.1 The cleaning procedure should be repeated on specimens several times. The mass loss should be determined after each cleaning by weighing the specimen.

7.1.2.2 The mass loss should be graphed as a function of the number of equal cleaning cycles as shown in Fig. 1. Two lines will be obtained: AB and BC. The latter will correspond to corrosion of the metal after removal of corrosion products. The mass loss due to corrosion will correspond approximately to point B.

7.1.2.3 To minimize uncertainty associated with corrosion of the metal by the cleaning method, a method should be chosen to provide the lowest slope (near to horizontal) of line BC.

7.1.3 Repeated treatment may be required for complete

6. Methods for Preparing Specimens for Test

6.1 For laboratory corrosion tests that simulate exposure to service environments, a commercial surface, closely resembling the one that would be used in service, will yield the most meaningful results.

6.2 It is desirable to mark specimens used in corrosion tests with a unique designation during preparation. Several techniques may be used depending on the type of specimen and test.

6.2.1 *Stencil or Stamp*—Most metallic specimens may be marked by stenciling, that is, imprinting the designation code into the metal surface using hardened steel stencil stamps hit with a hammer. The resulting imprint will be visible even after substantial corrosion has occurred. However, this procedure introduces localized strained regions and the possibility of superficial iron contamination in the marked area.

6.2.2 Electric engraving by means of a vibratory marking tool may be used when the extent of corrosion damage is known to be small. However, this approach to marking is much more susceptible to having the marks lost as a result of corrosion damage during testing.

6.2.3 Edge notching is especially applicable when extensive corrosion and accumulation of corrosion products is anticipated. Long term atmospheric tests and sea water immersion tests on steel alloys are examples where this approach is applicable. It is necessary to develop a code system when using edge notches.

6.2.4 Drilled holes may also be used to identify specimens when extensive metal loss, accumulation of corrosion products, or heavy scaling is anticipated. Drilled holes may be simpler and less costly than edge notching. A code system must be developed when using drilled holes. Punched holes should not be used as they introduce residual strain.

6.2.5 When it is undesirable to deform the surface of specimens after preparation procedures, for example, when testing coated surfaces, tags may be used for specimen identification. A metal or plastic wire can be used to attach the tag to the specimen and the specimen identification can be stamped on the tag. It is important to ensure that neither the tag nor the wire will corrode or degrade in the test environment. It is also important to be sure that there are no galvanic interactions between the tag, wire, and specimen.

6.3 For more searching tests of either the metal or the environment, standard surface finishes may be preferred. A suitable procedure might be:

6.3.1 Degrease in an organic solvent or hot alkaline cleaner. (See also Practice G 31.)

Note 2—Hot alkalis and chlorinated solvents may attack some metals.

Note 3—Ultrasonic cleaning may be beneficial in both pre-test and post-test cleaning procedures.

6.3.2 Pickle in an appropriate solution if oxides or tarnish are present. In some cases the chemical cleaners described in Section 6 will suffice.

Note 4—Pickling may cause localized corrosion on some materials.

6.3.3 Abrade with a slurry of an appropriate abrasive or with an abrasive paper (see Practices A 262 and Test Method D 1384). The edges as well as the faces of the specimens

should be abraded to remove burrs.

6.3.4 Rinse thoroughly, hot air dry, and store in desiccator.

6.4 When specimen preparation changes the metallurgical condition of the metal, other methods should be chosen or the metallurgical condition must be corrected by subsequent treatment. For example, shearing a specimen to size will cold work and may possibly fracture the edges. Edges should be machined.

6.5 The clean, dry specimens should be measured and weighed. Dimensions determined to the third significant figure and mass determined to the fifth significant figure are suggested. When more significant figures are available on the measuring instruments, they should be recorded.

7. Methods for Cleaning After Testing

7.1 Corrosion product removal procedures can be divided into three general categories: mechanical, chemical, and electrolytic.

7.1.1 An ideal procedure should remove only corrosion products and not result in removal of any base metal. To determine the mass loss of the base metal when removing corrosion products, replicate uncorroded control specimens should be cleaned by the same procedure being used on the test specimen. By weighing the control specimen before and after cleaning, the extent of metal loss resulting from cleaning can be utilized to correct the corrosion mass loss.

Note 5—It is desirable to scrape samples of corrosion products before using any chemical techniques to remove them. These scrapings can then be subjected to various forms of analyses, including perhaps X-ray diffraction to determine crystal forms as well as chemical analyses to look for specific corrodants, such as chlorides. All of the chemical techniques that are discussed in Section 7 tend to destroy the corrosion products and thereby lose the information contained in these corrosion products. Care may be required so that uncorroded metal is not removed with the corrosion products.

7.1.2 The procedure given in 7.1.1 may not be reliable when heavily corroded specimens are to be cleaned. The application of replicate cleaning procedures to specimens with corroded surfaces will often, even in the absence of corrosion products, result in continuing mass losses. This is because a corroded surface, particularly of a multiphase alloy, is often more susceptible than a freshly machined or polished surface to corrosion by the cleaning procedure. In such cases, the following method of determining the mass loss due to the cleaning procedure is preferred.

7.1.2.1 The cleaning procedure should be repeated on specimens several times. The mass loss should be determined after each cleaning by weighing the specimen.

7.1.2.2 The mass loss should be graphed as a function of the number of equal cleaning cycles as shown in Fig. 1. Two lines will be obtained: AB and BC. The latter will correspond to corrosion of the metal after removal of corrosion products. The mass loss due to corrosion will correspond approximately to point B.

7.1.2.3 To minimize uncertainty associated with corrosion of the metal by the cleaning method, a method should be chosen to provide the lowest slope (near to horizontal) of line BC.

7.1.3 Repeated treatment may be required for complete

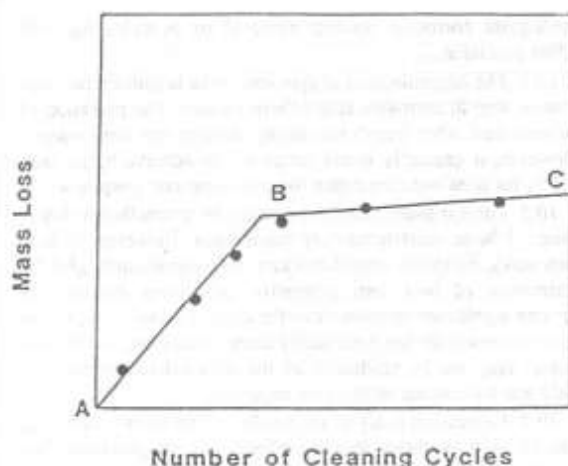


FIG. 1 Mass Loss of Corroded Specimens Resulting from Repetitive Cleaning Cycles

removal of corrosion products. Removal can often be confirmed by examination with a low power microscope (for example, 7× to 30×). This is particularly useful with pitted surfaces when corrosion products may accumulate in pits. This repeated treatment may also be necessary because of the requirements of 7.1.2.1. Following the final treatment, the specimens should be thoroughly rinsed and immediately dried.

7.1.4 All cleaning solutions shall be prepared with water and reagent grade chemicals.

7.2 Chemical procedures involve immersion of the corrosion test specimen in a specific solution that is designed to remove the corrosion products with minimal dissolution of any base metal. Several procedures are listed in Table A1.1. The choice of chemical procedure to be used is partly a matter of trial and error to establish the most effective method for a specific metal and type of corrosion product scale.

NOTE 6—Caution: These methods may be hazardous to personnel.

7.2.1 Chemical cleaning is often preceded by light brushing (non metallic bristle) or ultrasonic cleaning of the test specimen to remove loose, bulky corrosion products.

7.2.2 Intermittent removal of specimens from the cleaning solution for light brushing or ultrasonic cleaning can often facilitate the removal of tightly adherent corrosion products.

7.2.3 Chemical cleaning is often followed by light brushing or ultrasonic cleaning in reagent water to remove loose products.

7.3 Electrolytic cleaning can also be utilized for removal of corrosion products. Several useful methods for corrosion test specimens of iron, cast iron, or steel are given in Table A2.1.

