



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**USO DEL ACEITE PIROLÍTICO DE MEZCLAS DE
POLIESTIRENO Y POLIPROPILENO PARA LA ELABORACIÓN
DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EN BASE DE
POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO**

Trabajo de Integración Curricular

Modalidad: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR:

GABRIELA CAROLINA OROZCO SANAGUANO

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**USO DEL ACEITE PIROLÍTICO DE MEZCLAS DE
POLIESTIRENO Y POLIPROPILENO PARA LA ELABORACIÓN
DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EN BASE DE
POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO**

Trabajo de Integración Curricular

Modalidad: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: GABRIELA CAROLINA OROZCO SANAGUANO

DIRECTOR: ING. PAUL GUSTAVO PALMAY PAREDES MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Gabriela Carolina Orozco Sanaguano

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, GABRIELA CAROLINA OROZCO SANAGUANO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de noviembre del 2022.






Gabriela Carolina Orozco Sanaguano

CI: 1600463028

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Modalidad: Proyecto de Investigación, “**USO DEL ACEITE PIROLÍTICO DE MEZCLAS DE POLIESTIRENO Y POLIPROPILENO PARA LA ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO EN BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO**”, realizado por la señorita: **GABRIELA CAROLINA OROZCO SANAGUANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-17
Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes, MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-17
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas, MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-11-17

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi Dios, a mis queridos padres Rosa Sanaguano y Armando Orozco quienes han sido mi fuerza y mi apoyo incondicional en cada instante y a mis hermanos por siempre darme esa palabra de aliento cuando más lo necesitaba quienes con sus consejos me supieron guiar por el camino del bien.

Con mucho cariño para mis sobrinos, que este trabajo le sirva como ejemplo de que el querer es poder y que nunca se debe rendir, aunque la trayectoria sea difícil, llegar a la meta no es imposible siempre con esfuerzo, constancia y dedicación todo es posible.

Carolina

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, la salud y protección que he recibido durante toda la vida y en esta etapa de formación en la carrera profesional por todas las bendiciones que me ha regalado y a mi familia quienes me han apoyado a lo largo de estos años. Agradezco a mis padres por su inmensa comprensión y apoyo tanto emocional y económico para salir adelante y ser una mujer de bien.

Un agradecimiento inmenso a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, escuela de Ingeniería Química por haberme aceptado para formar parte de ella. A mi director Ing. Paul Palmay quién fue la primera persona que creyó en este proyecto, apoyándome de manera personal e institucional, compartiendo sus conocimientos y me alentó para que concluyera con el trabajo; a mi asesor Ing. Marco Chuiza por su tiempo brindado, sus conocimientos impartidos, su paciencia y consejos para que este trabajo de titulación se cumpla con éxito, y a las docentes por las enseñanzas brindadas durante este tiempo, guiándome en mi formación universitaria.

Carolina

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL.....	5
1.1.	Antecedentes de la investigación.....	5
1.2.	Marco conceptual.....	6
1.2.1.	<i>Pintura</i>	6
1.2.2.	<i>Características de la pintura</i>	7
1.2.3.	<i>Ventajas de las pinturas</i>	7
1.2.4.	<i>Tipos de pinturas</i>	7
1.2.5.	<i>Aditivos</i>	9
1.2.6.	<i>Solvente</i>	9
1.2.7.	<i>Resina</i>	10
1.2.8.	<i>Pigmento</i>	10
1.2.9.	<i>Poliestireno Expandido (EPS)</i>	11
1.2.10.	<i>Polímero</i>	11
1.2.11.	<i>Recubrimiento anticorrosivo</i>	11
1.2.12.	<i>Tipos de recubrimientos</i>	12
1.2.13.	<i>Adhesión</i>	12
1.2.14.	<i>Cargas</i>	12
1.2.15.	<i>Corrosión</i>	13
1.2.16.	<i>Corrosión electroquímica</i>	13
1.2.17.	<i>Métodos de control y prevención de la corrosión</i>	14
1.2.18.	<i>Velocidad de corrosión</i>	14
1.2.19.	<i>Aceite pirolítico</i>	14

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	15
2.1.	Hipótesis y especificación de variables	15
2.1.1.	<i>Hipótesis General</i>	15
2.1.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	15
2.1.3.	<i>Identificación de variables</i>	15
2.2.	Tipo y diseño de investigación	17
2.2.1.	<i>Inductivo</i>	17
2.2.2.	<i>Deductivo</i>	17
2.2.3.	<i>Experimental</i>	17
2.3.	Unidad de análisis	17
2.4.	Población de estudio	18
2.5.	Tamaño de la muestra	18
2.5.1.	<i>Selección de muestra</i>	18
2.6.	Técnicas de recolección de datos	19
2.6.1.	<i>Procedimiento de la Elaboración del Anticorrosivo Poliestireno y Aceite Pirólítico</i>	19
2.6.2.	<i>Procedimiento de Prueba de Adhesión</i>	19
2.6.3.	<i>Determinación de Porcentaje de Sólidos</i>	20
2.6.4.	<i>Viscosidad</i>	21
2.6.5.	<i>Densidad</i>	22
2.6.6.	<i>Grado de Molienda</i>	23
2.6.7.	<i>Comparación recubrimiento de Poliestireno Expandido y Recubrimiento Comercial</i>	24
2.6.8.	<i>Tiempo de Secado</i>	26

CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
3.1.	Resultados de la elaboración de recubrimiento de Poliestireno Expandido (EPS)	27
3.2.	Viscosidad	28
3.3.	Resultados prueba de Determinación de Contenido se Materia No Volátil y Volátiles Totales	29
3.3.1.	<i>FORMULACIÓN A</i>	29
3.3.2.	<i>FORMULACIÓN B</i>	31
3.4.	Resultados de Tiempo de Secado de las Formulaciones.	32

3.5.	Prueba de Adhesión	33
3.6.	Densidad	33
3.7.	Grado de Molienda	34
3.8.	Prueba de Corrosión.....	34
3.9.	Prueba de hipótesis	36
3.9.1.	<i>Hipótesis 1</i>	36
3.9.2.	<i>Hipótesis 2</i>	37
3.9.3.	<i>Hipótesis 3</i>	38
3.10.	Discusión de los Resultados.....	39
CONCLUSIONES.....		42
RECOMENDACIONES.....		43
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Ficha técnica de Aditivo Anticorrosivo.....	9
Tabla 2-1: Cargas naturales más usadas en Formulaciones de Anticorrosivos, Pinturas y Diluyentes.....	13
Tabla 1-3: Formulación del recubrimiento de Poliestireno Expandido EPS.	27
Tabla 2-3: Viscosidad en la Formulación A y B.....	28
Tabla 3-3: Viscosidad en la Formulación A y B.....	28
Tabla 4-3: Muestras de la Formulación A, Material No Volátil.	29
Tabla 5-3: Muestras de la Formulación A, Material Volátil.	29
Tabla 6-3: Muestras de la Formulación A, Material No Volátil.	30
Tabla 7-3: Muestras de la Formulación A, Material Volátil.	30
Tabla 8-3: Muestras de la Formulación A, Material No Volátil.	31
Tabla 9-3: Muestras de la Formulación A, Material Volátil.	31
Tabla 10-3: Muestras de la Formulación B, Material no Volátil.	32
Tabla 11-3: Muestras de la Formulación B, Material Volátil.	32
Tabla 12-3: Tiempos de Secado en minutos en la Formulación A y B.....	32
Tabla 13-3: Prueba de Adhesión en la Formulación A.	33
Tabla 14-3: Densidad de Anticorrosivos, Pinturas, INEN 1018.....	34
Tabla 15-3: Perdidas de Peso.....	35
Tabla 16-3: Resultados de mpy.....	35
Tabla 17-3: Formulación Optima.....	36
Tabla 18-3: Comparación de variables de Recubrimiento de la Formula A.	37
Tabla 19-3: Comparación de variables de Recubrimiento de la Formula A.	38
Tabla 20-3: Variables de Recubrimiento de la Formula A.	38
Tabla 21-3: Comparación Parámetros INEN-ASTM vs Pruebas en la Formulación.....	39

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Distribución de la formulación A	27
Gráfico 2-3: Distribución de la formulación A	28
Gráfico 3-3: Distribución de la formulación optima.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	La Elaboración del Anticorrosivo PS y Aceite Pirolítico	19
Figura 2-2:	Procedimiento de Prueba de Adhesión ASTM D3359.	20
Figura 3-2:	Procedimiento para el porcentaje de Material Volátil y No Volátil INEN 1024 .	21
Figura 4-2:	Procedimiento para determinar la Viscosidad usando la Norma INEN: 1013.....	22
Figura 5-2:	Procedimiento para determinar la densidad usando la Norma ASTM: D1475-9823	
Figura 6-2:	Procedimiento para determinar el grado de molienda usando la Norma ASTM: AILM: D1210-05.....	23
Figura 7-2:	Procedimiento para determinar el recubrimiento de Poliestireno Expandido y Recubrimiento comercial según la norma ASTM-610-01.	25
Figura 8-2:	Escala y descripción de los Grados de Corrosión según la Norma ASTM D 610	25
Figura 9-2:	Porcentaje de Área Oxidada o Corroída	26
Figura 10-2:	Procedimiento para determinar el tiempo de secado según la norma INEN 1011.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** REQUISITOS DE INEN NTE 1045 PINTURA ANTICORROSIVA ESMALTE BRILLANTE.
- ANEXO B:** PARÁMETROS PARA ANTICORROSIVOS, PINTURAS NTE INEN 1044:1
- ANEXO C:** PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACIÓN DEL ANTICORROSIVO POLIESTIRENO Y ACEITE PIROLÍTICO
- ANEXO D:** NTE INEN 1006: DETERMINACIÓN DE ADHERENCIA CON PRUEBA DE CINTA
- ANEXO E:** CLASIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ADHESIÓN, LA NORMA ASTM D-3359
- ANEXO F:** NTE INEN 1024: DETERMINACIÓN DE LA MATERIA NO VOLÁTIL Y VOLÁTILES TOTALES
- ANEXO G:** NTE INEN 1013: DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD
- ANEXO H:** NTE INEN 1009 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD E INTE INEN 1007 GRADO DE MOLIENDA
- ANEXO I:** NTE INEN 1010: DETERMINACIÓN DEL PODER CUBRITIVO
- ANEXO J:** DETERMINACIÓN DEL GRADO DE OXIDACIÓN
- ANEXO K:** PRUEBAS DE LA NORMA ASTM – D 610:GRADO DE OXIDACIÓN

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

%:	Porcentaje
ASTM:	American Society for Testing and Materials
Cp:	Centipoise
cm:	Centímetros
D:	Diámetro
d:	Densidad
EPS:	Poliestireno Expandido Reciclado
g:	gramo
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
KU:	Unidades Krebs
mL:	mililitros
mpy:	Milésimas de pulgadas por año
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue usar el aceite pirolítico de mezclas de poliestireno y polipropileno para la elaboración de un recubrimiento anticorrosivo en base de poliestireno expandido reciclado; se desarrollaron diferentes formulaciones del recubrimiento, con una cantidad fija de aditivo, posteriormente se aplicaron las muestras obtenidas y un recubrimiento comercial sobre acero, cobre para mayor eficiencia en el control de la corrosión con relación al porcentaje de superficie corroída. se desarrolló la formulación óptima, con 200 ml de Aceite Pirolítico como solvente, 13,5 gramos de óxido de zinc como protector ante la formación de moho en la película, 8,7 gramos de dióxido de titanio como pigmento. Los resultados de la caracterización fisicoquímica y reológica del recubrimiento arrojaron los siguientes valores medios. Viscosidad 2893cP. La información sobre 71,66% de adhesión, 2 horas (120 minutos) de tiempo de secado, 38,5 % de sólidos. Las comparaciones según la norma ASTM D610 "Métodos de prueba estándar para evaluar el grado de óxido en superficies de acero pintadas, se inspeccionaron visualmente la apariencia física y las buenas propiedades del metal base al verificar la superficie debajo del recubrimiento. Se encontró que la fórmula A presenta una resistencia a la corrosión menor en comparación con los revestimientos disponibles de tipo comercial. La formulación A cumple con los métodos de criterios específicos como viscosidad (NTE INEN 1013), tiempo de secado (ASTM D640), y contenido de sólidos (NTE INEN 1024). Se recomienda utilizar el ensayo de cámara de niebla salina, además de otras técnicas más avanzadas como la microscopía electrónica de barrido, para contar con más datos, información y herramientas a la hora de analizar los resultados sobre la composición de los recubrimientos anticorrosivos.

Palabras clave: <POLIESTIRENO (PS)>, <POLIPROPILENO (PP)>, <ACEITE PIROLÍTICO>, <ANTICORROSIVO>, <RECUBRIMIENTO>.



2264-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The objective of this research was to use the pyrolytic oil of polystyrene and polypropylene mixtures for the elaboration of an anticorrosive coating based on recycled expanded polystyrene; different formulations of the coating were developed, with a fixed amount of additive, then the obtained samples and a commercial coating were applied on steel, copper for greater efficiency in the control of corrosion in relation to the percentage of corroded surface. The optimum formulation was developed, with 200 ml of Pyrolytic Oil as solvent, 13.5 grams of zinc oxide as protector against the formation of rust in the film, 8.7 grams of titanium dioxide as pigment. The results of the physicochemical and rheological characterization of the coating yielded the following average values. Viscosity 2893cP. Information on 71.66% adhesion, 2 hours (120 minutes) drying time, 38.5% solids. Comparisons according to ASTM D610 "Standard Test Methods for Evaluating Rust Degree on Painted Steel Surfaces, the physical appearance and good properties of the base metal were visually inspected by checking the surface under the coating. Formulation A was found to exhibit lower corrosion resistance compared to commercially available coatings. Formulation A meets specific criteria methods such as viscosity (NTE INEN 1013), drying time (ASTM D640), and solids content (NTE INEN 1024). It is recommended to use the salt spray chamber test, in addition to more advanced techniques such as scanning electron microscopy, in order to have more data, information and tools when analyzing the results on the composition of anticorrosive coatings.

Keywords: <POLYSTYRENE (PS)>, <POLYPROPYLENE (PP)>, <PYROLYTIC OIL>, <ANTICORROSIVE>, <COATING>.

ANA GABRIELA
REINOSO
ESPINOSA

Firmado digitalmente
por ANA GABRIELA
REINOSO ESPINOSA
Fecha: 2022.12.07
17:16:07 -05'00'

INTRODUCCIÓN

La corrosión es un problema que debe ser visto como un hecho que pone en evidencia el proceso natural en que los metales vuelven a su condición primitiva, lo cual lleva a su posterior deterioro. (Chaieb, y otros, 2018). Esto es el resultado de la exposición de metales a un medio corrosivo ocurriendo una acción electroquímica si el medio es muy agresivo, como es el caso de la industria y si no se los trata a tiempo puede generar pérdidas de millones de toneladas de metales anualmente y pérdidas en la economía de las industrias.

El uso de recubrimientos inorgánicos es ampliamente utilizado para prevenir y controlar la corrosión. Han mostrado un gran potencial en comparación con los recubrimientos orgánicos; sin embargo, están asociados con impactos negativos en el medio ambiente y los seres humanos, ya que se ha descubierto que la mayoría de estos compuestos son altamente tóxicos, costosos y dañinos. Esta situación ha creado la necesidad de buscar fármacos anticorrosivos económicos y respetuosos con el medio ambiente.

El reciclaje y uso de residuos plásticos y sintéticos en todo el mundo se ha convertido en una importante tendencia de investigación. Se ha desarrollado y caracterizado un recubrimiento polimérico a base de material reciclado depositado sobre sustrato metálico. Entre los polímeros de gran demanda en el mundo se encuentra el poliestireno expandido. Se han realizado investigaciones con el fin de reciclar y utilizarlo para obtener plásticos que se utilizarán como materia prima en su reciclaje.

Esta investigación se basa en observar cómo responde un recubrimiento anticorrosivo a base de poliestireno expandido reciclado y aceite pirolítico (con base de poliestireno y polipropileno), sobre un sustrato en un ambiente salino con el fin de recabar información relativa de la resistencia a la corrosión de las piezas protegidas superficialmente. Además, mostrará que las grandes cantidades de poliestireno expandido que se desechan después de ser utilizadas pueden transformarse en un subproducto y materia prima útil para evitar la corrosión de metales y aleaciones; lo que servirá para fundamentar bases de un modelo de gestión y reciclaje; logrando la obtención de anticorrosivos de excelente calidad que pueden competir con otros aditivos y pigmentos comerciales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más destacados en la actualidad es sin duda la contaminación ambiental. Debido a los efectos y consecuencias adversas de la disposición inadecuada de los residuos sólidos, nos enfrentamos a una realidad devastadora y perturbadora que está acabando con la capacidad de los organismos vivos para proporcionar los elementos esenciales de los procesos naturales y del hacer. En el Ecuador se generaron diariamente en el año 2002, 336 toneladas de residuos plásticos domiciliarios, industriales y agrícolas, ocasionando problemas ambientales con dos vertientes: la extracción de recursos naturales no reciclables y la disposición y disposición de residuos (Mancheno et al., 2016).

La mayor parte del plástico se puede reutilizar o reciclar, pero hoy en día, especialmente en las grandes ciudades, este desperdicio es un problema difícil de solucionar. De hecho, esta es una tarea costosa y compleja para los municipios responsables de la recolección y disposición final de los residuos. Esto se debe a que a la cantidad de contenedores se le debe sumar la cantidad que representan. La producción mundial de plástico es de 407 millones de toneladas, de las cuales 16 corresponden a envases y embalajes (industriales, comerciales y domésticos) de 2015, fabricados principalmente de polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno y poliestireno (LIBERA, 2016).

El poliestireno (PS), un material no biodegradable y químicamente inerte, es problemático debido a su gran masa. Una tonelada de poliestireno desechado tiene una capacidad de unos 200.000 litros. Eventualmente, la espuma de poliestireno puede ser depositada en vertederos o incinerada, causando serios problemas ambientales si no cumple con las regulaciones. Existen varios métodos químicos para reciclar los desechos de espuma de poliestireno, pero los métodos químicos a menudo implican el uso de solventes peligrosos (Poletto et al., 2011).

Algunas alternativas encaminadas a la agregación de valor a los residuos, propuestas por el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos–PNGIDS ECUADOR son el Waste to Energy y el reciclaje, sin embargo, no existen estudios que detallen los mecanismos de reacción existentes en la degradación térmica de los diferentes tipos de plástico, lo cual es de vital importancia conocer y tomar en cuenta cuando se vaya a utilizar métodos de reciclaje terciario de los mismos, ya que debido a su composición química, y sus formas alternativas de reaccionar ante distintas condiciones como es la temperatura, se deberán utilizar diferentes contextos de la degradación térmica para obtener el máximo aprovechamiento energético.

Problema General de Investigación

¿El uso de aceite pirolítico de mezclas de poliestireno (PS) y polipropileno (PP) es eficaz para la elaboración de un recubrimiento anticorrosivo en base de poliestireno expandido reciclado?

JUSTIFICACIÓN

El poliestireno expandido reciclado puede convertirse en materia prima para la fabricación de nuevos productos plásticos, al triturarse y compactarse. Sin embargo, su reciclaje puede volver a tener un impacto en la construcción de proyectos arquitectónicos y urbanos, al convertirse en pinturas y recubrimientos.

Entre los productos desarrollados en base a este reciclaje se encuentran las pinturas de alto tráfico, para la demarcación vial y el pintado de pisos, presentando una efectiva adherencia al hormigón y asfalto. Estas pueden lavarse y secarse rápidamente, y pueden aplicarse de forma manual o a través de sistemas de pulverización airless (spray).

En un ámbito más doméstico, pueden aplicarse en distintos colores sobre muros, y como sellos de terminación para vitrificados o pisos cementicios, o como impermeabilizantes de superficies de albañilería, mortero u hormigón.

La corrosión es un problema que debe ser visto como un hecho que pone en evidencia el proceso natural en que los metales vuelven a su condición primitiva, lo cual lleva a su posterior deterioro. (Chaieb, y otros, 2018). Esto es el resultado de la exposición de metales a un medio corrosivo ocurriendo una acción electroquímica si el medio es muy agresivo, como es el caso de la industria y si no se los trata a tiempo puede generar pérdidas de millones de toneladas de metales anualmente y pérdidas en la economía de las industrias.

Además de esas pérdidas, los óxidos formados por la corrosión pueden contaminar los productos de distintas industrias y que igualmente generan gastos. Este fenómeno hace necesario contar con adecuados revestimientos anticorrosivos que deben ser lo más inertes posibles a las condiciones ambientales y mecánicas tan importantes como la adherencia al sustrato. Es por eso que la industria se preocupa por contar con técnicas adecuadas de control de calidad y desarrollar mejores formulaciones para sus productos.

Esta investigación se basa en observar cómo responde un recubrimiento anticorrosivo a base de poliestireno expandido reciclado y aceite pirolítico (con base de poliestireno y polipropileno), sobre un sustrato en un ambiente salino con el fin de recabar información relativa de la resistencia a la corrosión de las piezas protegidas superficialmente. Además, mostrará que las grandes cantidades de poliestireno expandido que se desechan después de ser utilizadas pueden transformarse en un subproducto y materia prima útil para evitar la corrosión de metales y aleaciones; lo que servirá para fundamentar bases de un modelo de gestión y reciclaje; logrando la obtención de anticorrosivos de excelente calidad que pueden competir con otros aditivos y pigmentos comerciales.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Usar el aceite pirolítico de mezclas de poliestireno y polipropileno para la elaboración de un recubrimiento anticorrosivo en base de poliestireno expandido reciclado.

Objetivos específicos

- Preparar la resina poliestirenica a partir de espuma flex y el aceite pirolítico de poliestireno para la elaboración de un recubrimiento anticorrosivo.
- Desarrollar una formulación óptima del recubrimiento anticorrosivo a base de Poliestireno expandido.
- Caracterizar el recubrimiento anticorrosivo a base de Poliestireno expandido.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

En el año 2021 el trabajo de titulación denominado “Aprovechamiento de residuos de poliestireno expandido y cáscara de naranja para elaborar un barniz ecológico para madera en Iquitos 2021” el estudio tuvo como objetivo aprovechar los residuos de poliestireno expandido y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) para elaborar un barniz ecológico para madera en la ciudad de Iquitos. Se planteó un diseño experimental de tipo descriptivo, ya que inicialmente se observaron las características físicas, químicas del aceite esencial de la cáscara de naranja para solubilizar el material poliestireno expandido. Luego de esto, se realizaron diferentes formulaciones de EPS/Aceite esencial. Obteniendo como resultado un barniz ecológico en la relación 5/10 con olor agradable a naranja, y con una buena adherencia y una superficie brillante en la madera (Pacaya, 2021).

En el año 2019 el artículo “Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial” realizó una revisión bibliográfica sobre alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje de poliestireno expandido a nivel mundial, basado en el uso de recursos naturales y los impactos ambientales asociados a estos. El impacto ambiental de cada técnica se determinó por medio de la construcción de una matriz en Excel donde se registró la frecuencia de empleo de: (I) técnica primaria, secundaria o terciaria, (II) los recursos naturales usados y (III) los compartimientos ambientales afectados. Se consultaron fuentes primarias que abordan el tema del tratamiento del poliestireno expandido a nivel mundial. Se encontró que las mejores técnicas para el reciclaje del poliestireno son la primaria y terciaria específicamente trituración manual y uso de solventes verdes como d-limoneno y p-cimeno, para dejar en últimas posiciones a los tratamientos secundario y terciario, métodos de aglutinamiento y generación de energía, respectivamente (Arthuz-López and Pérez-Mora, 2019).

En el año 2017 el trabajo de titulación denominado “Evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio” tuvo como objetivo llevar a cabo la elaboración de un recubrimiento a partir del reciclaje de poliestireno expandido diluido con dlimoneno utilizando posteriormente octoato de cobalto como secante para la mezcla y adicionando dióxido de titanio (TiO₂) en pasta como pigmento, para su posterior análisis y comparación con un recubrimiento comercial; la idea se desarrolló de manera personal como propuesta de innovación para el reciclado del poliestireno expandido y se contó con la colaboración de los laboratorios de calidad de Pintuflex S.A.S. para la realización de las

pruebas de calidad pertinentes. Para desarrollar el proyecto se llevaron a cabo tres fases diferentes: la primera fase, en donde se desarrolla la resina con la que se hará el recubrimiento, en este punto se ajusta la relación poliestireno-limoneno y las probetas se someten a pruebas de aplicación en láminas de ETERBOARD haciendo la aplicación de dos formulaciones por lámina simulando una prueba de intemperismo al natural para determinar la idoneidad de cada una (Avellaneda, 2017b).

La segunda fase, en donde se realiza la adición del catalizador (octoato de cobalto) y el pigmento (TiO₂), realizando un diseño de experimentos 2K con diferentes concentraciones tanto de catalizador como de pigmento siguiendo formulaciones encontradas en la literatura para realizar el recubrimiento que posteriormente se someterá a las pruebas propias de un esmalte comercial la determinación de la viscosidad, secado, adherencia, brillo, opacidad y resistencia a intemperie. La tercera fase, donde finalmente se realiza la comparación del recubrimiento obtenido con un esmalte comercial para establecer un análisis de costo de producto y capacidad para cumplir su función (Avellaneda, 2017a).

En el año 2016 el artículo “Use of recycled expanded polystyrene to obtain an ant-corrosive coating” plantó el uso de poliestireno expandido reciclado utilizando limoneno como solvente para su uso como anticorrosivo. Se desarrollaron diferentes formulaciones que se obtuvieron en función de diferentes cantidades de poliestireno expandido reciclado, limoneno, dióxido de titanio y óxido de zinc, utilizando una cantidad constante de octoato de cobalto como aditivo.

Al término de la preparación de cada formulación se procedió a evaluar el potencial anticorrosivo del recubrimiento sobre placas metálicas de acero al carbono mediante un ensayo de cámara de niebla salina. Al comparar el recubrimiento obtenido con un recubrimiento comercial en cuanto a su eficiencia y capacidad para la prevención y control de la corrosión, se pudo concluir que el recubrimiento desarrollado en este proyecto solo presentó un 10 % de superficie corroída, frente al 50 % de superficie corroída de la probeta pintada con el recubrimiento comercial (Meza Castellar, et al. 2016).

1.2. Marco conceptual

1.2.1. Pintura

La pintura es un producto fluido que, aplicado sobre una superficie en capas relativamente delgadas, se transforma al cabo de un tiempo en una capa sólida que se adhiere a dicha superficie, de tal forma que recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado. La pintura para uso comercial, es una pintura acrílica diluida al agua que contiene resinas plásticas hechas de acrílicos y polivinilo. Tiene mayor poder cubritivo debido a que posee más pigmentos en su composición.

1.2.2. Características de la pintura

La pintura tiene una excelente resistencia en exteriores e interiores, en especial sobre sustratos alcalinos. Su alto poder cubritivo se debe a aditivos incorporados, para mejorar la nivelación de la película cuando está húmeda.

Es de secado rápido, y en este proceso cambia de tono o adquiere una terminación más opaca o mate. La mayoría de los fabricantes de pintura elaboran productos con bajos índices de compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales dan como resultado una pintura látex con bajo olor que no daña la capa de ozono y son más amigable con el medioambiente.

1.2.3. Ventajas de las pinturas

- No es inflamable.
- Tiene poco olor mientras se seca.
- Secado y aplicación rápida.
- Diluible con agua.
- No contamina.
- Buen producto para aplicarlo como pintura base.

1.2.4. Tipos de pinturas

1.2.4.1. Temple

Es el tipo de pintura más utilizado para paredes interiores. Es una pintura permeable, porosa, de aspecto mate. No se puede lavar, ni colocar en zonas expuestas a la lluvia ni condensaciones de agua.

1.2.4.2. Pintura plástica

Es un pigmento del cual se pueden limpiar las manchas que pueda recibir. Se usa en habitaciones, comedores, dormitorios, etc. No conviene usarla en locales donde se produce vapor, como baños o cocinas, pues debido a que genera una capa impermeable no permite el paso del vapor, por esa razón es común que se formen ampollas en su superficie. En estos recintos conviene usar pinturas de diferente composición y más permeables que permitan el paso de los gases. Se aplica principalmente sobre revoques de yeso o cemento y derivados.

1.2.4.3. Esmalte graso

Se utiliza tanto para el interior como para el exterior, y tanto para paredes y techos como para muebles, puertas, ventanas, metales, etc. Ofrece resistencia al agua, pierde brillo si está expuesto al sol, es fácilmente lavable, buena resistencia al frote, secado lento, especialmente a bajas temperaturas, y buena extensibilidad. Se le conoce como pintura de aceite y no es soluble en agua sino en solventes como el aguarrás, trementina, acetona, tolueno, entre otros.

1.2.4.4. Esmalte sintético

Este es el tipo de pintura que mejor conserva el brillo, incluso a la intemperie. El acabado es liso, con aspecto mate, satinado o brillante. Se utiliza mucho para proteger superficies de metal y de madera, tanto en el exterior como interior. A diferencia del esmalte graso esta se seca con mayor rapidez; algunos de ellos son de secado ultrarrápido y se deben aplicar exclusivamente a pistola.

1.2.4.5. Pintura al cemento

Es de aspecto mate y relativamente resistente al desgaste y a la erosión provocados por la lluvia, viento, etc. Se utiliza en el exterior, en superficies que deben ser rugosas para que se adhiera sin problemas. Se compran en polvo y se mezclan con agua, es importante aplicarlo justo después de mezclarlo con agua, ya que se endurecen rápidamente. Este tipo de pinturas cementicias ha sido superado ampliamente desde hace unos años por pinturas específicas para exteriores, entre las que podemos encontrar las pinturas de piso.

1.2.4.6. Pintura a la cal

La gran ventaja de esta pintura, además de su bajo costo, es que debido a su alcalinidad tiende a destruir la materia orgánica, por lo tanto, es útil para pintar habitaciones de casas abandonadas o que no se han usado por tiempo donde existe la presencia de insectos. Es antiséptica. No es adecuada para el exterior, pues, el agua de lluvia tiende a eliminarla, aunque se le agreguen aditivos comúnmente llamados fijadores. El proceso de carbonatación, es decir de formación de la capa sólida, se da exclusivamente en presencia del dióxido de carbono del aire. Demora en fijarse los días lluviosos o de mucha humedad. Presenta también la gran ventaja adicional de permitir el pasaje de los vapores por eso es apta para ser usada en baños y cocinas, pues permite la "respiración" del paramento, disminuyendo así la posibilidad de formación de hongos (pues estos se producen en ambientes anaeróbicos, es decir sin presencia de aire).

1.2.5. Aditivos

El aditivo se utiliza para mejorar la protección contra la corrosión para el servicio de larga duración en sistemas de limpieza industrial, es neutral y alcalino y sirve como pasivación para la protección temporal contra la corrosión de acero, hierro y hierro fundido. Entre sus múltiples beneficios están:

- Proporciona protección contra la corrosión adicional para limpiadores a base de agua.
- Efecto óptimo en sistemas neutros y alcalinos de valor de pH.
- Es compatible con acero, acero inoxidable, aluminio, metales no ferrosos y otras superficies.
- Es base agua, no es inflamable.
- Libre de COV.

1.2.5.1. Ficha técnica

La siguiente ficha tiene los estándares que exige la Norma INEN 1045.

Tabla 1-1: Ficha técnica de Aditivo Anticorrosivo.

Densidad	1.17 g/mL (20°C)
Punto álgido	>100°C (212°F)
Olor/color	Amarillo
pH	8,5
Prueba de chip de hierro DIN 51360/2	De 2,5%, grado de óxido 0
COV	0%
Vida Útil	2 años

Fuente: (Escobar Torres 2018, pp. 6).