7.3.1 Electrolytic cleaning should be preceded by brushing or ultrasonic cleaning of the test specimen to remove loose, bulky corrosion products. Brushing or ultrasonic cleaning should also follow the electrolytic cleaning to remove any loose slime or deposits. This will help to minimize any redeposition of metal from reducible corrosion products that would reduce the apparent mass loss.

7.4 Mechanical procedures can include scraping, scrubbing, brushing, ultrasonic cleaning, mechanical shocking, and im-

pect blasting (for example, grit blasting, water-jet blasting, and so forth). These methods are often utilized to remove heavily encrusted corrosion products. Scrubbing with a nonmetallic bristle brush and a mild abrasive-distilled water slurry can also be used to remove corrosion products.

7.4.1 Vigorous mechanical cleaning may result in the removal of some base metal; therefore, care should be exercised. These should be used only when other methods fail to provide adequate removal of corrosion products. As with other methods, correction for metal loss due to the cleaning method is recommended. The mechanical forces used in cleaning should be held as nearly constant as possible.

8. Assessment of Corrosion Damage

8.1 The initial total surface area of the specimen (making corrections for the areas associated with mounting holes) and the mass lost during the test are determined. The average corrosion rate may then be obtained as follows:

$$\text{Corrosion Rate} = (K \times W)/(A \times T \times D) \quad (1)$$

where:

K = a constant (see 8.1.2),

T = time of exposure in hours,

A = area in cm^2 ,

W = mass loss in grams, and

D = density in g/cm^3 (see Appendix XI).

8.1.1 Corrosion rates are not necessarily constant with time of exposure. See Practice G 31 for further guidance.

8.1.2 Many different units are used to express corrosion rates. Using the units in 7.1 for T , A , W , and D , the corrosion rate can be calculated in a variety of units with the following appropriate value of K :

Corrosion Rate Units Desired	Constant (K) in Corrosion Rate Equation
mils per year (mpy)	3.45×10^6
inches per year (ipy)	3.45×10^8
inches per month (ipm)	2.87×10^7
millimeters per year (mm/y)	8.76×10^4
micrometers per year ($\mu\text{m}/\text{y}$)	8.76×10^7
picometers per second (pm/s)	2.78×10^8
grams per square meter per hour ($\text{g}/\text{m}^2\text{-h}$)	$1.00 \times 10^4 \times D$
milligrams per square decimeter per day (mdd)	$2.40 \times 10^6 \times D$
micrograms per square meter per second ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-s}$)	$2.78 \times 10^6 \times D$

NOTE 7—If desired, these constants may also be used to convert corrosion rates from one set of units to another. To convert a corrosion rate in units X to a rate in units Y , multiply by K_Y/K_X ; for example:

$$15 \text{ mpy} = 15 \times (2.78 \times 10^6)/(3.45 \times 10^6) \text{ pm/s} \quad (2)$$

8.2 Corrosion rates calculated from mass losses can be misleading when deterioration is highly localized, as in pitting or crevice corrosion. If corrosion is in the form of pitting, it may be measured with a depth gage or micrometer calipers with pointed anvils (see Guide G 46). Microscopical methods will determine pit depth by focusing from top to bottom of the pit when it is viewed from above (using a calibrated focusing knob) or by examining a section that has been mounted and metallographically polished. The pitting factor is the ratio of the deepest metal penetration to the average metal penetration (as measured by mass loss).

NOTE 8—See Guide G 46 for guidance in evaluating depths of pitting.

NOTE 9—See Guide G 78 for guidance in evaluating crevice corrosion.

8.3 Other methods of assessing corrosion damage are:

8.3.1 *Appearance*—The degradation of appearance by rusting, tarnishing, or oxidation. (See Practice G 33.)

8.3.2 *Mechanical Properties*—An apparent loss in tensile strength will result if the cross-sectional area of the specimen (measured before exposure to the corrosive environment) is reduced by corrosion. (See Practice G 50.) Loss in tensile strength will result if a compositional change, such as dealloying taking place. Loss in tensile strength and elongation will result from localized attack, such as cracking or intergranular corrosion.

8.3.3 *Electrical Properties*—Loss in electrical conductivity can be measured when metal loss results from uniform corrosion. (See Test Methods D 2776.)

8.3.4 *Microscopical Examination*—Dealloying, exfoliation, cracking, or intergranular attack may be detected by metallographic examination of suitably prepared sections.

9. Report

9.1 The report should include the compositions and sizes of specimens, their metallurgical conditions, surface preparations, and cleaning methods as well as measures of corrosion damage, such as corrosion rates (calculated from mass losses), maximum depths of pitting, or losses in mechanical properties.

10. Precision and Bias

10.1 The factors that can produce errors in mass loss measurement include improper balance calibration and standardization. Generally, modern analytical balances can determine mass values to ± 0.2 mg with ease and balances are available that can obtain mass values to ± 0.02 mg. In general, mass measurements are not the limiting factor. However,

inadequate corrosion product removal or overcleaning will affect precision.

10.2 The determination of specimen area is usually the least precise step in corrosion rate determinations. The precision of calipers and other length measuring devices can vary widely. However, it generally is not necessary to achieve better than $\pm 1\%$ for area measurements for corrosion rate purposes.

10.3 The exposure time can usually be controlled to better than $\pm 1\%$ in most laboratory procedures. However, in field exposures, corrosive conditions can vary significantly and the estimation of how long corrosive conditions existed can present significant opportunities for error. Furthermore, corrosion processes are not necessarily linear with time, so that rate values may not be predictive of the future deterioration, but only are indications of the past exposure.

10.4 Regression analysis on results, as are shown in Fig. 1, can be used to obtain specific information on precision. See Guide G 16 for more information on statistical analysis.

10.5 Bias can result from inadequate corrosion product removal or metal removal caused by overcleaning. The use of repetitive cleaning steps, as shown in Fig. 1, can minimize both of these errors.

10.5.1 Corrosion penetration estimations based on mass loss can seriously underestimate the corrosion penetration caused by localized processes, such as pitting, cracking, crevice corrosion, and so forth.

11. Keywords

11.1 cleaning; corrosion product removal; evaluation; mass loss; metals; preparation; specimens

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

XI. DENSITIES FOR A VARIETY OF METALS AND ALLOYS

TABLE X1.1 DENSITIES FOR A VARIETY OF METALS AND ALLOYS

NOTE 1—All UNS numbers that include the letter X indicate a series of numbers under one category.

NOTE 2—An asterisk indicates that a UNS number not available.

Aluminum Alloys		
UNS Number	Alloy	Density g/cm ³
A91100	1100	2.71
A91199	1199	2.70
A92024	2024	2.78
A92219	2219	2.84
A93003	3003	2.73
A93004	3004	2.72
A95005	5005	2.70
A95050	5050	2.69
A95052	5052	2.68
A95083	5083	2.66
A95086	5086	2.66
A95154	5154	2.66
A95357	5357	2.69
A95454	5454	2.69
A95456	5456	2.68
A96081	6081	2.70
*	8082	2.70
A96070	6070	2.71
A96101	6101	2.70
A97075	7075	2.81
A97079	7079	2.79
A97178	7178	2.83
Stainless Steels		
S20100	Type 201	7.94
S20200	Type 202	7.94
S30200	Type 302	7.94
S30400	Type 304	7.94
S30403	Type 304L	7.94
S30900	Type 309	7.98
S31000	Type 310	7.98
S31100	Type 311	7.98
S31600	Type 316	7.98
S31603	Type 316L	7.98
S31700	Type 317	7.98
S32100	Type 321	7.94
S32900	Type 329	7.98
N08300	Type 330	7.98
S34700	Type 347	8.03
S41000	Type 410	7.70
S43000	Type 430	7.72
S44600	Type 446	7.65
S50200	Type 502	7.82
Other Ferrous Metals		
F1XXXX	Gray cast iron	7.20
GXXXXX-KXXXXX	Carbon steel	7.86