1.2.6. Solvente

La utilización de los solventes en conservación exige gran cuidado, tomando en cuenta no sólo los efectos inmediatos y visibles sino también los efectos a largo plazo y más difícilmente controlables, que estos pueden tener en las obras.

Los solventes son compuestos orgánicos basados en el elemento químico carbono. Producen efectos similares a los del alcohol o los anestésicos. A los inhalantes de uso industrial se les llama solventes por su capacidad de disolver muchas sustancias, con la introducción del uso del petróleo y sus derivados durante el siglo XX, cada vez son más los productos comerciales que contienen solventes: diluyentes, pegamentos, limpiadores, gasolinas, engrasantes, entre otros.

Los solventes industriales de mayor uso son los cementos (tricloroetileno, tetracloroetileno), los pegamentos (tolueno, acetato de etilo y varias acetonas), el thinner (destilados de petróleo, benceno, acetona, tricloroetileno, tetracloroetileno) y los removedores de barniz o pintura (acetona, tolueno, benceno, cloruro de metileno).

1.2.7. Resina

La resina, en estado bruto es un líquido de consistencia viscosa que puede ser translúcida o transparente. Al añadirsele dos componentes (catalizador y acelerador) se produce una reacción química denominada polimerización que hace que la resina se gelifique o endurezca. Durante el proceso de polimerización o curado, la resina se transforma en un producto gelatinoso que posteriormente se endurecerá, mostrando su apariencia final.

En realidad, lo que está ocurriendo en este proceso es una reacción química por la que moléculas pequeñas se unen y forman moléculas gigantes, creando este material. La manipulación de estos componentes debe llevarse a cabo cuidadosamente siguiendo siempre los mismos pasos; la resina debe mezclarse con el catalizador y a esta mezcla se le podrá añadir un acelerador, dependiendo del tiempo de congelado que se necesite.

1.2.8. Pigmento

Los pigmentos inorgánicos están formados por minerales de composición definida, y se obtienen de tierras, fósiles, entre otros. bajo diferentes formas químicas, como silicatos, carbonatos y sales de diferentes metales, entre los que el más importante es el hierro. Los pigmentos inorgánicos son insolubles y muy estables frente a agentes como la luz o el calor. Dan un resultado más cubriente u opaco y color de tipo mate. Se pueden clasificar en:

1.2.8.1. Blancos

El más destacado es el Dióxido de Titanio, posee un elevado poder de cubrición con alta resistencia a la luz y al exterior, además tiene una resistencia a los agentes químicos elevada. Dentro de los blancos opacos también se encuentra el Óxido de Zinc y el Sulfuro de Zinc. Y dentro de los no opacos tenemos, el Carbonato Calcio, Mica y Sulfato de Bario.

1.2.8.2. Naturales

Dentro de los pigmentos inorgánicos coloreados encontramos los naturales, ocre, hematitas, magnetitas, etc. Esta clase de pigmentos se encuentran en los minerales en estado nativo y son extraídos y purificados, pero sin modificar su estructura.

1.2.8.3. Sintéticos

Los pigmentos de este grupo no se encuentran en la naturaleza, sino que se fabrican a partir de reacciones químicas sobre metales. Dentro de este grupo se encuentran los complejos inorgánicos (rutilo, fosfato, espinel), óxidos metálicos (Óxidos de hierro y Óxidos de cromo) y Sales Metálicas (Pigmentos de Cadmio).

1.2.9. Poliestireno Expandido (EPS)

El poliestireno como la gran mayoría de los polímeros termoplásticos, es un derivado de los hidrocarburos (petróleo o gas natural). La gran variedad de tipos que existen, lo convierten en un material muy versátil, apropiado para un amplio número de aplicaciones (Jacay and Quispe, 2020b).

1.2.10. Polímero

Es una molécula grande formada por unidades mucho más pequeñas que se repiten uniéndose entre ellas. Los alquenos sirven como monómeros para algunos de los polímeros más frecuentes, como el polietileno, poliestireno, policloruro de vinilo y entre otros (Jacay and Quispe, 2020a).

1.2.11. Recubrimiento anticorrosivo

Recubrimiento que se utilizan para proteger de la corrosión a las superficies metálicas, generalmente son recubrimientos orgánicos, los cuales se mezclan con otras sustancias o compuestos, tales como los diferentes aditivos y/o pigmentos utilizados en la industria de las pinturas, para mejorar sus propiedades anticorrosivas (Vascones, 2021b).

1.2.12. Tipos de recubrimientos

1.2.12.1. Recubrimiento metálico

Se aplican a sustratos metálicos para diversos fines, entre los que se incluyen mejorar la resistencia a la corrosión, la resistencia al desgaste, y para mejorar la apariencia. Sin embargo, la principal función es la resistencia a la corrosión (Contreras, Díaz and Castellar, 2013a).

1.2.12.2. Recubrimientos de conversión

El termino recubrimiento de conversión se utiliza para describir recubrimientos donde el metal del sustrato proporciona iones que pasan a formar parte de la capa protectora. Las capas de recubrimientos de conversión poseen compuestos inorgánicos que son químicamente inertes (Contreras, Díaz and Castellar, 2013b).

1.2.12.3. Recubrimientos orgánicos

Los recubrimientos orgánicos son ampliamente utilizados para proteger las superficies metálicas de la corrosión. La eficacia de estos recubrimientos es dependiente no solamente de las propiedades de los recubrimientos que están relacionados con la red polimérica y posibles defectos en esta red, sino también en el carácter del sustrato metálico, el pretratamiento superficial, y los procedimientos de aplicación. Por lo tanto, cuando se considera la aplicación de un recubrimiento, es necesario tener en cuenta las propiedades de todo el sistema (Contreras, Díaz and Castellar, 2013b).

1.2.13. Adhesión

Es el grado de adherencia entre una capa de pintura o barniz y el sustrato con el que está en contacto; debido a que esta podría ser otra capa de pintura (la unión entre pintura y pintura) u otro material como madera, metal, yeso (la unión entre la pintura y su capa base). La adhesión no debe confundirse con la cohesión ya que la atracción mutua es la relación entre las moléculas de dos cuerpos de diferentes propiedades en contacto (Escobar Torres 2018, pp. 6).

1.2.14. Cargas

Son generalmente productos de tipo inorgánico, ya que se utilizan para añadir sólidos a las pinturas. También se debe tener en cuenta que la viscosidad, la reología, el brillo, etc., aportan a

la carga utilizada. Las cargas naturales son de las materias primas más comunes en las formulaciones de pinturas y revestimientos plásticos. Entre las 28 cargas diferentes, la calcita predomina primero, seguida por el talco y el cuarzo (Escobar Torres 2018, pp. 6).

Tabla 2-1: Cargas naturales más usadas en Formulaciones de Anticorrosivos, Pinturas y Diluyentes.

Cargas	Composición Química	Fórmula Química	Morfología	Peso Específico (g/cm³)	Dureza Mohs
Creta	Carbonato de Calcio	CaCO ₃	Amorfa	2,7	1,5-2,5
Calcita	Carbonato de Calcio	CaCO ₃	Nodular	2,7	3
Dolomita	Carbonato de Calcio y Magnesio	CaMg(CO ₃)	Nodular	2,7	3,5-4
Cuarzo	Sílice o Bióxido de Silicio	SiO ₂	Nodular	2,65	7
Talco	Silicato de Magnesio	2MgO.4SiO ₂ (M OH ₂)	Laminar	2,75	1-1,5
Caolín	Silicato de Aluminio	(Al ₂ O ₃). (SiO ₂) ₁ 2	Laminar	2,6	2-2,5
Mica	Silicato de Aluminio, Potasio y Magnesio	Bastante Compleja	Muy Laminar	2,85	2-2,5
Barita	Sulfato de Bario	BaSO ₄	Nodular	4,25	2,5-3,5

Elaborado: Orozco, Carolina, 2022.

1.2.15. Corrosión

La corrosión es el ataque destructivo de un metal por una reacción química o electroquímica con el medio ambiente (Avellaneda, 2017a).

1.2.16. Corrosión electroquímica

Este tipo de corrosión es la más frecuente y comprende la corrosión atmosférica en aire húmedo, suelos, por medios electrolíticos y por sales fundidas. La corrosión electroquímica se produce cuando al poner ciertos metales con alto número de electrones de valencia, con otros metales, estos tienden a captar dichos electrones libres produciendo corrosión (García, León and Sierra, 2014a).

1.2.17. Métodos de control y prevención de la corrosión

Los métodos de control y prevención de la corrosión son muy importantes en la actualidad, sin ellos sería sumamente difícil mantener el ritmo de producción industrial, ya que estos permiten extender la vida útil de muchos materiales y equipos, logrando una mayor eficiencia y un ahorro significativo en los costos de reparación y mantenimiento de las industrias (García, León and Sierra, 2014b).

1.2.18. Velocidad de corrosión

La velocidad de corrosión o la velocidad de eliminación del material como consecuencia de la acción química constituye un importante parámetro de la corrosión. Se puede expresar como la pérdida de espesor del material por unidad de tiempo. Es la velocidad a la que un metal determinado se deteriora en un entorno específico. La velocidad, depende de las condiciones ambientales, así como también del tipo y condición del material (Vascones, 2021).

1.2.19. Aceite pirolítico

El aceite pirolítico o aceite de pirólisis es el producto final del pirólisis de neumáticos de desecho y plásticos. Este aceite se usa ampliamente como combustible industrial para reemplazar el aceite de horno o el diésel industrial. Las aplicaciones industriales típicas del aceite de pirólisis como combustible son en maquinaria que utiliza combustible que no requiere aceite combustible de alta calidad (Espín, 2020).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Hipótesis y especificación de variables

2.1.1. *Hipótesis General*

El uso del aceite pirolítico de mezclas de poliestireno y polipropileno para la elaboración de un recubrimiento anticorrosivo en base de poliestireno expandido reciclado es una alternativa apropiada y diferente de los recubrimientos anticorrosivos comerciales para prevenir la corrosión y conservar el medio ambiente.

2.1.2. *Hipótesis específicas*

- Desarrollar una formulación óptima del recubrimiento anticorrosivo a base de Poliestireno expandido será una opción viable.
- Evaluar las variables de recubrimiento del producto obtenido permitirá corroborar la hipótesis principal.
- Comparar la eficiencia anticorrosiva del recubrimiento obtenido con la de un recubrimiento comercial ayudara a seleccionar la mejor formulación.

2.1.3. *Identificación de variables*

2.1.3.1. *Variables dependientes*

Porcentaje de Superficie Corroída

2.1.3.2. *Variables independientes*

Relación poliestireno expandido y Aceite pirolítico

Operacionalización de variables

Tabla 2-1 Operacionalización de Variables.

VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	INSTRUMENTO
<p>Variable dependiente: Porcentaje de Superficie Corroída</p> <p>Variable independiente Eficiencia del poliestireno expandido</p>	<ul style="list-style-type: none"> La corrosión es el ataque destructivo de un metal por una reacción química o electroquímica con el medio ambiente. El poliestireno como la gran mayoría de los polímeros termoplásticos, es un derivado de los hidrocarburos. La gran variedad de tipos que existen, lo convierten en un material muy versátil, apropiado para un amplio número de aplicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de exposición al ambiente corrosivo (horas). Tiempo de secado del recubrimiento Viscosidad de aplicación del recubrimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Cronómetro Cronómetro Viscómetro

Realizado por: Orozco, Carolina, 2022.

2.2. Tipo y diseño de investigación

El carácter de esta investigación es cuantitativo de tipo experimental. Para cumplir con los objetivos planteados, se realizaron pruebas de laboratorio, donde se prepararon distintas formulaciones para el recubrimiento anticorrosivo con diferentes cantidades, con el fin de evaluar los efectos que estas variables tienen sobre el potencial anticorrosivo del mismo.

2.2.1. Inductivo

La investigación se apoyó de indagaciones anteriores realizadas dentro del país, la misma que sirvió como guía para la utilización de la metodología apropiada para llevar el proceso de obtención y evaluación del recubrimiento a base de poliestireno expandido reciclado.

Para realizar el estudio se tomaron 2 diferentes formulaciones mismas que fueron sometidas a varias pruebas (tol negro y láminas de cobre) cubiertas por el anticorrosivo con el propósito de evaluar la velocidad de corrosión

2.2.2. Deductivo

Mediante el método deductivo este estudio permitirá dar solución al problema que genera la corrosión en metales y aleaciones realizando la obtención del recubrimiento anticorrosivo a base de poliestireno expandido reciclado mediante un análisis estadístico de los datos obtenidos en la investigación.

2.2.3. Experimental

El diseño experimental de la investigación se efectuó mediante la toma de muestras en la etapa de obtención del recubrimiento anticorrosivo, determinación de las variables como viscosidad, tiempo de secado y adherencia, toma de datos del peso inicial y peso final de las probetas usadas (tol negro y láminas de cobre) y datos finales de la velocidad de corrosión que presentan las muestras dispuestas para el estudio.

2.3. Unidad de análisis

El objeto de estudio será la obtención del recubrimiento a base de poliestireno expandido reciclado, para lo cual será necesario variar diferentes porcentajes de resinas, solventes y aditivos. Una vez

obtenido el recubrimiento se realizarán diferentes pruebas como: viscosidad, tiempo de secado y adherencia.

2.4. Población de estudio

La población que se considera en la presente investigación son todos los tipos de poliestireno expandido que se pueden encontrar, entre los cuales se pueden resaltar aquellos de mayor uso comercial, es decir, el poliestireno expandido reforzado, usado en gran porcentaje para el diseño de cielo raso, y el poliestireno expandido liviano, usado para embalaje de productos delicados.

2.5. Tamaño de la muestra

Se realizaron dos formulaciones: FORMULACIÓN A Y FORMULACIÓN B.

2.5.1. Selección de muestra

Las muestras serán seleccionadas de acuerdo a las muestras de poliestireno expandido liviano que serán usadas para embalaje de productos delicados, lo cual brindará además baja resistencia a los esfuerzos de corte, lo cual facilita el fraccionamiento de las muestras que se agregan a las formulaciones.

Se eligió la Formulación A en vista que la formulación B no presenta las características necesarias para realizar las distintas pruebas, por lo cual en la formulación A se han realizado 3 repeticiones para determinar la óptima.

La primera repetición de la Formulación A, 1 se necesita de altas revoluciones por minuto (RPM) siendo que las RPM para la dispersión del poliestireno-aceite pirolítico han sido de 4 RPM y para posterior añadir el dióxido de titanio y el óxido de zinc se aplican 6 RPM.

En la siguiente prueba 2 de la formulación A, se maneja con un tiempo de 30 minutos el PS-aceite pirolítico, posterior añadir el dióxido de titanio y el óxido de zinc en un lapso de 15 minutos por cada uno de ellos.

La tercera prueba de la formulación, necesita 6 RPM para la dispersión del aceite pirolítico junto con el poliestireno y a 9 RPM para añadir el dióxido de titanio con el óxido de zinc, con un lapso de tiempo de 50 min para que se disuelva el aceite pirolítico junto con el poliestireno; mientras que el tiempo de dispersión al agregar el dióxido de titanio es de 45 min y para el óxido de zinc es de 30 minutos.

2.6. Técnicas de recolección de datos

En la presente investigación las técnicas de recolección de datos estarán conformadas por datos obtenidos, en las pruebas experimentales preliminares de este proyecto de investigación, que serán llevadas a cabo en los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Durante estas pruebas se desarrollarán diferentes formulaciones del recubrimiento, con una cantidad fija de aditivo, posteriormente se aplicaron las muestras obtenidas y un recubrimiento comercial sobre acero, para mayor eficiencia en el control de la corrosión con relación al porcentaje de superficie corroída.

2.6.1. Procedimiento de la Elaboración del Anticorrosivo Poliestireno y Aceite Piroclítico

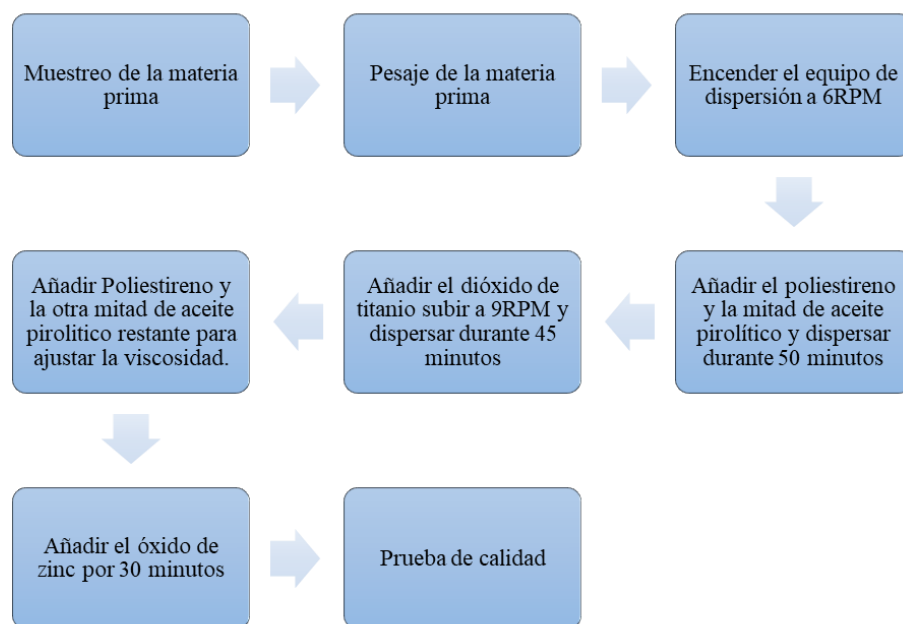


Figura 1-2: la Elaboración del Anticorrosivo Poliestireno y Aceite Piroclítico.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

2.6.2. Procedimiento de Prueba de Adhesión

La prueba de adhesión sigue la normativa (ASTM-D3359 2003), siguiendo el método de prueba estándar para medir la adhesión. Esta prueba evalúa la adhesión de recubrimientos de películas a sustratos metálicos aplicando y quitando cinta sensible a la presión sobre los cortes hechos en la película.

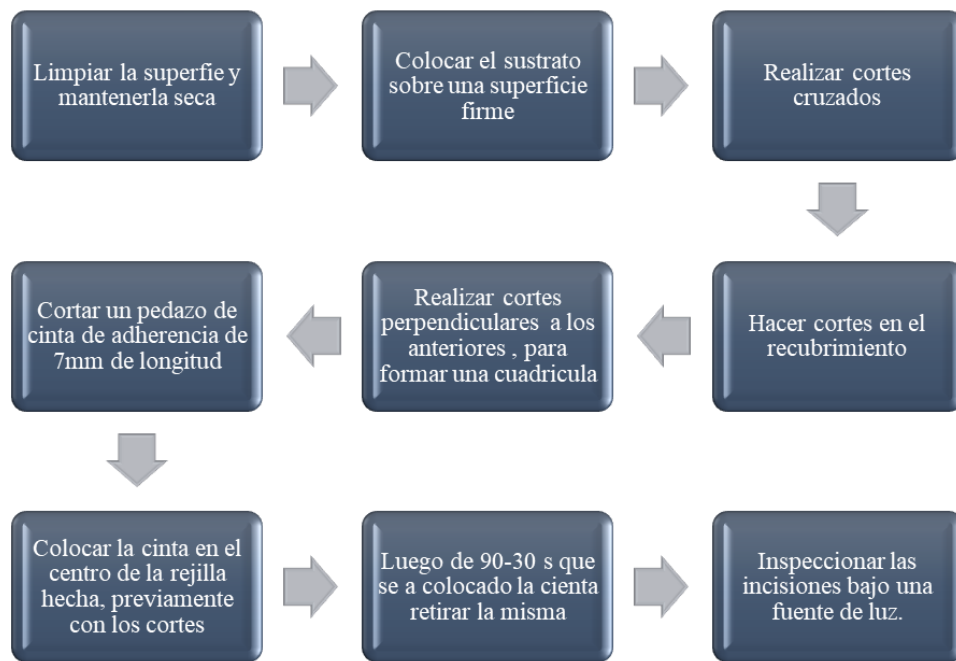


Figura 2-2: Procedimiento de Prueba de Adhesión ASTM D3359.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

2.6.3. Determinación de Porcentaje de Sólidos

Para la determinación del porcentaje de sólidos se utiliza la Norma (INEN NTE-1024: 2016) (PINTURAS Y PRODUCTOS AFINES), que evalúa la materia volátil y no volátil, para lo cual se requiere de los siguientes materiales:

- Balanza analítica
- Estufa, capaz de mantener temperaturas de 130°C a 150°C.
- Pinza, para crisoles
- Papel aluminio, de 90 mm x 140 mm
- Desecador

Con los materiales, se realiza el siguiente procedimiento descrito en la figura 2-3, es importante recalcar que se debe realizar por duplicado.

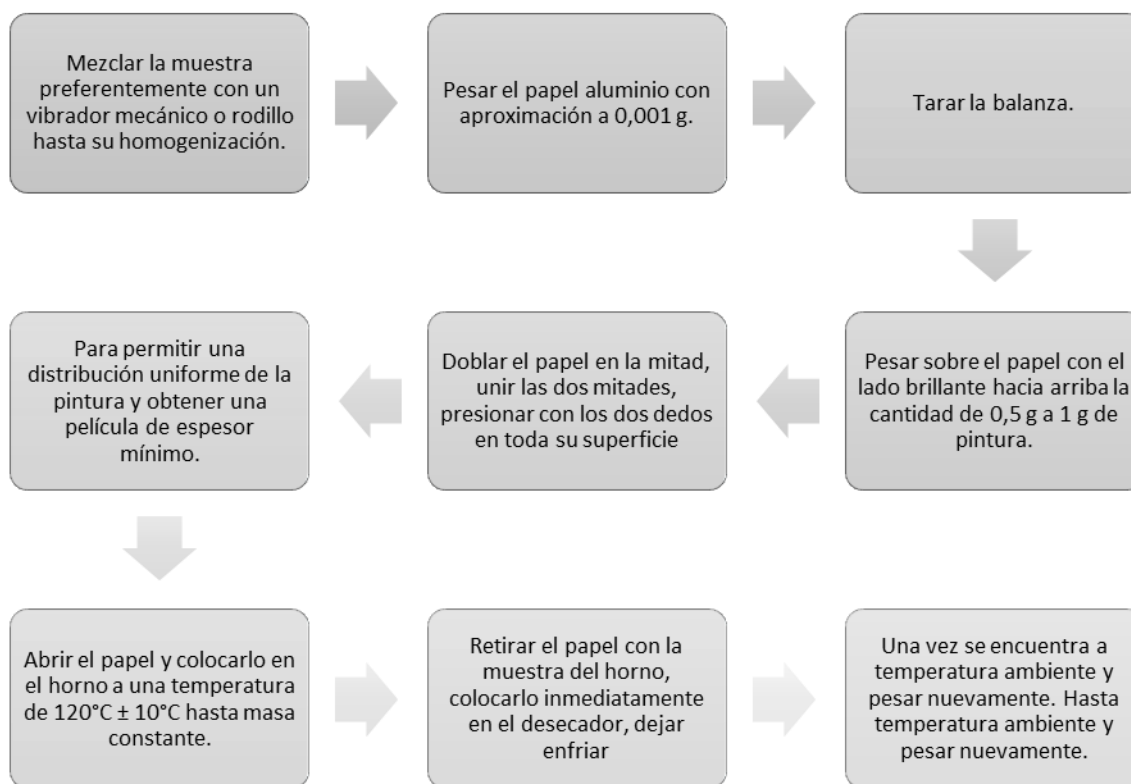


Figura 3-2: Procedimiento para el porcentaje de Material Volátil y No Volátil NTE INEN 1024.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Con los datos determinar obtenidos se calcula con la siguiente ecuación:

$$MNV = \frac{M_2 - M_1}{M} * 100$$

Donde:

MNV = materia no volátil, en porcentaje

M1 = masa del papel aluminio vacío, en gramos

M2 = masa del papel aluminio con el residuo, después del calentamiento, en gramos;

M = masa de la muestra, en gramos.

Para el porcentaje de volátiles simplemente aplicamos la siguiente ecuación $MV = 100 - MNV$

2.6.4. Viscosidad

Para la determinación de la viscosidad se usa la norma (NTE- INEN-1013: 2016), (Pinturas, barnices y productos afines. Determinación de la viscosidad), que tiene el siguiente procedimiento:

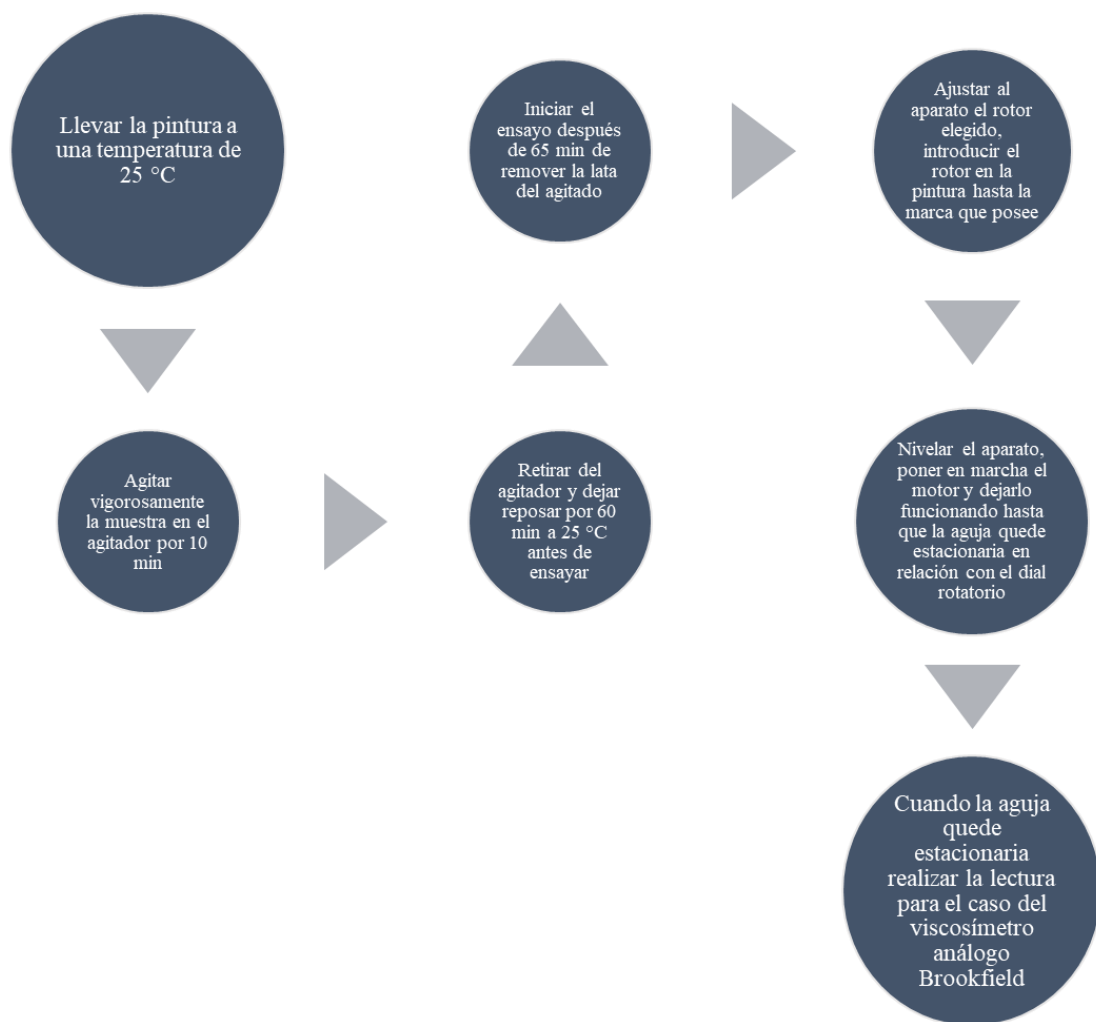


Figura 4-2: Procedimiento para determinar la Viscosidad usando la Norma NTE- INEN- 1013: 2016.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

2.6.5. *Densidad*

Para la determinación de la densidad se usa el procedimiento de la norma ASTM: D1475-98 (Recubrimientos líquidos, tintas y productos relacionados), para tener un alcance dentro de los parámetros exigidos por las normas de control nacional.

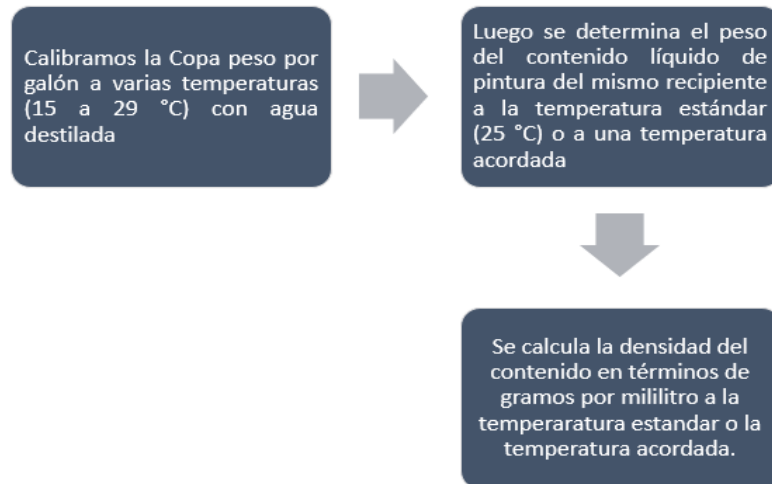


Figura 5-2: Procedimiento para determinar la densidad usando la Norma ASTM: D1475-98.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

2.6.6. Grado de Molienda

Para determinar el grado de molienda se usa el procedimiento de acuerdo a la norma (NTE INEN-1007 2016) y la (ASTM: D1210 2005).

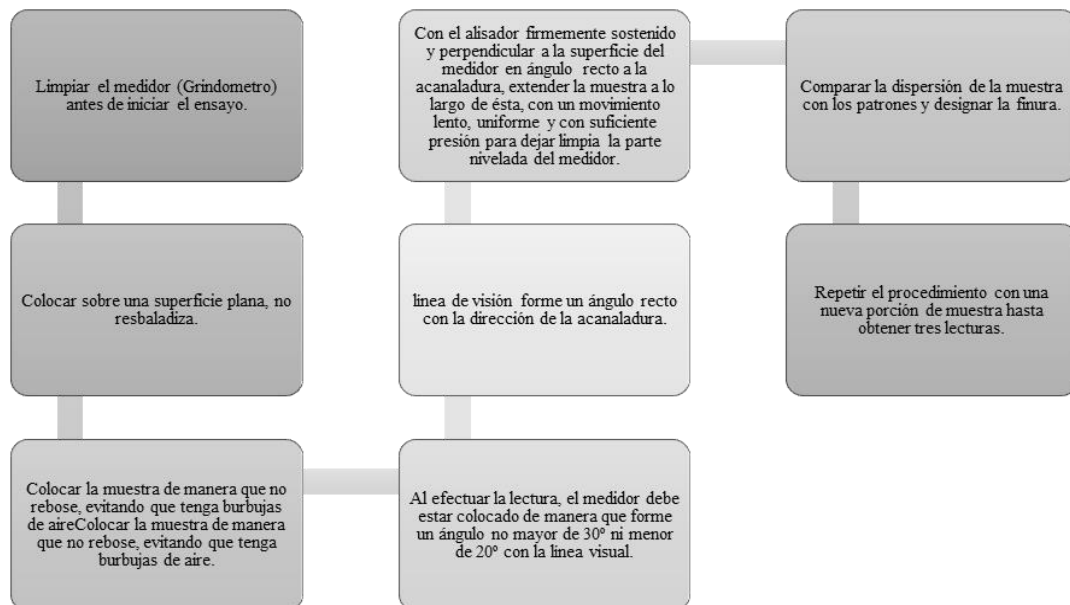


Figura 6-2: Procedimiento para determinar el grado de molienda usando la Norma ASTM: D1210-05.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

2.6.7. Comparación recubrimiento de Poliestireno Expandido y Recubrimiento Comercial

Con el uso del procedimiento mencionado por la norma NTE INEN1010 (pinturas y productos afines. Determinación del poder cubritivo) se puede determinar el poder cubritivo.