TABLE X1.1 Continued

Aluminum Alloys		
UNS Number	Alloy	Density g/cm ³
*	Silicon iron	7.00
KXXXXX	Low alloy steels	7.85
Copper Alloys		
C38600	Copper	8.94
C23000	Red brass 230	8.76
C26000	Cartridge brass 260	8.52
C28000	Muntz metal 280	8.39
*	Admiralty 442	8.52
C44300	Admiralty 443	8.52
C44400	Admiralty 444	8.52
C44500	Admiralty 445	8.52
C68700	Aluminum brass 687	8.33
C22000	Commercial bronze 220	8.80
C60800	Aluminum bronze, 5% 608	8.16
*	Aluminum bronze, 8% 612	7.78
*	Composition M	8.45
*	Composition G	8.77
C51000	Phosphor bronze, 5% 510	8.86
C52400	Phosphor bronze, 10% 524	8.77
*	85-5-5-5	8.80
C65500	Silicon bronze 655	8.52
C70600	Copper nickel 706	8.94
C71000	Copper nickel 710	8.94
C71500	Copper nickel 715	8.94
C75200	Nickel silver 752	8.75
Lead		
L53305-53405	Antimonial	10.80
L5XXXX	Chemical	11.33
Nickel Alloys		
N02200	Nickel 200	8.89
N04400	Nickel copper 400	8.94
N06600	Nickel chromium iron alloy 600	8.51
N06625	Nickel chromium molybdenum alloy 625	8.14
N06825	Iron nickel chromium alloy 825	8.14
N08020	Iron nickel chromium alloy 20 Cb-3	8.08
*	Iron nickel chromium cast alloy 20	8.02
N10665	Nickel molybdenum alloy 82	9.2
N10276	Nickel chromium molybdenum alloy C-276	8.8
N06985	Nickel chromium molybdenum alloy G-3	8.3
Other Metals		
M1XXXX	Magnesium	1.74
R03600	Molybdenum	10.22
P04980	Platinum	21.45
P07016	Silver	10.49
R05200	Tantalum	16.60
L13002	Tin	7.30
R50250	Titanium	4.54
Z13001	Zinc	7.13
R6001	Zirconium	6.53

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19429.

ANEXO E: NORMA ASTM E178



Standard Practice for Dealing With Outlying Observations¹

This standard is issued under the fixed designation E 178; 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 reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

1. Scope

1.1 This practice covers outlying observations in samples and how to test the statistical significance of them. An outlying observation, or "outlier," is one that appears to deviate markedly from other members of the sample in which it occurs. In this connection, the following two alternatives are of interest:

1.1.1 An outlying observation may be merely an extreme manifestation of the random variability inherent in the data. If this is true, the value should be retained and processed in the same manner as the other observations in the sample.

1.1.2 On the other hand, an outlying observation may be the result of gross deviation from prescribed experimental procedure or an error in calculating or recording the numerical value. In such cases, it may be desirable to institute an investigation to ascertain the reason for the aberrant value. The observation may even actually be rejected as a result of the investigation, though not necessarily so. At any rate, in subsequent data analysis the outlier or outliers will be recognized as probably being from a different population than that of the other sample values.

1.2 It is our purpose here to provide statistical rules that will lead the experimenter almost unerringly to look for causes of outliers when they really exist, and hence to decide whether alternative 1.1.1 above, is not the more plausible hypothesis to accept, as compared to alternative 1.1.2, in order that the most appropriate action in further data analysis may be taken. The procedures covered herein apply primarily to the simplest kind of experimental data, that is, replicate measurements of some property of a given material, or observations in a supposedly single random sample. Nevertheless, the tests suggested do cover a wide enough range of cases in practice to have broad utility.

2. General

2.1 When the experimenter is clearly aware that a gross deviation from prescribed experimental procedure has taken place, the resultant observation should be discarded, whether or not it agrees with the rest of the data and without recourse to

statistical tests for outliers. If a reliable correction procedure, for example, for temperature, is available, the observation may sometimes be corrected and retained.

2.2 In many cases evidence for deviation from prescribed procedure will consist primarily of the discordant value itself. In such cases it is advisable to adopt a cautious attitude. Use of one of the criteria discussed below will sometimes permit a clear-cut decision to be made. In doubtful cases the experimenter's judgment will have considerable influence. When the experimenter cannot identify abnormal conditions, he should at least report the discordant values and indicate to what extent they have been used in the analysis of the data.

2.3 Thus, for purposes of orientation relative to the over-all problem of experimentation, our position on the matter of screening samples for outlying observations is precisely the following:

2.3.1 *Physical Reason Known or Discovered for Outlier(s):*

2.3.1.1 Reject observation(s).

2.3.1.2 Correct observation(s) on physical grounds.

2.3.1.3 Reject it (them) and possibly take additional observation(s).

2.3.2 *Physical Reason Unknown—Use Statistical Test:*

2.3.2.1 Reject observation(s).

2.3.2.2 Correct observation(s) statistically.

2.3.2.3 Reject it (them) and possibly take additional observation(s).

2.3.2.4 Employ truncated-sample theory for censored observations.

2.4 The statistical test may always be used to support a judgment that a physical reason does actually exist for an outlier, or the statistical criterion may be used routinely as a basis to initiate action to find a physical cause.

3. Basis of Statistical Criteria for Outliers

3.1 There are a number of criteria for testing outliers. In all of these, the doubtful observation is included in the calculation of the numerical value of a sample criterion (or statistic), which is then compared with a critical value based on the theory of random sampling to determine whether the doubtful observation is to be retained or rejected. The critical value is that value of the sample criterion which would be exceeded by chance with some specified (small) probability on the assumption that all the observations did indeed constitute a random sample from a common system of causes, a single parent population,

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee E11 on Statistical Methods and is the direct responsibility of Subcommittee E11.10 on Sampling and Data Analysis.

Current edition approved May 10, 2000. Published August 2000. Originally published as E 178 – 61 T. Last previous edition E 178 – 94.

distribution or universe. The specified small probability is called the "significance level" or "percentage point" and can be thought of as the risk of erroneously rejecting a good observation. It becomes clear, therefore, that if there exists a real shift or change in the value of an observation that arises from nonrandom causes (human error, loss of calibration of instrument, change of measuring instrument, or even change of time of measurements, etc.), then the observed value of the sample criterion used would exceed the "critical value" based on random-sampling theory. Tables of critical values are usually given for several different significance levels, for example, 5 %, 1 %. For statistical tests of outlying observations, it is generally recommended that a low significance level, such as 1 %, be used and that significance levels greater than 5 % should not be common practice.

Note 1—In this practice, we will usually illustrate the use of the 5 % significance level. Proper choice of level in probability depends on the particular problem and just what may be involved, along with the risk that one is willing to take in rejecting a good observation, that is, if the null-hypothesis stating "all observations in the sample come from the same normal population" may be assumed correct.

3.2 It should be pointed out that almost all criteria for outliers are based on an assumed underlying normal (Gaussian) population or distribution. When the data are not normally or approximately normally distributed, the probabilities associated with these tests will be different. Until such time as criteria not sensitive to the normality assumption are developed, the experimenter is cautioned against interpreting the probabilities too literally.

3.3 Although our primary interest here is that of detecting outlying observations, we remark that some of the statistical criteria presented may also be used to test the hypothesis of normality or that the random sample taken did come from a normal or Gaussian population. The end result is for all practical purposes the same, that is, we really wish to know whether we ought to proceed as if we have in hand a sample of homogeneous normal observations.

4. Recommended Criteria for Single Samples

4.1 Let the sample of n observations be denoted in order of increasing magnitude by $x_1 \leq x_2 \leq x_3 \leq \dots \leq x_n$. Let x_n be the doubtful value, that is the largest value. The test criterion, T_n , recommended here for a single outlier is as follows:

$$T_n = (x_n - \bar{x})/s \tag{1}$$

where:

\bar{x} = arithmetic average of all n values, and
 s = estimate of the population standard deviation based on the sample data, calculated as follows:

$$s = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\sqrt{n-1}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2}}{\sqrt{n-1}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2/n}}{\sqrt{n-1}}$$

If x_1 rather than x_n is the doubtful value, the criterion is as follows:

$$T_1 = (\bar{x} - x_1)/s \tag{2}$$

The critical values for either case, for the 1 and 5 % levels of significance, are given in Table 1. Table 1 and the following tables give the "one-sided" significance levels. In the previous tentative recommended practice (1961), the tables listed values of significance levels double those in the present practice, since it was considered that the experimenter would test either the lowest or the highest observation (or both) for statistical significance. However, to be consistent with actual practice and in an attempt to avoid further misunderstanding, single-sided significance levels are tabulated here so that both viewpoints can be represented.