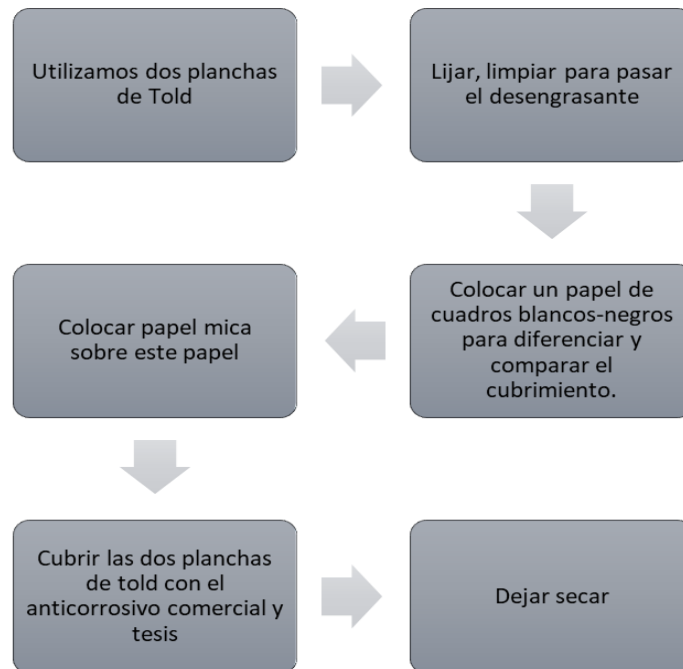


Figura 7-2: Procedimiento para determinar el recubrimiento de Poliestireno Expandido y Recubrimiento comercial según la norma NTE INEN- 1010.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

2.6.8. Grado de oxidación

Con el uso del procedimiento mencionado por la norma (ASTM: D-610 2012) (evaluación del grado de oxidación en superficies de acero pintadas) se puede determinar el poder de resistencia a la oxidación.

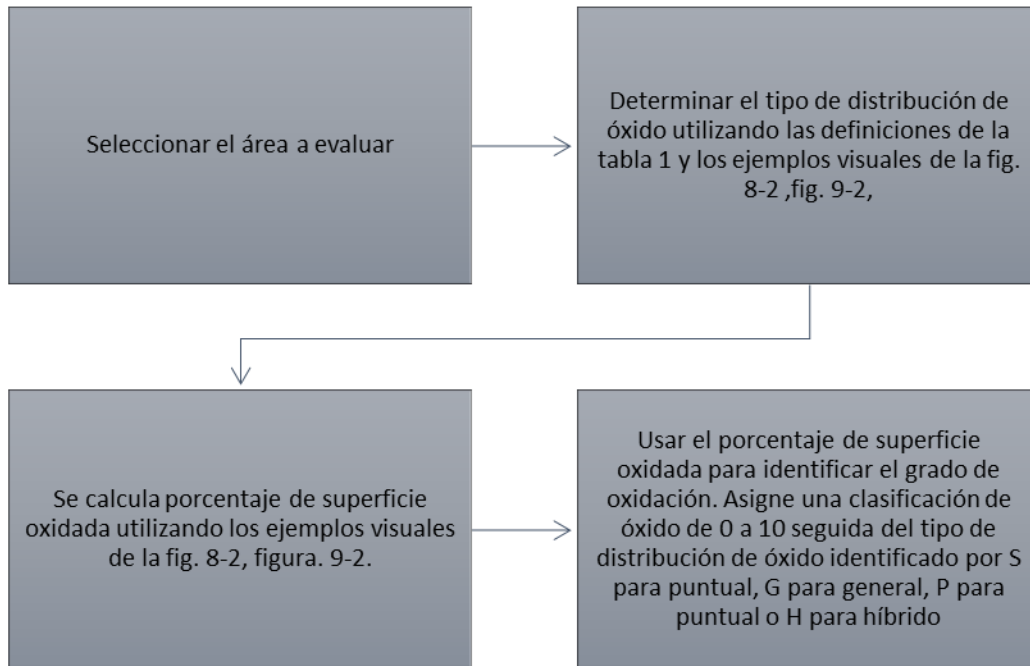


Figura 8-2: Procedimiento para determinar la resistencia a la oxidación según la norma ASTM-D610-01.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Grados de Corrosión	Descripción	ASTM / SSPC Fotografías Coloreadas Estándar
10	<i>Sin Corrosión o superficie corroída inferior al 0,01%</i>	<i>Innecesaria</i>
9	<i>Corrosión mínima, superficie corroída inferior al 0,03%</i>	<i>N° 9</i>
8	<i>Pequeñas manchas aisladas, superficie corroída menor al 0,1%</i>	<i>N° 8</i>
7	<i>Superficie corroída inferior al 0,3%</i>	<i>N° 7</i>
6	<i>Manchas extensas y superficie corroída inferior al 1%</i>	<i>N° 6</i>
5	<i>Corrosión extendida al 3% del área</i>	<i>N° 5</i>
4	<i>Corrosión extendida al 10% del área</i>	<i>N° 4</i>
3	<i>Aproximadamente 1/6 de área corroída</i>	<i>N° 3</i>
2	<i>Aproximadamente 1/3 de área corroída</i>	<i>N° 2</i>
1	<i>Aproximadamente 1/2 de área corroída</i>	<i>N° 1</i>
0	<i>Aproximadamente 100% de área corroída</i>	<i>Innecesaria</i>

Figura 9-2: Escala y descripción de los Grados de Corrosión según la Norma ASTM-D 610.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

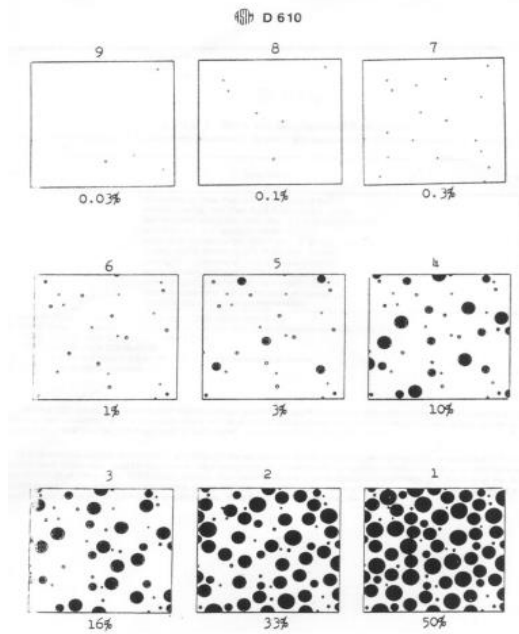


Figura 10-2: Porcentaje de Área Oxidada o Corroída.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

2.6.9. *Tiempo de Secado*

Mediante el método de secado de la norma NTE INEN 1011 (Pinturas y productos afines. Determinación de los tiempos de secado) se puede determinar los tiempos de secado para pinturas y productos afines.

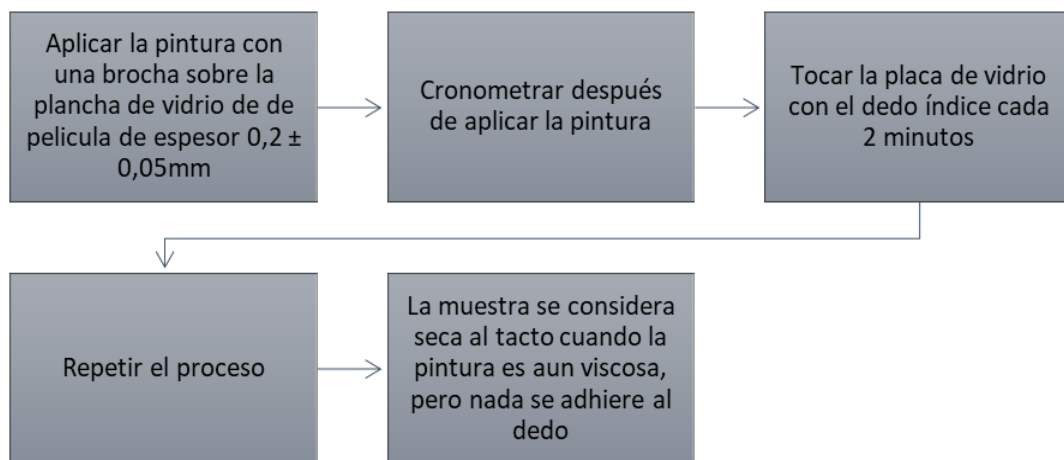


Figura 11-2: Procedimiento para determinar el tiempo de secado según norma NTE INEN 1011.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados de la elaboración de recubrimiento de Poliestireno Expandido (EPS)

Las formulaciones óptimas del recubrimiento a base de poliestireno expandido reciclado, han sido escogidas considerando revisiones bibliográficas y experimentación a nivel de laboratorio. La dosificación de cada formulación se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 1-3: Formulación del recubrimiento de Poliestireno Expandido EPS.

Componentes	Componente	Cantidad		Unidad
		Formulación A	Formulación B	
Resina	Poliestireno expandido reciclado	80	70	g
Cargas	Óxido de zinc	13,5	13,5	g
Solvente	Aceite pirolítico	200	200	g
Pigmento	Dióxido de Titanio	8,7	8,7	g

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

En la tabla 1-3 muestra la distribución de los compuestos en cada formulación, sin embargo, el compuesto que varía es la cantidad de poliestireno.

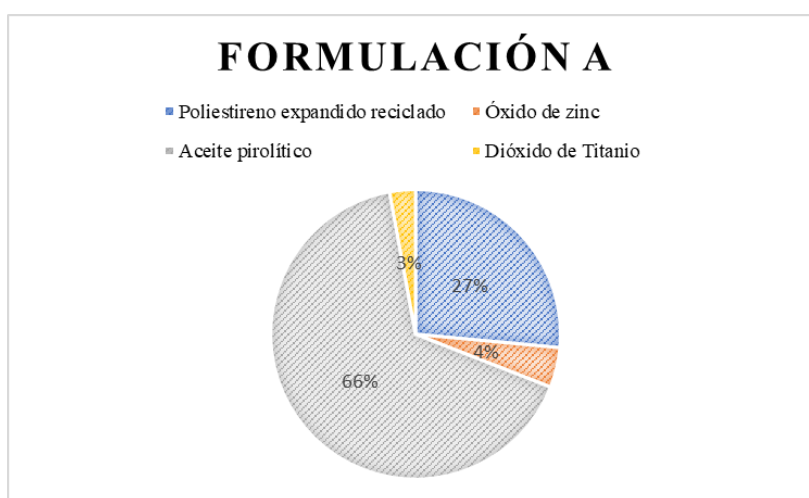


Gráfico 1-3: Distribución de la formulación A.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

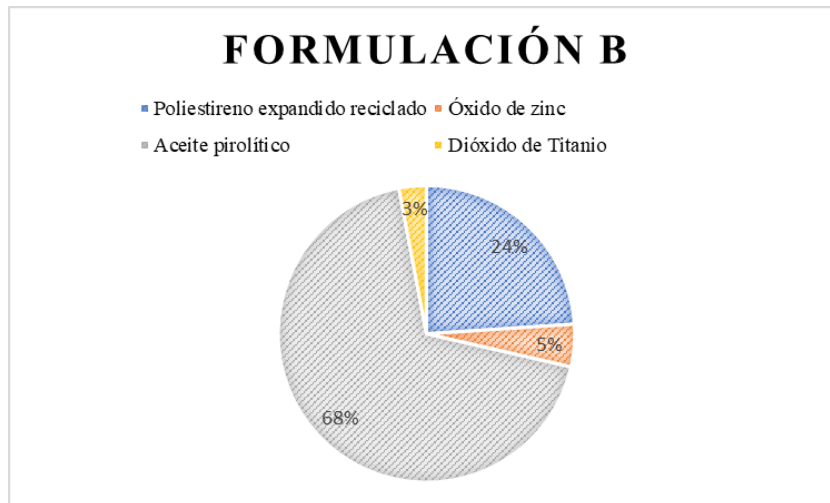


Gráfico 2-3: Distribución de la formulación B

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

3.2. Viscosidad

La viscosidad se midió con un viscosímetro de Brookfield arroja un valor en *cP*, las de la formulación A cumplen con la norma NTE INEN 1045 que rige los requisitos de esta variable.

Tabla 2-3: Viscosidad en la Formulación A y B.

PRUEBAS	FORMULACIÓN A	FORMULACIÓN B
1	3122cP	3112cP
2	3015cP	3005cP
3	2543cP	2697cP

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Mediante interpolación se ha transformado la viscosidad a unidades KU.

Tabla 3-3: Viscosidad en la Formulación A y B.

PRUEBAS	FORMULACIÓN A	FORMULACIÓN B
1	119,67 KU	119,82 KU
2	121,275 KU	121,82 KU
3	128,35 KU	126,04 KU

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Nota: en los resultados obtenido en la tabla 2-3 y 3-3 de la viscosidad se ajustó con la adición de solvente, de esta manera los parámetros llegan a normalizarse.

3.3. Resultados prueba de Determinación de Contenido de Materia No Volátil y Volátiles Totales

3.3.1. Formulación A

Repetición 1

Papel Aluminio

$$M_1 = 0,4310g$$

$$M_2 = 0,4275g$$

$$M_3 = 0,4177g$$

Papel Aluminio con Muestra

$$M_1 = 1,3655g$$

$$M_2 = 1,3589g$$

$$M_3 = 1,3343g$$

Después de una hora a 120°C

$$M_1 = 2,2215g$$

$$M_2 = 2,1570g$$

$$M_3 = 2,2430g$$

$$MNV_1 = \frac{1,3655 - 0,4310}{2,2215} * 100 = 42,06\%$$

$$MNV_2 = \frac{1,3589 - 0,4275}{2,1570} * 100 = 43,18\%$$

$$MNV_3 = \frac{1,3343 - 0,4177}{2,2430} * 100 = 40,86\%$$

Tabla 4-3: Muestras de la Formulación A, Material No Volátil.

Materia No Volátil		
MUESTRA 1 A	MUESTRA 2 A	MUESTRA 3 A
42,06%	43,18 %	40,86 %

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

$$MV = 100 - 42,06 = 57,94\%$$

$$MV = 100 - 43,18 = 56,82\%$$

$$MV = 100 - 40,86 = 59,14\%$$

Tabla 5-3: Muestras de la Formulación A, Material Volátil.

Volátiles Totales		
MUESTRA 1 A	MUESTRA 2 A	MUESTRA 3 A
57,94%	56,82%	59,14

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Repetición 2

Papel Aluminio

$$M_1 = 0,4277g$$

$$M_2 = 0,4075g$$

$$M_3 = 0,4170g$$

Papel Aluminio con Muestra

$$M_1 = 1,2548g$$

$$M_2 = 1,2262g$$

$$M_3 = 1,2084g$$

Después de una hora a 120°C

$$M_1 = 2,1297g$$

$$M_2 = 2,1070g$$

$$M_3 = 2,1219g$$

$$MNV_1 = \frac{1,2548 - 0,4277}{2,1297} * 100 = 38,83\%$$

$$MNV_2 = \frac{1,2262 - 0,4075}{2,1070} * 100 = 38,85\%$$

$$MNV_3 = \frac{1,2084 - 0,4170}{2,1219} * 100 = 37,29\%$$

Tabla 6-3: Muestras de la Formulación A, Material No Volátil.

Materia No Volátil		
MUESTRA 1 A	MUESTRA 2 A	MUESTRA 3 A
38,83	38,85 %	37,29 %

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

$$MV = 100 - 38,83 = 61,17\%$$

$$MV = 100 - 38,85 = 61,15\%$$

$$MV = 100 - 37,29 = 62,71\%$$

Tabla 7-3: Muestras de la Formulación A, Material Volátil.

Volátiles Totales		
MUESTRA 1 A	MUESTRA 2 A	MUESTRA 3 A
61,17%	61,15%	62,71%

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Repetición 3

Papel Aluminio

$$M_1 = 0,4203g$$

$$M_2 = 0,4189g$$

$$M_3 = 0,4176g$$

Papel Aluminio con Muestra

$$M_1 = 1,2548g$$

$$M_2 = 1,2262g$$

$$M_3 = 1,2084g$$

Después de una hora a 120°C

$$M_1 = 2,1297g$$

$$M_2 = 2,1070\text{g}$$

$$M_3 = 21219\text{g}$$

$$MN\bar{V}_1 = \frac{1,2548 - 0,4277}{2,1070} * 100 = 38,83\%$$

$$MN\bar{V}_2 = \frac{1,2262 - 0,4075}{2,1070} * 100 = 38,85\%$$

$$MN\bar{V}_3 = \frac{1,2084 - 0,4170}{2,2430} * 100 = 37,29\%$$

Tabla 8-3: Muestras de la Formulación A, Material No Volátil.

Materia No Volátil		
MUESTRA 1 A	MUESTRA 2 A	MUESTRA 3 A
38,83%	38,85 %	37,29 %

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

$$MV = 100 - 38,83 = 61,17\%$$

$$MV = 100 - 38,85 = 61,15\%$$

$$MV = 100 - 37,29 = 62,71\%$$

Tabla 9-3: Muestras de la Formulación A, Material Volátil.

Volátiles Totales		
MUESTRA 1 A	MUESTRA 2 A	MUESTRA 3 A
61,17%	61,15%	62,71%

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

3.3.2. Formulación B

Papel Aluminio

$$M_1 = 0,4212\text{g}$$

$$M_2 = 0,4097\text{g}$$

$$M_3 = 0,3761\text{g}$$

Papel Aluminio con Muestra

$$M_1 = 1,3855\text{g}$$

$$M_2 = 1,4614\text{g}$$

$$M_3 = 1,2882\text{g}$$

Después de una hora a 120°C

$$M_1 = 2,5540\text{g}$$

$$M_2 = 2,7736\text{g}$$

$$M_3 = 2,3608\text{g}$$

$$MN\bar{V}_1 = \frac{1,3855 - 0,4212}{2,5540} * 100 = 37,75\%$$

$$MN\bar{V}_2 = \frac{1,4614 - 0,4097}{2,7736} * 100 = 37,91\%$$

$$MN\bar{V}_3 = \frac{1,2882 - 0,3761}{2,3608} * 100 = 38,63\%$$

La formulación B, alcanza más del 50% de materiales no volátiles y volátiles, por lo tanto, toma la siguiente nomenclatura.

Tabla 10-3: Muestras de la Formulación B, Material no Volátil.

Materia No Volátil		
Muestra 1 B	Muestra 2 B	Muestra 3 B
37,75%	37,91%	38,63%

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

$$MV = 100 - 37,75 = 62,25\%$$

$$MV = 100 - 37,91 = 62,09\%$$

$$MV = 100 - 38,63 = 61,37\%$$

Tabla 11-3: Muestras de la Formulación B, Material Volátil.

Volátiles Totales		
Muestra 1 B	Muestra 2 B	Muestra 3 B
62,25%	62,09%	61,37%

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

3.4. Resultados de Tiempo de Secado de las Formulaciones.

El tiempo en minutos en las 3 repeticiones diferentes de las muestras de la Formulación A y B, como se muestra en la tabla 12-3, sin embargo, las repeticiones de la formulación B no pasan su tiempo de secado pues al compararse con las de la Formulación A son mayores por lo que se descarta, evaluando los tiempos con la NTE INEN 1011.

Tabla 12-3: Tiempos de Secado en minutos en la Formulación A y B.







Pruebas	Formulación A	Formulación B
1	12.21 min	13.59 min
2	16.56 min	17.50 min
3	20.19 min	20.30 min

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

3.5. Prueba de Adhesión

Las pruebas de adhesión en las repeticiones de la Formulación A alcanzan un 50% según los parámetros de la Normativa NTE INEN: 1006 (Pinturas barnices y productos afines. Determinación de adherencia mediante prueba de la cinta), como se muestra en la tabla 13-3:

Tabla 13-3: Prueba de Adhesión en la Formulación A.

Pruebas		Formulación A		Comercial
1	50%		97%	
2	40%		98%	
3	45%		95%	

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

En la tabla 13-3 podemos observar que el porcentaje de adhesión alcanza el límite mínimo si lo comparamos con la (ASTM-D3359) los valores de la formulación A repetición 1 tiene una adhesión de 85% y en promedio de todas las repeticiones de la formulación se tiene 71,66% de adhesión.

3.6. Densidad

Se realizó según la normativa Designación: (ASTM D1475-98) (Método de prueba estándar para la densidad de revestimientos líquidos, tintas y productos relacionados), la normativa (NTE INEN 1009 2015) (Pinturas y productos afines. Determinación de la densidad) y en contraste con la NTE INEN 1018

(Pintura anticorrosiva de barniz fenólico, polvo de zinc y óxido de zinc), que arroja como resultado de 0.1Kg/l dicho valor cumple con los parámetros de las normas, como se muestra en la tabla 14-3.

$$100g \frac{1Kg}{1000g} = 0.1Kg/l$$

Tabla 14-3: Densidad de Anticorrosivos, Pinturas, INEN 1018

COMPONENTES	Composición en masa		Composición en 100 litros	
	Parcial %	Total %	Masa %	Volumen %
PIGMENTO: (en masa)				
Polvo de zinc	80,0	60,0	152,50	21,40
Oxido de zinc (sello rojo)	20,0	15,0	38,17	6,80
	100,0			
VEHICULO: (en masa)				
Barniz fenólico	82,9	20,725	52,58	58,00
Solventes	16,5	4,125	10,49	13,41
Secante de plomo (Pb 24%)	0,4	0,1	0,25	0,25
Secante cobalto (Co 6%)	0,1	0,025	0,06	0,07
Secante manganeso (Mn 6%)	0,1	0,025	0,06	0,07
	100,0	100,0	254,11	100,0

Fuente: Norma NTE INEN 1018.

3.7. Grado de Molienda

El grado de molienda de las repeticiones tienen un rango de 50 a 75 *um*, dichos resultados se encuentran dentro de los parámetros de la normativa INEN 1007 que corresponde a pinturas y productos afines, en contraste con la Normativa ATSM-D1210 (Método de prueba estándar para determinar la finura de la dispersión de los sistemas de vehículo de pigmento mediante un calibre tipo Hegman) de Pinturas y Anticorrosivos, el grado de molienda se encuentra dentro del rango mínimo aceptable, ya que el rango aceptable que tiene esta normativa es de 35 a 65 *um*.

3.8. Prueba de Corrosión

Previamente se realiza un cálculo de pérdida a partir de los pesos, con la siguiente ecuación:

$$P_{perdido} = P_{inicial} - P_{final}$$

Tabla 15-3: Perdidas de Peso

	Peso inicial	Peso final	Peso perdido	% perdido
Blanco	147,2732 g	147,0713 g	0,2019 g	0,14%
Estándar	154,0212 g	153,9566 g	0,0646 g	0,04%
Formulación A	148,1016 g	147,8985 g	0,2031 g	0,14%

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Tabla 16-3: Resultados de mpy.

	WI	mpy	Placas Estado Final
Blanco	0,2019	5,134	
Estándar	0,0646	1,643	
Formulación A	0,2031	5,164	

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

3.9. Prueba de hipótesis

3.9.1. Hipótesis 1

Se desarrolló una formulación óptima de recubrimiento con 6 RPM para la dispersión del aceite pirolítico junto con el poliestireno y a 9 RPM para añadir el Dióxido de Titanio con el Óxido de Zinc, con un lapso de tiempo de 50 min para que se disuelva el Aceite Pirolítico junto con el poliestireno; mientras que el tiempo de dispersión al agregar el Dióxido de Titanio es de 45 min y para el óxido de zinc es de 30 minutos. Los porcentajes de la formulación se muestran en la tabla 17-3.

Tabla 17-3: Formulación Óptima.

Componentes	Componente	Formulación A	Unidad
Resina	Poliestireno expandido reciclado	80	g
Cargas	Óxido de zinc	13,5	g
Solvente	Aceite pirolítico	200	ml
Pigmento	Dióxido de Titanio	8,7	g

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

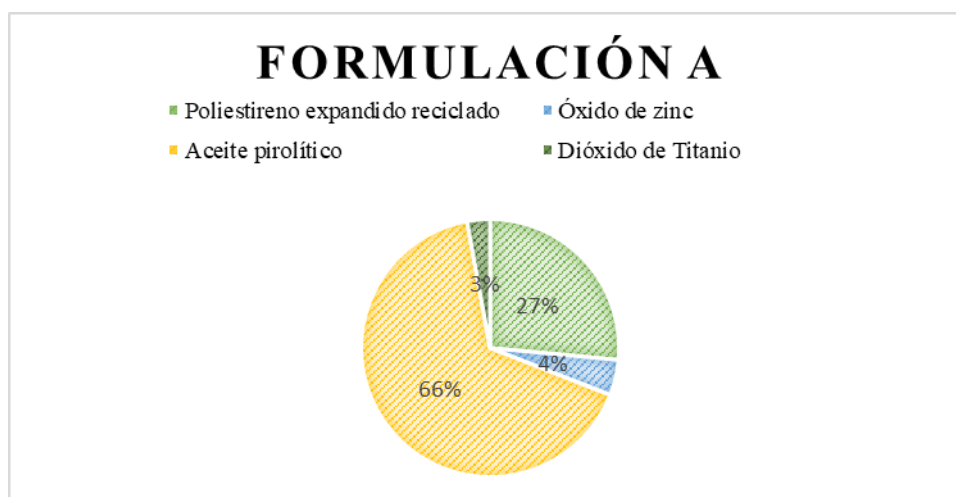


Gráfico 3-3: Distribución de la formulación óptima.

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

Es importante mencionar que la formulación si es anticorrosiva, por su composición de Resina, Cargas, Solvente y Pigmento, su capacidad anticorrosiva al ser evaluada no presenta ampolladuras,

sin embargo, al pasar por la cámara de envejecido rápido, esta tiene menos capacidad de protección ante el óxido, ya que al compararse con el comercial presenta un 30% más de óxido que el de tipo comercial. Esta formulación también es de tipo cancerígeno según la OMS en 2014 ya que al contener Dióxido de Titanio y llevarse a una variación de temperatura en su elaboración dichos vapores pueden resultar en cáncer pulmonar, debido a esto es considerado como un producto de manejo especial.

3.9.2. Hipótesis 2

Se ha realizado 2 formulaciones, A y B de las cuales, la formulación A es la óptima sin embargo la repetición 3 es la que alcanzo mejores valores dentro de los valores exigidos por la Norma INEN NTE 1045 para Pinturas y Anticorrosivos, la cual establece los siguientes valores para las variables como: tiempo de secado, viscosidad, adherencia, y porcentaje de sólidos.

Mediante los diferentes ensayos y un análisis Anova simple estadístico se logró obtener valores promedio, además de los valores máximos y mínimos, sobre la cantidad anticorrosiva presente en la formulación de esta manera se fortalece la validez de los datos, para futuras repeticiones.

Tabla 18-3: Comparación de variables de Recubrimiento de la Formula A.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,05292	2	1,02646	56,55	0,0000
Intra grupos	0,816875	45	0,0181528		
Total (Corr.)	2,86979	47			

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

En la tabla 18-3 se muestran los valores obtenidos de la formulación A en comparación con los parámetros óptimos de las normas para anticorrosivos.

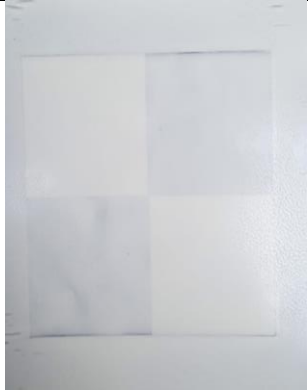

Tabla 19-3: Comparación de variables de Recubrimiento de la Formula A.

Variables	Normas Referencia	Valor Norma	Valor Obtenido	Valor Min	Valor Max
Viscosidad	NTE INEN 1013	630 cP	2893 cP	2543 cP	3122 cP
Adherencia	Norma ASTM-D3359	98%	71,66%	40%	85%
Tiempo de Secado	ASTM-D640	Max. 4 horas	16,32 min	12,21 min	20,19 min
Porcentaje de Sólidos	NTE INEN 1024	40%	50%	49,13	50,87
Prueba de Corrosión	NTE INEN 2268	1,643	5.164	5.01	6.164

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

A continuación, se observa la capacidad de recubrimiento que posee la formulación A vs el de tipo comercial.

Tabla 20-3: Variables de Recubrimiento de la Formula A.

Tesis (Formulación A)	Comercial
	

Fuente: Carolina Orozco, 2022.

3.9.3. Hipótesis 3

En la tabla 21-3 se evaluó el comportamiento de las superficies de los aceros cubiertos por la formulación A y la de tipo comercial. Es importante destacar que no hubo presencia de ampollas en la superficie cubierta con el recubrimiento de poliestireno expandido con aceite pirolítico, al igual que del comercial; la formación de ampollas sobre la pintura es generalmente la primera señal visible de deterioro. Los resultados se han comparado con la Norma ASTM D610, ya que mide también el grado de óxido superficial en las superficies cubiertas del anticorrosivo de la formulación A y el

recubrimiento comercial, demostrando que el recubrimiento comercial una similar presencia de óxidos superficiales en comparación la formulación A.

Tabla 21-3: Comparación Parámetros INEN-ASTM vs Pruebas en la Formulación.

Variables	Normas Referencia	Valor Norma	Valor Obtenido	Valor Min	Valor Max
Viscosidad	NTE INEN 1013	630 cP	2893 cP	2543 cP	3122 cP
Adherencia	Norma ASTM-3359	98%	71,66%	40%	85%
Tiempo de Secado	ASTM-D640	Max. 4 horas	16,32 min	12,21 min	20,19 min
Porcentaje de Sólidos	NTE INEN 1024	40%	50%	49,13	50,87
Prueba de Corrosión	NTE INEN 2268	1,643	5.164	5.01	6.164
Contenido se Materia No Volátil y Volátiles Totales	INEN NTE-1024	Materia No Volátil 40%	38,83%	38,85%	37,29%
		Materia Volátil Totales 60%	61,17%	61,15%	62,71%
Densidad	ASTM D1475-98	0,5 kg/L	0,1 kg/L	0,25 kg/L	0,45 kg/L
Grado de Molienda	INEN 1007	35-65 um	50-75 um	45-60 um	55-88 um
Poder Cubritivo	INEN 1010	100	80	60	81

Fuente: Orozco, Carolina, 2022.

3.10. Discusión de los Resultados

El objetivo principal fue obtener un recubrimiento a base de poliestireno expandido reciclado, por lo que se desarrolló la formulación óptima, con 200 ml de Aceite Pirolítico como solvente, 13,5 gramos de óxido de zinc como protector ante la formación de moho en la película, 8,7 gramos de dióxido de titanio como pigmento. Esto se contrasta no solo por los resultados obtenidos en el laboratorio sino también por distintos investigadores como (Cárdenas, 2018), quien encontró que el aceite pirolítico se adsorbe espontáneamente con presencia de metales, es por ello por lo que (Abdel-Gaber, 2010) menciona que la presencia de óxido de titanio tiene una eficiencia natural ante la protección de pintura, sin embargo, la presencia de ZnO incrementa la resistencia a la corrosión.

Se han realizado 2 formulaciones donde la variación de EPS es la variante, en ambas formulaciones dichas cantidades han sido tomadas previo a una revisión de bibliografía para establecer los límites

de contenido porcentual de la resina presente en el recubrimiento, para mantener las características anticorrosivas.