4.2 The hypothesis that we are testing in every case is that all observations in the sample come from the same normal population. Let us adopt, for example, a significance level of 0.05. If we are interested *only* in outliers that occur on the *high side*, we should always use the statistic $T_n = (x_n - \bar{x})/s$ and take as critical value the 0.05 point of Table 1. On the other hand, if we are interested *only* in outliers occurring on the *low side*, we would always use the statistic $T_1 = (\bar{x} - x_1)/s$ and again take as a critical value the 0.05 point of Table 1. Suppose, however, that we are interested in outliers occurring on *either side*, but do not believe that outliers can occur on both sides simultaneously. We might, for example, believe that at some time during the experiment something possibly happened to cause an extraneous variation on the high side or on the low side, but that it was very unlikely that two or more such events could have occurred, one being an extraneous variation on the high side *and* the other an extraneous variation on the low side. With this point of view we should use the statistic $T_n = (x_n - \bar{x})/s$ or the statistic $T_1 = (\bar{x} - x_1)/s$ whichever is larger. If in this instance we use the 0.05 point of Table 1 as our critical value, the true significance level would be twice 0.05 or 0.10. If we wish a significance level of 0.05 and not 0.10, we must in this case use as a critical value the 0.025 point of Table 1. Similar considerations apply to the other tests given below.

4.2.1 Example 1—As an illustration of the use of T_n and Table 1, consider the following ten observations on breaking strength (in pounds) of 0.104-in. hard-drawn copper wire: 568, 570, 570, 570, 572, 572, 572, 578, 584, 596. The doubtful observation is the high value, $x_{10} = 596$. Is the value of 596 significantly high? The mean is $\bar{x} = 575.2$ and the estimated standard deviation is $s = 8.70$. We compute

$$T_{10} = (596 - 575.2)/8.70 = 2.39 \tag{3}$$

From Table 1, for $n = 10$, note that a T_{10} as large as 2.39 would occur by chance with probability less than 0.05. In fact, so large a value would occur by chance not much more often than 1 % of the time. Thus, the weight of the evidence is against the doubtful value having come from the same population as the others (assuming the population is normally distributed). Investigation of the doubtful value is therefore indicated.

TABLE 1 Critical Values for *T* (One-Sided Test) When Standard Deviation is Calculated from the Same Sample⁴

Number of Observations, <i>n</i>	Upper 0.1 % Significance Level	Upper 0.5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level	Upper 2.5 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 10 % Significance Level
3	1.155	1.155	1.155	1.155	1.153	1.148
4	1.499	1.496	1.492	1.481	1.463	1.425
5	1.780	1.764	1.749	1.715	1.672	1.602
6	2.011	1.973	1.944	1.887	1.822	1.729
7	2.201	2.139	2.097	2.020	1.938	1.828
8	2.358	2.274	2.221	2.126	2.032	1.909
9	2.492	2.387	2.323	2.215	2.110	1.977
10	2.606	2.482	2.410	2.290	2.176	2.036
11	2.705	2.564	2.485	2.355	2.234	2.088
12	2.791	2.636	2.550	2.412	2.285	2.134
13	2.867	2.699	2.607	2.462	2.331	2.175
14	2.935	2.755	2.659	2.507	2.371	2.213
15	2.997	2.806	2.705	2.549	2.409	2.247
16	3.052	2.852	2.747	2.585	2.443	2.279
17	3.103	2.894	2.785	2.620	2.475	2.309
18	3.149	2.932	2.821	2.651	2.504	2.335
19	3.191	2.968	2.854	2.681	2.532	2.361
20	3.230	3.001	2.884	2.709	2.557	2.385
21	3.266	3.031	2.912	2.733	2.580	2.408
22	3.300	3.060	2.939	2.758	2.603	2.429
23	3.332	3.087	2.963	2.781	2.624	2.448
24	3.362	3.112	2.987	2.802	2.644	2.467
25	3.389	3.135	3.009	2.822	2.663	2.485
26	3.415	3.157	3.029	2.841	2.681	2.502
27	3.440	3.178	3.049	2.859	2.698	2.519
28	3.464	3.199	3.068	2.876	2.714	2.534
29	3.486	3.218	3.085	2.893	2.730	2.549
30	3.507	3.236	3.103	2.908	2.745	2.563
31	3.528	3.253	3.119	2.924	2.759	2.577
32	3.546	3.270	3.135	2.938	2.773	2.591
33	3.565	3.286	3.150	2.952	2.786	2.604
34	3.582	3.301	3.164	2.965	2.799	2.616
35	3.599	3.316	3.178	2.979	2.811	2.628
36	3.616	3.330	3.191	2.991	2.823	2.639
37	3.631	3.343	3.204	3.003	2.835	2.650
38	3.646	3.356	3.216	3.014	2.846	2.661
39	3.660	3.369	3.228	3.025	2.857	2.671
40	3.673	3.381	3.240	3.036	2.866	2.682
41	3.687	3.393	3.251	3.046	2.877	2.692
42	3.700	3.404	3.261	3.057	2.887	2.700
43	3.712	3.415	3.271	3.067	2.896	2.710
44	3.724	3.425	3.282	3.075	2.905	2.719
45	3.736	3.435	3.292	3.085	2.914	2.727
46	3.747	3.445	3.302	3.094	2.923	2.736
47	3.757	3.455	3.310	3.103	2.931	2.744
48	3.768	3.464	3.319	3.111	2.940	2.753
49	3.779	3.474	3.329	3.120	2.948	2.760
50	3.789	3.483	3.336	3.128	2.956	2.768
51	3.798	3.491	3.345	3.136	2.964	2.775
52	3.808	3.500	3.353	3.143	2.971	2.783
53	3.816	3.507	3.361	3.151	2.978	2.790
54	3.825	3.516	3.368	3.158	2.986	2.798
55	3.834	3.524	3.376	3.166	2.992	2.804
56	3.842	3.531	3.383	3.172	3.000	2.811
57	3.851	3.539	3.391	3.180	3.006	2.818
58	3.858	3.546	3.397	3.186	3.013	2.824
59	3.867	3.553	3.405	3.193	3.019	2.831
60	3.874	3.560	3.411	3.199	3.025	2.837
61	3.882	3.566	3.418	3.205	3.032	2.842
62	3.889	3.573	3.424	3.212	3.037	2.849

TABLE 1 *Continued*

Number of Observations, <i>n</i>	Upper 0.1 % Significance Level	Upper 0.5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level	Upper 2.5 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 10 % Significance Level
63	3.896	3.579	3.430	3.218	3.044	2.854
64	3.903	3.586	3.437	3.224	3.049	2.860
65	3.910	3.592	3.442	3.230	3.055	2.866
66	3.917	3.598	3.449	3.235	3.061	2.871
67	3.923	3.605	3.454	3.241	3.066	2.877
68	3.930	3.610	3.460	3.246	3.071	2.883
69	3.936	3.617	3.466	3.252	3.076	2.888
70	3.942	3.622	3.471	3.257	3.082	2.893
71	3.948	3.627	3.476	3.262	3.087	2.897
72	3.954	3.633	3.482	3.267	3.092	2.903
73	3.960	3.638	3.487	3.272	3.098	2.908
74	3.965	3.643	3.492	3.278	3.102	2.912
75	3.971	3.648	3.496	3.282	3.107	2.917
76	3.977	3.654	3.502	3.287	3.111	2.922
77	3.982	3.658	3.507	3.291	3.117	2.927
78	3.987	3.663	3.511	3.297	3.121	2.931
79	3.992	3.669	3.516	3.301	3.125	2.935
80	3.998	3.673	3.521	3.305	3.130	2.940
81	4.002	3.677	3.525	3.309	3.134	2.945
82	4.007	3.682	3.529	3.315	3.139	2.949
83	4.012	3.687	3.534	3.319	3.143	2.953
84	4.017	3.691	3.539	3.323	3.147	2.957
85	4.021	3.695	3.543	3.327	3.151	2.961
86	4.026	3.699	3.547	3.331	3.155	2.966
87	4.031	3.704	3.551	3.335	3.160	2.970
88	4.035	3.708	3.555	3.339	3.163	2.973
89	4.039	3.712	3.559	3.343	3.167	2.977
90	4.044	3.716	3.563	3.347	3.171	2.981
91	4.049	3.720	3.567	3.350	3.174	2.984
92	4.053	3.725	3.570	3.355	3.179	2.989
93	4.057	3.728	3.575	3.358	3.182	2.993
94	4.060	3.732	3.579	3.362	3.186	2.996
95	4.064	3.736	3.582	3.365	3.189	3.000
96	4.069	3.739	3.586	3.369	3.193	3.003
97	4.073	3.744	3.589	3.372	3.196	3.006
98	4.076	3.747	3.593	3.377	3.201	3.011
99	4.080	3.750	3.597	3.380	3.204	3.014
100	4.084	3.754	3.600	3.383	3.207	3.017
101	4.088	3.757	3.603	3.386	3.210	3.021
102	4.092	3.760	3.607	3.390	3.214	3.024
103	4.095	3.765	3.610	3.393	3.217	3.027
104	4.098	3.768	3.614	3.397	3.220	3.030
105	4.102	3.771	3.617	3.400	3.224	3.033
106	4.105	3.774	3.620	3.403	3.227	3.037
107	4.109	3.777	3.623	3.406	3.230	3.040
108	4.112	3.780	3.626	3.409	3.233	3.043
109	4.116	3.784	3.629	3.412	3.236	3.046
110	4.119	3.787	3.632	3.415	3.239	3.049
111	4.122	3.790	3.636	3.418	3.242	3.052
112	4.125	3.793	3.639	3.422	3.245	3.055
113	4.129	3.796	3.642	3.424	3.248	3.058
114	4.132	3.799	3.645	3.427	3.251	3.061
115	4.135	3.802	3.647	3.430	3.254	3.064
116	4.138	3.805	3.650	3.433	3.257	3.067
117	4.141	3.808	3.653	3.435	3.259	3.070
118	4.144	3.811	3.656	3.438	3.262	3.073
119	4.146	3.814	3.659	3.441	3.265	3.075
120	4.150	3.817	3.662	3.444	3.267	3.078
121	4.153	3.819	3.665	3.447	3.270	3.081
122	4.156	3.822	3.667	3.450	3.274	3.083

TABLE 1 Continued

Number of Observations, <i>n</i>	Upper 0.1 % Significance Level	Upper 0.5 % Significance Level	Upper 1 % Significance Level	Upper 2.5 % Significance Level	Upper 5 % Significance Level	Upper 10 % Significance Level
123	4.159	3.824	3.670	3.452	3.276	3.086
124	4.161	3.827	3.672	3.455	3.279	3.089
125	4.164	3.831	3.675	3.457	3.281	3.092
126	4.166	3.833	3.677	3.460	3.284	3.095
127	4.169	3.836	3.680	3.462	3.286	3.097
128	4.173	3.838	3.683	3.465	3.289	3.100
129	4.175	3.840	3.686	3.467	3.291	3.102
130	4.178	3.843	3.688	3.470	3.294	3.104
131	4.180	3.845	3.690	3.473	3.296	3.107
132	4.183	3.848	3.693	3.475	3.298	3.109
133	4.185	3.850	3.695	3.478	3.302	3.112
134	4.188	3.853	3.697	3.480	3.304	3.114
135	4.190	3.856	3.700	3.482	3.306	3.116
136	4.193	3.858	3.702	3.484	3.309	3.119
137	4.196	3.860	3.704	3.487	3.311	3.122
138	4.198	3.863	3.707	3.489	3.313	3.124
139	4.200	3.865	3.710	3.491	3.315	3.126
140	4.203	3.867	3.712	3.493	3.318	3.129
141	4.205	3.869	3.714	3.497	3.320	3.131
142	4.207	3.871	3.716	3.499	3.322	3.133
143	4.209	3.874	3.719	3.501	3.324	3.135
144	4.212	3.876	3.721	3.503	3.326	3.138
145	4.214	3.879	3.723	3.505	3.328	3.140
146	4.216	3.881	3.725	3.507	3.331	3.142
147	4.219	3.883	3.727	3.509	3.334	3.144

$$T_n = \frac{(x_n - \bar{x})/s}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2/n}{T_1 = [(\bar{x} - \frac{1}{n})^2]x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n}}$$

^Values of *T* are taken from Ref (2). All values have been adjusted for division by *n* - 1 instead of *n* in calculating *s*.

4.3 An alternative system, the Dixon criteria, based entirely on ratios of differences between the observations is described in the literature (1)² and may be used in cases where it is desirable to avoid calculation of *s* or where quick judgment is called for. For the Dixon test, the sample criterion or statistic changes with sample size. Table 2 gives the appropriate statistic to calculate and also gives the critical values of the statistic for the 1, 5, and 10 % levels of significance.

4.3.1 Example 2—As an illustration of the use of Dixon's test, consider again the observations on breaking strength given in Example 1, and suppose that a large number of such samples had to be screened quickly for outliers and it was judged too time-consuming to compute *s*. Table 2 indicates use of

$$r_{11} = (x_n - x_{n-1})/(x_n - x_2) \tag{4}$$

Thus, for *n* = 10,

$$r_{11} = (x_{10} - x_9)/(x_{10} - x_2) \tag{5}$$

For the measurements of breaking strength above,

$$r_{11} = (596 - 584)/(596 - 570) = 0.462 \tag{6}$$

which is a little less than 0.477, the 5 % critical value for *n* = 10. Under the Dixon criterion, we should therefore *not* consider this observation as an outlier at the 5 % level of significance. These results illustrate how borderline cases may

² The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this practice.

be accepted under one test but rejected under another. It should be remembered, however, that the *T*-statistic discussed above is the best one to use for the single-outlier case, and final statistical judgment should be based on it. See Ferguson (3,4).

4.3.2 Further examination of the sample observations on breaking strength of hand-drawn copper wire indicates that none of the other values need testing.

NOTE 2—With experience we may usually just look at the sample values to observe if an outlier is present. However, strictly speaking the statistical test should be applied to all samples to guarantee the significance levels used. Concerning "multiple" tests on a single sample, we comment on this below.

4.4 A test equivalent to *T_n* (or *T₁*) based on the sample sum of squared deviations from the mean for all the observations and the sum of squared deviations omitting the "outlier" is given by Grubbs (5).

4.5 The next type of problem to consider is the case where we have the possibility of two outlying observations, the least and the greatest observation in a sample. (The problem of testing the two highest or the two lowest observations is considered below.) In testing the least and the greatest observations simultaneously as probable outliers in a sample, we use the ratio of sample range to sample standard deviation test of David, Hartley, and Pearson (6). The significance levels for this sample criterion are given in Table 3. Alternatively, the largest residuals test of Tietjen and Moore (7) could be used. An

TABLE 2 Dixon Criteria for Testing of Extreme Observation (Single Sample)^A

n	Criterion	Significance Level (One-Sided Test)		
		10 percent	5 percent	1 percent
3	$r_{10} = (x_2 - x_1)/(x_n - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{n-1})/(x_n - x_1)$ if largest value is suspected	0.886	0.941	0.988
4		0.679	0.765	0.889
5		0.557	0.642	0.780
6		0.482	0.560	0.698
7		0.434	0.507	0.637
8	$r_{11} = (x_3 - x_1)/(x_{n-1} - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{n-1})/(x_n - x_2)$ if largest value is suspected.	0.479	0.554	0.683
9		0.441	0.512	0.635
10		0.409	0.477	0.597
11	$r_{12} = (x_3 - x_1)/(x_{n-1} - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{n-2})/(x_n - x_2)$ if largest value is suspected.	0.517	0.576	0.679
12		0.490	0.546	0.642
13		0.467	0.521	0.615
14	$r_{22} = (x_3 - x_1)/(x_{n-2} - x_1)$ if smallest value is suspected; $= (x_n - x_{n-2})/(x_n - x_2)$ if largest value is suspected.	0.492	0.546	0.641
15		0.472	0.525	0.616
16		0.454	0.507	0.595
17		0.438	0.490	0.577
18		0.424	0.475	0.561
19		0.412	0.462	0.547
20		0.401	0.450	0.535
21		0.391	0.440	0.524
22		0.382	0.430	0.514
23		0.374	0.421	0.505
24		0.367	0.413	0.497
25		0.360	0.406	0.489
26		0.354	0.399	0.486
27		0.348	0.393	0.475
28		0.342	0.387	0.469
29		0.337	0.381	0.463
30	0.332	0.376	0.457	

^A $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ (See Ref (1), Appendix.)

example in astronomy follows.