(Sampedro, 2018) evalúa una formulación anticorrosiva con 25 gramos de EPS, para controlar la corrosión, sin embargo, al mantener esa cantidad de masa la eficiencia del anticorrosivo es muy baja, por lo que, al realizar otro ensayo con una masa de 80 gramos de poliestireno, la mezcla si alcanza un rendimiento dentro de los parámetros para formar una mezcla homogénea, además que se ha combinado con el tiempo de secado, resistencia hacia el agua, etc.

Una vez que se alcanza la formulación óptima, se realizan pruebas de laboratorio determinadas por métodos de criterios específicos como viscosidad (NTE INEN 1013), tiempo de secado (ASTM D640), adherencia (ASTM D3359) y contenido de sólidos (NTE INEN 1024). También se identificó la composición que dio mejores resultados al aplicar el recubrimiento con el fin de evaluar los valores de las variables de calidad obtenidas y compararlas con la norma NTE INEN1045.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica y reo lógica del recubrimiento arrojaron los siguientes valores medios. Viscosidad 2893cP, 71,66% de adhesión, 2 horas (120 minutos) de tiempo de secado, 38,5 % de sólidos que se dan a conocer en la presente investigación. Además, para la evaluación de la velocidad de corrosión, se observó que las muestras, expresadas en mili pulgadas (mpy) y recubiertas con la formulación A, experimentaron una mayor pérdida de peso en comparación con la segunda formulación B. Sin embargo, mostraron aproximadamente la misma pérdida de peso en comparación con los pintados con recubrimientos disponibles en el mercado (comercial), esto generalmente se da por el tipo de reactivos utilizados para obtener el recubrimiento. Es importante considerar las condiciones climáticas agresivas a las que están expuestas las muestras de planchas de cobre, tol y la composición química que las protege de los medios agresivos.

Las comparaciones según la norma ASTM D610 "Métodos de prueba estándar para evaluar el grado de óxido en superficies de acero pintadas, se inspeccionaron visualmente la apariencia física y las buenas propiedades del metal base al verificar la superficie debajo del recubrimiento. Se encontró que la fórmula "A" presenta una resistencia a la corrosión cercana a los revestimientos disponibles de tipo comercial, en contraste con (Meza Castellar, et al. 2016) donde en los resultados de su investigación "Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo" obtiene que el mejor recubrimiento fue el que se desarrolló bajo la formulación N°10, el cual se comparó con el recubrimiento comercial N°17. Por inspección visual, se pudo resaltar el mal comportamiento frente al control de la corrosión del recubrimiento comercial. A las 24 horas el recubrimiento comercial cuenta con un grado de ampollamiento de 8M (tamaño más pequeño de ampollas fácilmente apreciable a simple vista, con una frecuencia media) y a las 125 horas un grado de ampollamiento 4MD (ampollas grandes y una frecuencia medianamente densa).

La formulación optima (formulación A) en la presente investigación no presentó ampollas, además de la interpretación y análisis visual de los resultados. El análisis se realizó como complemento al estudio, además de considerar intervenciones simples del factor visual; Así también se realizaron pruebas, para determinar si las variables de respuesta de cada formulación también se pueden utilizar a nivel comercial y cuál de estos parámetros tiene el mayor impacto en el potencial del recubrimiento para prevenir la corrosión. Finalmente se debe considerar que un ajuste dentro de la viscosidad con una adición del solvente estabiliza de mejor manera la formulación, favoreciendo los parámetros de adhesión y corrosión, es decir que el anticorrosivo de la formulación A se mantiene cercano en cuanto a los parámetros ofrecidos por un anticorrosivo de tipo comercial.

CONCLUSIONES

- La resina poliestirenica se ha preparado a partir de 2 formulaciones A y B, sin embargo, solo la Formulación A cumple con los parámetros de la Norma INEN 1045, en la que se han realizado 3 repeticiones, en la que la Formulación A de la tercera repetición es la que alcanza los mejores parámetros.
- La formulación optima contiene los siguientes compuestos en las siguientes cantidades: Poliestireno expandido reciclado 80g, Óxido de zinc 13,5 g, Aceite pirolítico 200 ml, Dióxido de Titanio 8,7g, en contraste hay que mencionar que dicha formulación es de tipo cancerígeno como lo cataloga la OMS desde 2014 a todos los productos que poseen en su formulación Dióxido de Titanio.
- La velocidad de corrosión se evaluó con la técnica de pérdida de peso, para el estándar, blanco y la formulación A donde mostraron un mpy promedio de 1,643; 5,134; 5,164 respectivamente. Al realizar la inspección visual de las probetas basado en la norma ASTM D-610 usando imágenes estandarizadas, en función del grado de óxidos formados en la superficie se logró determinar que el recubrimiento comercial genera óxidos superficiales en similar proporción con la formulación A, esto debido a que el recubrimiento comercial presenta mejor resistencia.
- La formulación A cumple con los métodos de criterios específicos como viscosidad (NTE INEN 1013), tiempo de secado (ASTM D640), y contenido de sólidos (NTE INEN 1024), sin embargo, con la adherencia (ASTM 3359) se encuentra cercana al límite admisible, por lo que la formulación no se considera como óptima para nivel industrial, sin embargo, para uso artesanal cumple con las características.

RECOMENDACIONES

- Este trabajo puede ser el punto de partida para otros estudios, por lo cual se sugiere la investigación con otro tipo de metales.
- 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.
- En futuras investigaciones, sería muy provechoso, además de utilizar el ensayo de cámara de niebla salina, usar otras técnicas más avanzadas como la microscopía electrónica de barrido, para contar con más datos, información y herramientas a la hora de analizar los resultados y llegar a nuevas conclusiones
- La formulación del anticorrosivo debe mejorar la adherencia para alcanzar un mejor rendimiento y resistencia oxidativa, como la de uno comercial.

BIBLIOGRAFÍA

ARTHUZ-LÓPEZ, L. and PÉREZ-MORA, W., Alternativas De Bajo Impacto Ambiental Para El Reciclaje Del Poliestireno Expandido a Nivel Mundial. *Informador Técnico*, 2019. vol. 83, no. 2, pp. 209–219. ISSN 0122056X. DOI 10.23850/22565035.1638.

ASTM-3359, N., Designación: D 3359-02 Métodos de prueba estándar para Medir la Adhesión por Ensayo de cintas. , 2003.

ASTM: D-610, GRADO DE CORROSIÓN EN SUPERFICIES DE ACERO PROTEGIDAS. , no. Figura 1, 2012. pp. 1–3.

ASTM: D1210, Standard Test Method for Fineness of Dispersion of Pigment-Vehicle Systems by Hegman-Type Gage. *Annual Book of ASTM Standards*, vol. i., 2005. pp. 1–12.

AVELLANEDA, D., evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio. *D. Space*, 2017^a. pp. 6–18.

AVELLANEDA, D., evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio, 2017b. pp. 6–18.

CONTRERAS, I. de J.B., DÍAZ, J.A.V. and CASTELLAR, P.J.M., Obtaining an anticorrosive coating from recycled expanded polystyrene. , 2013a. pp. 102.

CONTRERAS, I. de J.B., DÍAZ, J.A.V. and CASTELLAR, P.J.M., Obtaining an anticorrosive coating from recycled expanded polystyrene. , 2013b. pp. 102.

D1475-98, Density of Liquid Coatings , Inks , and Related Products 1. , vol. 98, no. Reapproved, 1963. pp. 1–4.

ESPIN, H., “Evaluación de las propiedades físico-químicas del aceite pirolítico a partir de biomásas sometidos al proceso de pirólisis convencional.” 2020. S.l.: s.n.

GARCÍA, I., LEÓN, D. and SIERRA, G., PROPUESTA PARA EL RE-USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN Isabel. , 2014a.

GARCÍA, I., LEÓN, D. and SIERRA, G., PROPUESTA PARA EL RE-USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN Isabel. , 2014b.

INEN NTE-1024, Pinturas Y Productos Afines. Determinación De La Materia No Volátil Y Volátiles Totales. , 2016. pp. 1–2.

INEN-1010, N., ECUATORIANA NTE INEN 1010. 2016.

JACAY, J. and QUISPE, C., Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido usando Limoneno extraído de cáscaras de Citrus Paradisi en Lurín, Lima – 2020. *Universidad Andina del Cusco*, 2020a. pp. 1–118.

JACAY, J. and QUISPE, C., Reaprovechamiento de residuos de poliestireno expandido usando Limoneno extraído de cáscaras de Citrus Paradisi en Lurín, Lima – 2020. *Universidad Andina del Cusco* [en línea], 2020b. pp. 1–118. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MEZA CASTELLAR, P., TEJADA TOVAR, C., BENÍTEZ CONTRERAS, I., VÉLEZ DÍAZ, J. and VILLABONA ORTIZ, A., Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo. *Producción + Limpia*, 2016. vol. 11, no. 1, pp. 13–21. ISSN 19090455. DOI 10.22507/pml.v11n1a1.

MEZA CASTELLAR, P., TEJADA TOVAR, C., CONTRERAS, I.B., VÉLEZ DÍAZ, J. and VILLABONA ORTIZ, A., Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo. *Producción más limpia*, 2016. vol. 11, no. 1.

NTE INEN 1009, Ecuatoriana Nte Inen 2854. *Annual book of INEN*, no. Vehículos de transporte de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincia. Requisitos, 2015. pp. 34.

NTE- INEN-1837, Ecuatoriana Nte Inen 1837. *Inen*, 2016.

PACAYA, J., aprovechamiento de residuos de poliestireno expandido y cáscara de naranja para elaborar un barniz ecológico para madera en iquitos 2021. 2021, pp. 1–132.

VASCONES, A., *Impactos ambientales producidos por el uso de poliestireno expandido (Tecnopor) en la industria de la construcción de Trujillo, 2021*. 2021a. S.l.: s.n. ISBN 0000000337.

VASCONES, A., *Impactos ambientales producidos por el uso de poliestireno expandido (Tecnopor) en la industria de la construcción de Trujillo, 2020* [en línea]. S.l.: s.n. 2021b. ISBN 0000000337. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76522>.

ANEXOS

ANEXO A: REQUISITOS DE LA INEN NTE 1045 PINTURA ANTICORROSIVA ESMALTE ALQUIDICO BRILLANTE. REQUISITOS

CARACTERISTICAS Y PRUEBAS FISICAS	REQUISITOS		ENSAYO INEN
	MIN.	MÁX.	
TIEMPOS DE SECADO			
Tiempo de secado al tacto, con espesor de película seca de 38.1 μm , en horas	--	4	INEN 1 011
Tiempo de secado duro, con espesor de película seca de 38.1 μm en horas	--	24	INEN 1 011
ESTABILIDAD			
Envase cerrado, en horas	48	--	Inciso 3.2
Almacenamiento, en días	180	--	Inciso 3.3
Flexibilidad	MB	--	INEN 1 004
Adherencia en porcentaje	98	--	INEN 1 006
Intemperaismo acelerado para un ciclo de exposición 102/18 (min) duración en horas	200	--	INEN 1 032
Densidad, en kg/l	0,9	1,250	INEN 1009
Viscosidad en viscosímetro Brookfield LV, en Cp, según color	630	--	INEN 1 013
Brillo a 60°	60	--	INEN 1 013
Grado de molienda, en μm	35	--	INEN 1 007
Residuo en tamiz de 45 micrómetros, en porcentaje		1,0	INEN 1 036
Aplicación por brocha o aspersion	Pasa	--	Inciso 3.4
Apariencia	Pasa	--	Inciso 3.5
Poder cubriente, en m2/litro	8	--	INEN 1 010
			INEN 1 022
			ANEXO

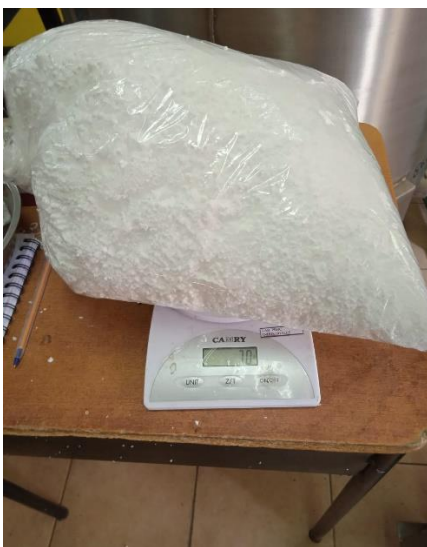
ANEXO B: PARÁMETROS PARA ANTICORROSIVOS, PINTURAS NTE INEN 1044:1

¡Error! Marcador no definido. REQUISITOS	UNIDAD	TIPO 1		TIPO 2		MÉTODO DE ENSAYO
		MÍNIMO	MÁXIMO	MÍNIMO	MÁXIMO	
Finura de dispersión	U.Heg- man	2	-	2	-	NTE INEN 1007
Tiempo de secado al tacto, con espesor de película húmeda de 62.5 µm	horas	-	6	-	6	NTE INEN 1011
Tiempo de secado duro, - curado a 80°C - curado a 150°C - curado a 205°C - curado a 260°C - curado a 315°C	horas	-	24	-	-	NTE INEN 1011
		-	-	-	16	
		-	-	-	5	
		-	-	-	1	
		-	-	-	<1	
Sólidos por masa	%(m/m)	36	-	43	-	NTE INEN 1024
Sólidos por volumen	%(v/v)	30	-	38	-	NTE INEN 2092
Flexibilidad	%	18	-	18	-	NTE INEN 1002
Adherencia	%	90	-	90	-	NTE INEN 1006
Viscosidad copa Ford No 4 a 25°C	s	17	-	27	-	NTE INEN 1013
Resistencia al calor - a 260°C constante - a 560°C constante	°C	Sin cambios				NTE INEN 1040
Rendimiento a 25,4 µm de espesor de película seca	m ² /l	12	-	15	-	*
<p style="text-align: center;">Porcentaje de sólidos por volumen x 10</p> <p>* Rendimiento = $\frac{\text{-----}}{\text{Espesor seco en mm}}$</p>						

ANEXO C: PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACIÓN DEL ANTICORROSIVO POLIESTIRENO Y ACEITE PIROLÍTICO

ANEXO C: Procedimiento de la Elaboración del Anticorrosivo Poliestireno y Aceite Pirolítico

a)



b)



c)

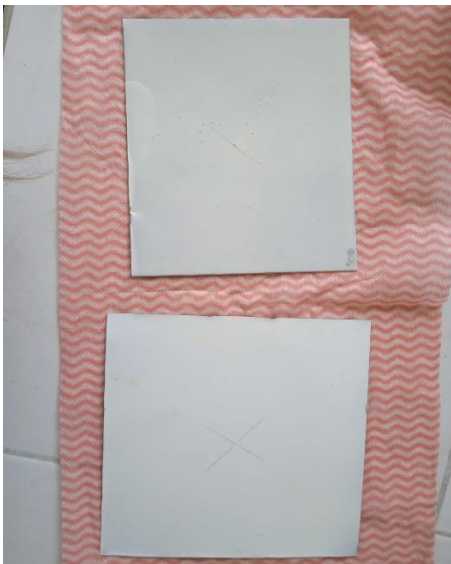


NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">ELABORADO POR: Gabriela Carolina Orozco Sanaguano</p>	ELABORACION DEL ANTICORROSIVO		
<p>a. Pesaje de la materia prima b. Preparación de la resina c. Fabricación del anticorrosivo</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/08/15

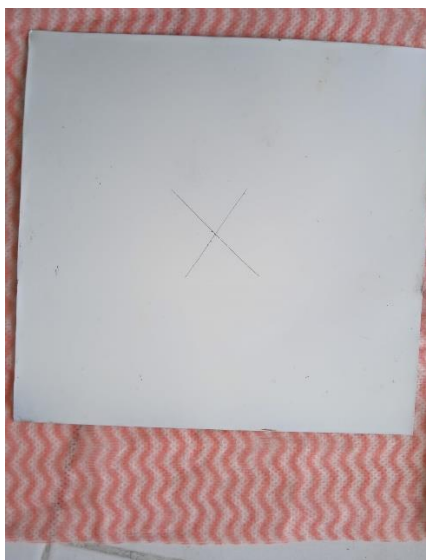
ANEXO D: NTE INEN 1006: DETERMINACIÓN DE ADHERENCIA MEDIANTE PRUEBA DE CINTA

ANEXO D: Determinación de adherencia mediante prueba de cinta

a)



b)