4.5.1 *Example 3*—There is one rather famous set of observations that a number of writers on the subject of outlying observations have referred to in applying their various tests for "outliers." This classic set consists of a sample of 15 observations of the vertical semidiameters of Venus made by Lieutenant Herndon in 1846 (8). In the reduction of the observations, Prof. Pierce assumed two unknown quantities and found the following residuals which have been arranged in ascending order of magnitude:

-1.40 in.	-0.24	-0.05	0.18	0.48
-0.44	-0.22	0.06	0.20	0.63
-0.30	-0.13	0.10	0.39	1.01

The deviations -1.40 and 1.01 appear to be outliers. Here the suspected observations lie at each end of the sample. Much less work has been accomplished for the case of outliers at both ends of the sample than for the case of one or more outliers at only one end of the sample. This is not necessarily because the "one-sided" case occurs more frequently in practice but because "two-sided" tests are much more difficult to deal with. For a high and a low outlier in a single sample, we give two procedures below, the first being a combination of tests, and the second a single test of Tietjen and Moore (7) which may have nearly optimum properties. For optimum procedures when there is an independent estimate at hand, s^2 or σ^2 , see (9).

4.6 For the observations on the semi-diameter of Venus given above, all the information on the measurement error is contained in the sample of 15 residuals. In cases like this, where no independent estimate of variance is available (that is, we still have the single sample case), a useful statistic is the

ratio of the range of the observations to the sample standard deviation:

$$w/s = (x_n - x_1)/s \tag{7}$$

where:

$$s = \sqrt{\sum[(x_i - \bar{x})^2/(n-1)]} \tag{8}$$

If x_n is about as far above the mean, \bar{x} , as x_1 is below \bar{x} , and if w/s exceeds some chosen critical value, then one would conclude that *both* the doubtful values are outliers. If, however, x_1 and x_n are displaced from the mean by different amounts, some further test would have to be made to decide whether to reject as outlying only the lowest value or only the highest value or both the lowest and highest values.

4.7 For this example the mean of the deviations is $\bar{x} = 0.018$, $s = 0.551$, and

$$w/s = [1.01 - (-1.40)]/0.551 = 2.41/0.551 = 4.374 \tag{9}$$

From Table 3 for $n = 15$, we see that the value of $w/s = 4.374$ falls between the critical values for the 1 and 5 % levels, so if the test were being run at the 5 % level of significance, we would conclude that this sample contains one or more outliers. The lowest measurement, -1.40 in., is 1.418 below the sample mean, and the highest measurement, 1.01 in., is 0.992 above the mean. Since these extremes are not symmetric about the mean, either *both* extremes are outliers, or else only -1.40 is an outlier. That -1.40 is an outlier can be verified by use of the T_1 statistic. We have

$$T_1 = (\bar{x} - x_1)/s = [0.018 - (-1.40)]/0.551 = 2.574 \tag{10}$$

This value is greater than the critical value for the 5 % level,

ANEXO F: FICHAS TÉCNICAS RECUBRIMIENTOS

Versión 1 / 2015



El Color de la Calidad®

ANTICORROSIVO PREMIUM

Base anticorrosiva, base de solvente, de acabado mate.

DESCRIPCIÓN

Anticorrosiva base solvente de acabado mate, diseñada para mejorar la resistencia y durabilidad de los esmaltes sobre las superficies metálicas ferrosas. No contiene plomo ni cromo.

USOS

Recomendado como primera capa para proteger de la corrosión superficies metálicas de uso doméstico. No es apto para ser usado como acabado final.

VENTAJAS Y BENEFICIOS

- ✓ Evita la corrosión
- ✓ Alarga la durabilidad de las superficies metálicas expuestas a la intemperie
- ✓ Base preparadora de superficies metálicas

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Propiedad	Valor	Unidad
Brillo a 60°	0 - 10	%
Viscosidad	80 - 105	KU
Densidad	4.42 - 4.77	Kg / gal
Método de aplicación	Brocha/Pistola	
Contenido de VOC	573 - 616	g/l
Secamiento al tacto	2 - 4	Horas
Secamiento entre manos	6- 8	Horas
Rendimiento teórico a 1 mil	41	m2/ gal

Los métodos utilizados para evaluar las propiedades registradas en esta ficha técnica son definidos con base en normas estándar. Si requiere consultarlos favor comunicarse con el área de calidad Pintuco.





El Color de la Calidad®

INSTRUCCIONES DE USO

Preparación de la Superficie

Antes de aplicar, verifique que la superficie esté seca, libre de grasa, polvo, óxido y pintura deteriorada. En superficies oxidadas, elimine el óxido con rasqueta, cepillo de alambre, papel de lija o máquina pulidora. Para eliminar el óxido residual aplique una mano (capa) de Pintoxido de Pintuco® Ref. 514. Deje actuar de 15 a 20 minutos y limpie con una estopa humedecida con Ajustador Pintuco® Ref. 21132.

En superficies con pintura deteriorada, elimine esta con Removedor Pintuco® Ref. 1020 y herramientas mecánicas tales como rasquetas, lijas o cepillos.

En metales no ferrosos como aluminio, zinc, hojalata, galvanizados y metales pulidos aplique una mano (capa) delgada de Wash Primer Pintuco® Ref. 509A/509B para promover la adherencia del anticorrosivo.

Preparación del Producto y Aplicación

Revuelva el Anticorrosivo Premium Pintuco® con una espátula limpia hasta obtener su completa uniformidad.

Diluya el producto según el equipo de aplicación a usar de acuerdo con la siguiente tabla:

EQUIPOS DE APLICACIÓN	CANTIDAD DE	
	Anticorrosivo Premium Pintuco®	Ajustador Pintuco® Ref. 21132
Brocha	1 galón	Max. 5%
Pistola convencional	1 galón	25% Aprox.

*Esta proporción de dilución se mantiene para cualquier presentación y/o tamaño del producto.

Aplique 1 mano (capa) de Anticorrosivo Premium Pintuco®. En el momento de la aplicación, la temperatura ambiental debe ser mayor a 5°C y la temperatura de la superficie no debe ser mayor a 40°C.

Deje transcurrir mínimo 30 minutos para aplicar la segunda mano (capa) de anticorrosivo. Después de aplicado, deje transcurrir mínimo 6 horas para aplicar el acabado final. (Secamiento a 25°C y 60% de humedad relativa).

Lave los equipos de aplicación con Ajustador Pintuco® Ref. 21132.

Para almacenar envases mermados y evitar la formación de natas, agregue un poco de Ajustador Pintuco® Ref. 21132, no revuelva y tape bien el envase.



RENDIMIENTO PRÁCTICO

35 – 40 m²/galón, a 1 mano. Varía un poco según color.

PRESENTACIONES

Galón

Cuarto de galón

ESTABILIDAD DEL PRODUCTO

La estabilidad del producto en el envase es de 12 meses contados a partir de la fecha de fabricación indicada en el código de barras. Una vez abierto el envase, el producto debe ser utilizado en el menor tiempo posible siguiendo las recomendaciones de almacenamiento para evitar la formación de natas.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD Y ALMACENAMIENTO

Mantenga fuera del alcance de los niños. No ingiera el producto.

Evite el contacto con la piel o los ojos y la inhalación de los vapores usando equipos apropiados de seguridad como guantes, gafas de seguridad y mascarilla de cartucho para solventes orgánicos. No consuma alimentos mientras manipula el producto. Aplique en un lugar con buena ventilación, alejado de toda fuente de calor, ya que el producto desprende vapores que podrían entrar en combustión en presencia de chispas, llamas o cualquier otra fuente de ignición.

Mantenga el recipiente bien tapado mientras no esté utilizando el producto. Almacene en los recipientes originales cerrados, lejos de toda fuente de ignición, bajo techo en un área fresca, seca y bien ventilada, a una temperatura inferior a 30°C. En caso de contacto del producto con fuentes de calor o expuestos al fuego, use agentes extintores de polvo químico seco. No vierta el producto en desagües, sobre el suelo, en quebradas o ríos. En caso de escape o derrame recoger el material en recipientes para evitar la contaminación de las fuentes de agua o alcantarillados. Para retirar (desprender) el producto (aplicado) que este seco utilice gafas de seguridad y mascarilla para material particulado (polvos). Disponga de los residuos respetando las normas y regulaciones locales.

PRIMEROS AUXILIOS

En caso de salpicadura del producto en los ojos, aplique agua corriente durante 15 minutos, no aplique agua a presión, solo deje que fluya en el ojo. Luego consulte al médico.

En caso de contacto del producto con la piel, lave con abundante agua y jabón común. Si presenta irritación consulte al médico.



RENDIMIENTO PRÁCTICO

35 – 40 m²/galón, a 1 mano. Varía un poco según color.

PRESENTACIONES

Galón

Cuarto de galón

ESTABILIDAD DEL PRODUCTO

La estabilidad del producto en el envase es de 12 meses contados a partir de la fecha de fabricación indicada en el código de barras. Una vez abierto el envase, el producto debe ser utilizado en el menor tiempo posible siguiendo las recomendaciones de almacenamiento para evitar la formación de natas.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD Y ALMACENAMIENTO

Mantenga fuera del alcance de los niños. No ingiera el producto.

Evite el contacto con la piel o los ojos y la inhalación de los vapores usando equipos apropiados de seguridad como guantes, gafas de seguridad y mascarilla de cartucho para solventes orgánicos. No consuma alimentos mientras manipula el producto. Aplique en un lugar con buena ventilación, alejado de toda fuente de calor, ya que el producto desprende vapores que podrían entrar en combustión en presencia de chispas, llamas o cualquier otra fuente de ignición.

Mantenga el recipiente bien tapado mientras no esté utilizando el producto. Almacene en los recipientes originales cerrados, lejos de toda fuente de ignición, bajo techo en un área fresca, seca y bien ventilada, a una temperatura inferior a 30°C. En caso de contacto del producto con fuentes de calor o expuestos al fuego, use agentes extintores de polvo químico seco. No vierta el producto en desagües, sobre el suelo, en quebradas o ríos. En caso de escape o derrame recoger el material en recipientes para evitar la contaminación de las fuentes de agua o alcantarillados. Para retirar (desprender) el producto (aplicado) que este seco utilice gafas de seguridad y mascarilla para material particulado (polvos). Disponga de los residuos respetando las normas y regulaciones locales.

PRIMEROS AUXILIOS

En caso de salpicadura del producto en los ojos, aplique agua corriente durante 15 minutos, no aplique agua a presión, solo deje que fluya en el ojo. Luego consulte al médico.

En caso de contacto del producto con la piel, lave con abundante agua y jabón común. Si presenta irritación consulte al médico.

ANTIOX

ACABADO FINAL 900BC Y 900 MC



Recubrimiento anticorrosivo elaborado con resinas sintéticas libres de plomo, cromo y/o metales pesados, formulado con pigmentos inhibidores de corrosión no tóxicos.

Usos recomendados

- Diseñada especialmente para proteger superficies metálicas ferrosas de la corrosión en interiores y exteriores.
- Protege la superficie creando una barrera entre la misma y el medio ambiente. Protegiéndola de agentes ambientales como: polvo, salinidad y microorganismos.
- Tiene el objetivo fundamental de alargar la vida útil del sustrato.

Ventajas Técnicas

- Excelente resistencia a la corrosión.
- Capacidad de convertir la capa de óxido en una barrera anticorrosiva.
- Excelente durabilidad.
- No hay necesidad de preparar la superficie exageradamente, basta eliminar la capa suelta.
- Gran resistencia en ambientes salinos.
- El Antiox convertidor brillante cumple funciones de fondo y acabado 2 en 1.

Ventajas Comerciales

- Puede ser usado como base y luego recubierto con cualquier tipo de esmalte sintético.
- Recomendado para pintado en general en Industrias, para máquinas, estructuras metálicas y trabajos de mantenimiento.
- Caracterizado por su rápido secamiento, fácil aplicación y excelente comportamiento en exposición ambiental.
- Los pigmentos inhibidores le confieren gran resistencia a la corrosión ocasionada por los agentes atmosféricos.
- Incluye anticorrosivos especiales orgánicos que transforman las áreas con óxido firmemente en un compuesto "estable" impidiendo al formar una nueva capa microcristalina el avance del óxido.
- No se requiere lijar a fondo, solo eliminar escamas de laminación y óxido suelto.

Preparación de la superficie

- La superficie a pintar debe estar seca y libre de: grasa, aceite, polvo, suciedad, óxido suelto, humedad y otros contaminantes.
- En superficies previamente pintadas debe eliminarse la pintura antigua en mal estado: 1. Lije, 2. Limpie, 3. Pinte.

Precauciones

- Manténgase alejado del fuego (Producto inflamable).
- Evite el contacto prolongado con la piel y evite la inhalación prolongada de vapores.
- Aplique con ventilación adecuada y use el equipo de protección: mascarilla de filtros, guantes y gafas.
- Mantenga el envase bien cerrado y almacénelo en un lugar fresco y seco.
- No mezclar este producto con otra clase de productos.
- En caso de contacto con la piel, lave el área afectada con agua.
- Si se ingirió por error, no induzca el vómito, busque atención médica.
- Si el contacto es en los ojos, lave inmediatamente con abundante agua y busque atención médica especializada.
- MANTÉNGALO ALEJADO DEL FUEGO Y FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

Información Técnica

COLORES BRILLANTES

Color: blanco, negro, rojo óxido, naranja y gris
 Contenido de sólidos en peso: 41.8%
 Contenido de sólidos en volumen: 29.9%

RENDIMIENTO: 11 m²/litro a un espesor seco de 1.0 mils

COLORES MATES

Color: Blanco, negro, rojo óxido, naranja y gris
 Contenido de sólidos en peso: 54.4%
 Contenido de sólidos en volumen: 33.8%

RENDIMIENTO: 13 m²/litro a un espesor seco de 1.0 mils

Aplicación

- Homogeneizar el producto con una espátula.
- Para adelgazar el producto, usar thinner laca 100 SM en una relación 4:1 (4 partes de pintura y 1 parte de thinner) para colores brillantes y para colores mates la relación de dilución es 2:1 (2 partes de pintura y 1 parte de thinner).
- Aplique una mano. En ambientes altamente corrosivos se recomienda aplicar dos manos para una mejor protección.

Equipo de Aplicación



Lavado de equipo: Thinner Laca 100SM

Secamiento

BRILLANTE

- Al tacto: 2 horas
- Segundas manos: 6 a 8 horas

MATE

- Al tacto: 30 a 60 minutos
- Segundas manos: 3 a 4 horas

En condiciones normales: 18° - 22° y 60% HR.



Ficha Técnica

HEMPADUR AvantGuard 750



1736G

HEMPADUR AvantGuard 750: BASE 1736U: CURING AGENT 97043

Descripción	HEMPADUR AvantGuard 750 es una imprimación de tipo epoxi de dos componentes con alto contenido en cinc activado, que cumple con los requerimientos de la norma ISO 12944 parte 5, 2007, y con un nivel 2, tipo II de la norma SSPC Paint 20, 2002. Puede formularse con polvo de cinc tipo II según la norma ASTM D520.
Uso recomendado:	Como imprimación versátil para la protección del acero a largo plazo en ambientes altamente corrosivos.
Características	<ul style="list-style-type: none">• Reduce los efectos de la corrosión y ofrece una protección excelente• Buena resistencia mecánica, incluso en temperaturas cíclicas, con una mejor resistencia al agrietamiento debido a su gran flexibilidad y a sus cualidades auto reparadoras de micro fisuras• Gran tolerancia a distintas condiciones climáticas (altas temperaturas y alta humedad) durante la aplicación, así como a espesores altos de película seca• Conforme Norsok M-501, Ed. 6, sistema no. 1
Temperatura de servicio:	Máximo, exposición en seco: 160°C.
Certificados:	Cumple con la norma UNE 48277:2005 Cumple con la European Fire Standard EN 13501-1; classification B-s1, d0. Cumple con la Directiva EU 2004/42/EC subcategoría j.
Disponibilidad	Parte del Surtido del Grupo. Disponibilidad local sujeta a confirmación
DATOS TÉCNICOS:	
Colores	19840 / Gris oscuro
Acabado	Mate
Volumen de sólidos, %:	65 ± 1
Rendimiento teórico:	10.8 m ² /l [433.1 sq.ft./US gallon] - 60 micras.
Punto de inflamación	25 °C [77 °F]
Peso específico	2.3 kg/ltr [19.5 lb/gal EE. UU.]
Secado superficial	10 minuto(s) 20°C
Seco en profundidad:	1.5 hora(s) 20°C
Curado completo	7 día(s) 20°C
Contenido en COV:	315 g/l [2.6 lb/gal EE. UU.]
Estabilidad de almacenaje:	1 año para la BASE y 3 años (25°C) para el CURING AGENT desde la fecha de fabricación.