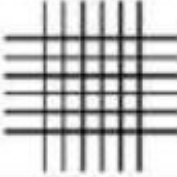
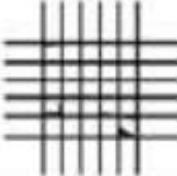
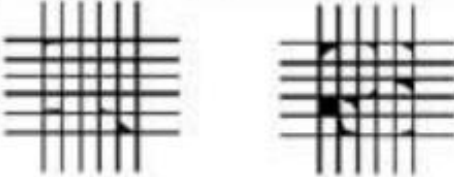
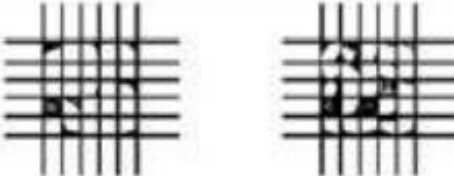
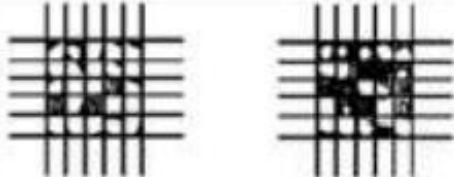
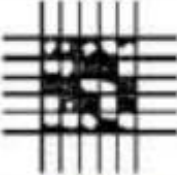


c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Gabriela Carolina Orozco Sanaguano </p>	PRUEBA DE ADHESIÓN		
<p>a. Cortes cruzados en la plancha comercial y la tesis</p> <p>b. Prueba de adhesión en la plancha con producto comercial</p> <p>c. Prueba de adhesión en la plancha con producto de tesis</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar </p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/08/15

ANEXO E: CLASIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ADHESIÓN, TOMADA DE LA NORMA ASTM D-3359

CLASSIFICATION OF ADHESION TEST RESULTS		
CLASSIFICATION	PERCENT AREA REMOVED	SURFACE OF CROSS-CUT AREA FROM WHICH FLAKING HAS OCCURRED FOR SIX PARALLEL CUTS AND ADHESION RANGE BY PERCENT
5B	0% None	
4B	Less than 5%	
3B	5 – 15%	
2B	15 – 35%	
1B	35 – 65%	
0B	Greater than 65%	

ANEXO F: NTE INEN 1024: DETERMINACIÓN DE LA MATERIA NO VOLÁTIL Y VOLÁTILES TOTALES

ANEXO F: Determinación de la MATERIA NO VOLÁTIL Y VOLÁTILES TOTALES

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DETERMINACION DE PORCENTAJ DE SOLIDOS		
a. Pesaje del papel aluminio b. Colocación del papel aluminio en la estufa a 120°C c. Retiro del papel aluminio para ingresarlo al desecador	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
			1	1:1	2022/08/15

ANEXO G: NTE INEN 1013: DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD

ANEXO G: Determinación de la viscosidad

a)



b)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Gabriela Carolina Orozco Sanaguano </p>	DETERMINACION DE LA VISCOCIDAD		
a. Llevar la temperatura a 25°C b. Dejar funcionar el viscosímetro brookfield	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		1	1:1	2022/08/15	

ANEXO H: NTE INEN 1009 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD E INTE INEN 1007 GRADO DE MOLIENDA

ANEXO H: Determinación de la densidad y grado de molienda

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DETERMINACION DE LA VISCOCIDAD Y GRADO DE MOLIENDA		
a. Pesaje de la copa galón b. Determinación del peso liquido de la pintura c. Lectura del grindometro	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		1	1:1	2022/08/15	
		ELABORADO POR: Gabriela Carolina Orozco Sanaguano			

ANEXO I: NTE INEN 1010: DETERMINACIÓN DEL PODER CUBRITIVO

ANEXO I: Determinación del poder cubritivo

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Gabriela Carolina Orozco Sanaguano </p>	DETERMINACION DEL PODER CUBRITIVO		
<p>a. Planchas de told para realizar la prueba de cubrimiento con el producto comercial y la tesis</p> <p>b. Prueba con el recubrimiento de la tesis</p> <p>c. Prueba con el recubrimiento de la comercial</p>	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/08/15

ANEXO J: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE OXIDACIÓN



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN



INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

1. Información general

Orden de trabajo N°: **039** N° Informe: **039**
Ref. Proforma: **AI-2022- 039**

Razón Social / Nombres Apellidos:	Gabriela Carolina Orozco	Muestra tomada por:	Cliente
RUC ó CI:	1600463028		
Dirección:	Riobamba		
Fecha de emisión:	19 de julio de 2022		
Fecha de muestreo:	N/A		
Fecha de recepción de la muestra:	15 de julio del 2022		
Fecha de realización del análisis:	del 15 al 17 de julio del 2022		
Correo electrónico:	carolinesolansh@gmail.com		
Teléfono:	0939653260	Teléfono:	0939653260
Persona de Contacto:	Gabriela Carolina Orozco		

2. Especificaciones del ensayo

Muestra:	Placas de cobre con y sin recubrimiento
Descripción:	Placas de cobre con y sin recubrimiento
Tipo:	N/A
Equipo:	No aplica
Lugar:	Laboratorio A-210
Analista:	Ing. Pablo Londoño
Descripción:	Método interno. Referencia NTE INEN 2268:2001
Observaciones:	La muestra "Tesis" desprende parte de su recubrimiento después del tratamiento salino.

Los resultados documentales de respaldo se envían al correo electrónico del cliente.

Cálculo de pérdida de peso				
	$P_{perdido} = P_{inicial} - P_{final}$			
	Peso Inicial (g)	Peso final (g)	Peso perdido (g)	% perdida
Blanco	147.2732	147.0713	0.2019	0.14%
Estandar	154.0212	153.9566	0.0646	0.04%
Tesis	148.1016	147.8985	0.2031	0.14%

Velocidad de corrosión (mpy)		$mpy = \frac{W_L \cdot 22273}{D \cdot A \cdot T}$		WL	mpy	
mpy	Rango o velocidad de corrosión			Blanco	0.2019	5.134
WL	pérdida de peso sufrida por el testigo corrosivo			Estandar	0.0646	1.643
D	densidad del material (g/cm ³)			Tesis	0.2031	5.164
A	Área de exposición (in ²)			Densidad cobre (g/cm ³)	8.96	
T	Tiempo de exposición (días)			área exposición (in ²)	32.588	
				Tiempo de exposición (días)	3 (72 horas)	
				Temperatura (35 °C)		
				Solución salina (NaCl 2%)		



Resultados	
Muestra	mpy
Blanco	5.134
Estandar	1.643
Tesis	5.164

ANEXOS



Figura 1: Placas estado inicial. Izquierda (blanco), Centro (Tesis), Derecha (Estandar)



Figura 2: Placas en recipientes de ensayo.



Figura 3: Placas estado final. Izquierda (Tesis), Derecha (Estandar)



Firmado digitalmente por:
**PABLO ANDRES
LONDONO LARREA**

Ing. Pablo Londoño
Responsable técnico

19 de julio de 2022

El informe no se puede reproducir de manera total o parcial sin la autorización del laboratorio.
Descargo de responsabilidad por muestreo o información entregada por el cliente

FIN DEL INFORME

ANEXO K: PRUEBAS DE LA NORMA ASTM – D 610:GRADO DE OXIDACIÓN

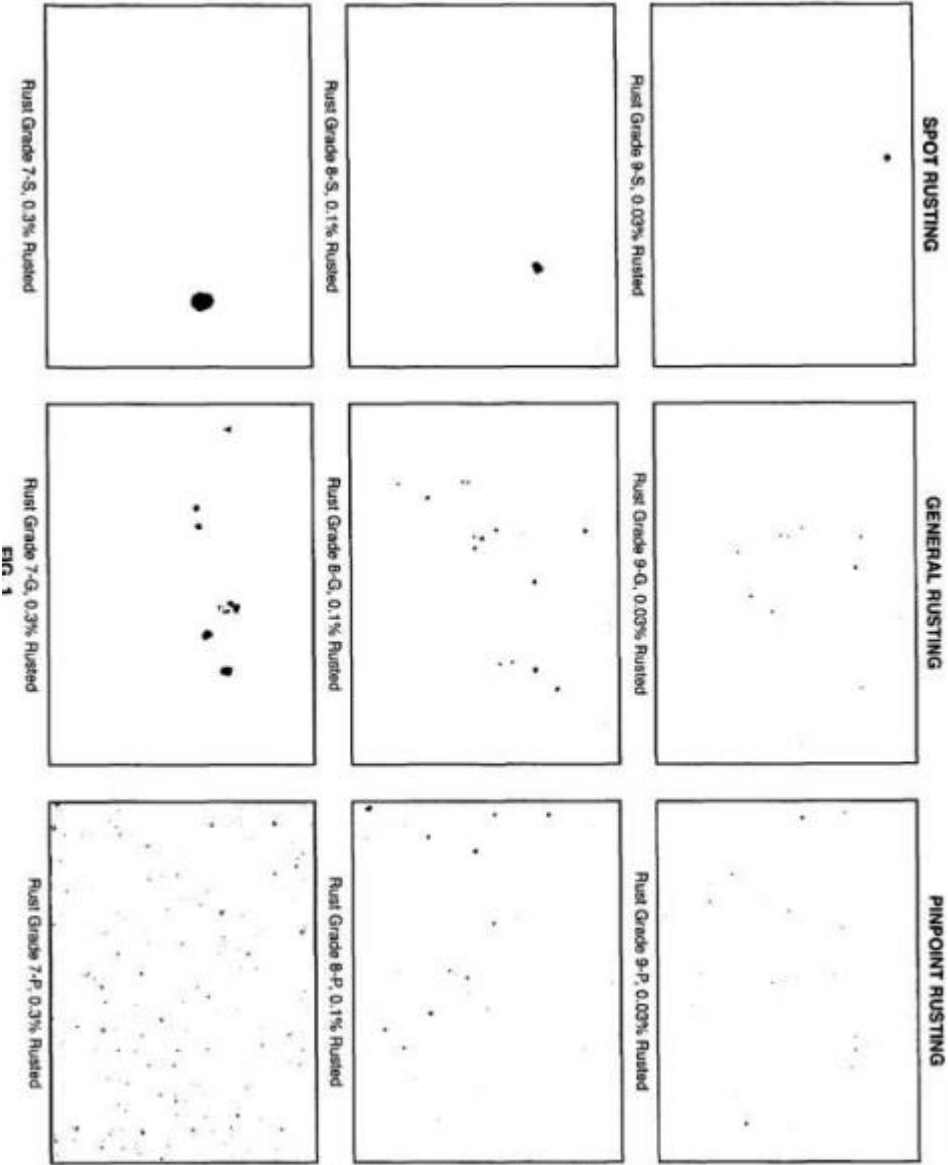
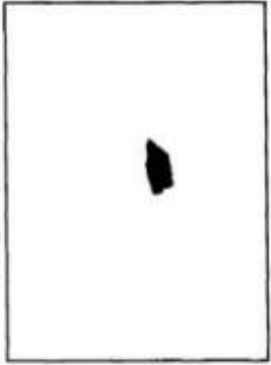
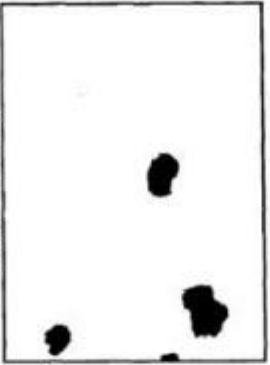


FIG. 1 Examples of Area Percentages

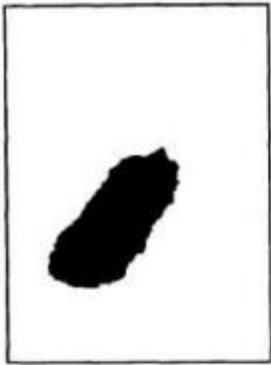
SPOT RUSTING



Rust Grade 6-S, 1% Rusted



Rust Grade 5-S, 3% Rusted

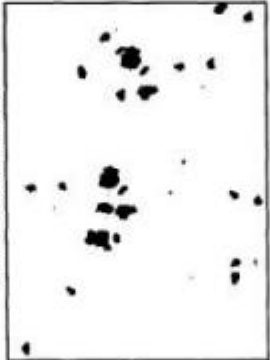


Rust Grade 4-S, 10% Rusted

GENERAL RUSTING



Rust Grade 6-G, 1% Rusted



Rust Grade 5-G, 3% Rusted



Rust Grade 4-G, 10% Rusted

FIG. 2

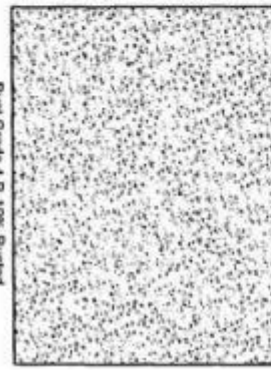
PINPOINT RUSTING



Rust Grade 6-P, 1% Rusted

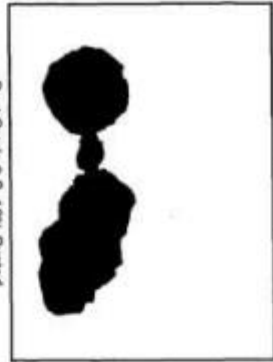


Rust Grade 5-P, 3% Rusted

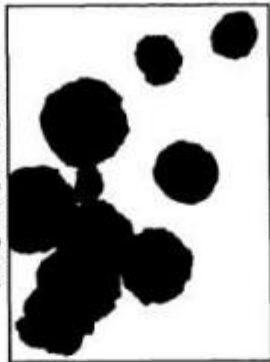


Rust Grade 4-P, 10% Rusted

SPOT RUSTING



Rust Grade 3-S, 16% Rusted

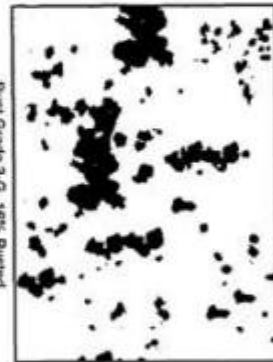


Rust Grade 2-S, 33% Rusted



Rust Grade 1-S, 50% Rusted

GENERAL RUSTING



Rust Grade 3-G, 16% Rusted



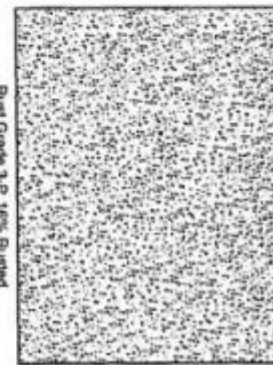
Rust Grade 2-G, 33% Rusted



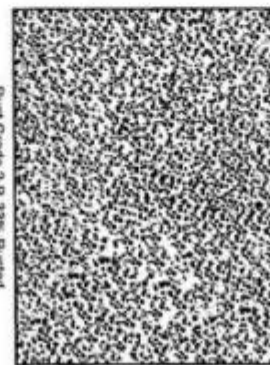
Rust Grade 1-G, 50% Rusted

FIG. 3

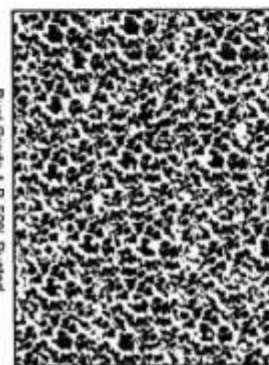
PINPOINT RUSTING



Rust Grade 3-P, 16% Rusted



Rust Grade 2-P, 33% Rusted



Rust Grade 1-P, 50% Rusted