Los valores de las constantes físicas aquí expresados son valores nominales de acuerdo con las fórmulas del grupo Hempel.

DETALLES DE APLICACIÓN:

Versión, producto mezclado:	HEMPADUR AvantGuard 750
Proporción de mezcla:	BASE 1736U: CURING AGENT 97043 8.5 : 1.5 en volumen
Método de aplicación:	Pistola airless / Pistola de aire / Brocha / Rodillo (Ver OBSERVACIONES al dorso.)
Diluyente (vol. máx.):	por encima de 20°C: 08450 (5%) / 08450 (10%) / 08450 (5%) / 08450 (5%) por debajo de 20°C: 08510 (5%) / 08510 (10%) / 08510 (5%) / 08510 (5%)
Vida de la mezcla:	4 hora(s) 20°C
Boquilla:	0.017 - 0.021 "
Presión:	220 bar [3190 psi] (Los datos de pistola airless son indicativos y sujetos a ajustes) Usar un filtro con un tamaño de malla mínimo de 250 micras.
Limpieza de utensilios:	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99810
Espesor recomendado, seco:	60 micras [2.4 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.



1736G

PREPARACION DE SUPERFICIE: Elimine exhaustivamente el aceite, la grasa, etc. con un detergente adecuado. Elimine las sales y otros contaminantes con agua dulce a alta presión. Abrasive blasting to Sa 2½ (ISO 8501-1:2007), SSPC-SP 10/ NACE No. 2, with a sharp-edged surface profile corresponding to Rugotest No. 3, BN10a-b, Keane-Tator Comparator 3.0 G/S, 2-3 S, or ISO Comparator, Medium (G). (Consultar las Instrucciones de aplicación)

CONDICIONES DE APLICACIÓN: Usar solo donde aplicación y curado puedan tener lugar a temperaturas por encima de: -10°C/14°F. La temperatura máxima de aplicación es 40°C. Humedad relativa máxima: 95%. Debe prestarse atención especial a la temperatura predominante y la humedad relativa para asegurar que las condiciones ambientales están dentro del rango aceptable durante la aplicación y el secado. La temperatura de la pintura debe ser de 15 °C o superior. Aplíquelo únicamente sobre una superficie limpia y seca con una temperatura superior al punto de rocío para evitar condensación. En espacios confinados, proporcionar una ventilación adecuada durante la aplicación y el secado.

CAPA PRECEDENTE: Ninguna.

CAPA SUBSIGUIENTE: De acuerdo con la especificación.

OBSERVACIONES:

VOC - Directiva EU 2004/42/EC:

Producto	Suministrado	15 vol. % thinning	Fase II/mite II, 2010
1736G1984D	315 g/l	396 g/l	500 g/l

Para el COV de otros colores, consultar la Ficha de Seguridad.

Agitación: Agitar debidamente la base antes de añadir el agente de curado para redispersar cualquier posible sedimento después del almacenamiento. Es igualmente importante, después de mezclar, mantener la agitación para conservar la pintura como una mezcla homogénea. Esto es específicamente importante en el caso de una dilución alta o si se hacen paradas largas durante la aplicación, donde se corre el riesgo de sedimentación del cinc por ser más pesado.

APLICACIÓN(ES): Pueden requerirse capas adicionales para alcanzar el espesor especificado con la aplicación mediante brocha/rodillo, y los tiempo de repintado pueden ser extendidos.

ESPESOR DE PELÍCULA/ DILUCIÓN: Puede especificarse a otro espesor de película del especificado dependiendo del propósito y área de uso. Esto alterará el rendimiento y puede influenciar al tiempo de secado y al intervalo de repintado. El rango de espesor seco es: 50 - 100 micras / 2 - 4 mils.

Repintado Intervalos de repintado según las condiciones de exposición: Si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas. Si la superficie ha estado expuesta a ambientes contaminados, se debe limpiar adecuadamente con agua dulce a alta presión y dejar secar antes de repintar.

Una especificación anula y sustituye a las indicaciones de repintado en la tabla.

Medio ambiente	Atmosférica, media.					
	0°C (32°F)		20°C (68°F)		30°C (86°F)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
HEMPADUR	2 h	Ext.*	1 h	Ext.*	45 m	Ext.*

NR = No Recomendado, Est. = Extendido, m = minuto(s), h = hora(s), d = día(s)

NOTA DE REPINTADO: De acuerdo con la especificación.

*Dependiendo de las condiciones locales, el intervalo máximo de repintado podría variar.

Póngase en contacto con HEMPEL si necesita más información.

Es esencial que la superficie este completamente limpia para asegurar adhesión entre capas, especialmente para largos intervalos de repintado. Trazas de suciedad, aceite, grasa, y otras materias extrañas deben eliminarse con un detergente apropiado seguido de un lavado a alta presión. Adicionalmente, puede ser necesario frotar con un cepillo para eliminar los productos de la corrosión del zinc (óxido blanco). Si se sobrepasa el intervalo máximo de repintado, conferir rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas.

Nota: HEMPADUR AvantGuard 750

1736G es únicamente para uso profesional.

EDITADA POR: HEMPEL A/S

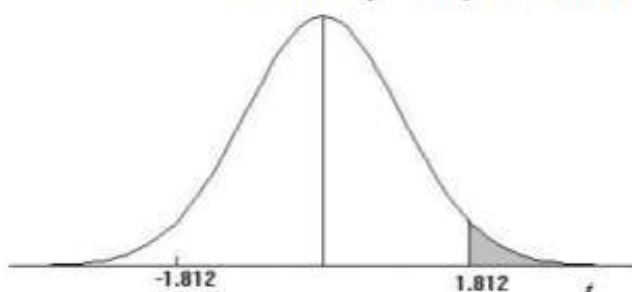
1736G1984D

Esta Ficha Técnica sustituye a las editadas con anterioridad. Para la correcta interpretación de esta hoja, ver la "Guía para las Hojas de Características Técnicas". Los datos, recomendaciones e instrucciones que se dan en esta hoja de características corresponden a los resultados obtenidos en ensayos de Laboratorio y en la utilización práctica del producto en circunstancias controladas o específicamente definidas. No se garantiza la completa reproducibilidad de los mismos en cada utilización concreta. El suministro de nuestros productos y la prestación de asistencia técnica quedan sujetos a nuestras CONDICIONES GENERALES DE VENTA, ENTREGA Y SERVICIO y, a menos que se hayan tomado otros acuerdos específicos por escrito, el fabricante y el vendedor no asumen otras responsabilidades que las allí señaladas por los resultados obtenidos, seguros, daños directos o indirectos, producidos por el uso de los productos de acuerdo con nuestras recomendaciones. Las hojas de características pueden ser modificadas sin previo aviso y caducan a los cinco años. *Marca registrada por HEMPEL.

ANEXO G: TABLA DE DISTRIBUCIÓN T-STUDENT

TABLA 2: DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

Puntos de porcentaje de la distribución t



Ejemplo

Para $\phi = 10$ grados de libertad:

$$P[t > 1.812] = 0.05$$

$$P[t < -1.812] = 0.05$$

α Γ	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
∞	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290