



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Construcción Civil**

**Evaluación del Desfibrado en Madera
Recubierta con Barniz de Poliestireno
Expandido Expuesto a Sales y Radiación UVA**

Por

Claudia Carolina Ibacache Vicencio

**Tesis para optar al
Grado de Licenciado en Ciencias de la Construcción
y al Título de Ingeniero Constructor**

Prof. Guía: Rodrigo Ortiz

Junio, 2015

*A mis queridos abuelos Elena y Eufracio
Quienes siempre me apoyaron, amaron y creyeron en mí
Acosejándome, entregándome valores forjándome para ser quien soy
Que físicamente no pudieron estar, pero llevo siempre en mi corazón.*

*A mi amada hija
Por su comprensión y amor en estos años
Quien se ha convertido en lo más importante de mi vida.*

*A mi familia, en especial a mis padres
Por su esfuerzo y apoyo
Motivándome sin límites a alcanzar mis anhelos.*

*A mi amigo y amado Oscar
Que sin dudas ha estado allí cada momento
desde que llego a mi vida y
se ha convertido en parte esencial de ella.*

Agradecimientos

En primer lugar agradezco a Dios a quien le debo todo, es la luz en mis días tristes, mi esperanza ante el agobio, quien renueva mis fuerzas y me conforta, me hace feliz y no me abandona, siempre abre puertas y es ilimitado por tanto todo lo que venga de él o le pida a él no tiene límites, solo hay que creer. Esfuérzate y se valiente no temas ni desmayes porque estaré contigo donde quiera que tu vallas.

A mi hija, mis padres, hermanos, sobrina, primos y tíos (as) por preocuparse y dar su apoyo de diversas formas, aportando enseñanzas en mi vida e instándome siempre a superar los obstáculos.

A toda y a cada uno de los integrantes de la familia Vargas González y Barriga González, quienes con cariño y preocupación han apoyado a mi hija y a mí, asíéndonos sentir desde el primer momento parte de su familia, en especial agradezco a Oscar Vargas por su amor, comprensión y confianza depositada en mí, quien siempre me alentó a no bajar los brazos.

A mis abuelos que sin sus enseñanzas no estaría obteniendo estos logros, en especial a mi abuela que siempre fue un pilar importante en mi vida y mi primera motivación para tomar el camino correcto.

En este largo camino se presentaron personas que hicieron posible esta tesis, agradezco a la Srta. Claudia Hernández analista del Quifac de la Universidad de Valparaíso quien ofreció su conocimiento y ayuda sin obligación alguna, además destaco su preocupación contante, simpatía y amabilidad.

A los profesores de la Escuela de Construcción Civil, quienes aportaron sus conocimientos en mi formación de pregrado, agradezco a aquellos profesores que me han aconsejado en este camino, que por sus conocimientos y formación valórica se han ganado mis respetos y estimación, a los cuales veo como un modelo a seguir en mi camino profesional.

A las secretarias de la Escuela de Construcción Civil, que amablemente nos orientan y se preocupan a lo largo de todo el proceso de formación.

Mis agradecimientos a la Empresa Tricolor S.A ubicada en El Salto, Viña del Mar donde encontré a personas que amablemente y de forma desinteresada colaboraron con el desarrollo de esta investigación, facilitando los equipos necesarios, compartiendo conocimientos y consejos para que tuviese un óptimo desarrollo, agradezco a la Srta. Loreto Castro, Silvia Gómez, Sr. Jorge Ibacache, Sebastián Meneses, Claudio Rojas y Mariano Pérez.

A mis queridos amigos con quienes superamos momentos difíciles, por su comprensión y palabras de aliento, por simplemente escuchar y prestar consejo, por hacerme reír y hacerme más agradable la vida, en general agradezco a los que de alguna forma cooperaron al desarrollo de este logro.

Índice

<i>Dedicatoria</i>	I
<i>Agradecimientos</i>	II
<i>Índice de Figuras</i>	V
<i>Índice de Tablas</i>	VIII
<i>Resumen</i>	IX
<i>Abstract</i>	X
1.Introducción	11
2.Objetivos de la Investigación	13
2.1. Objetivo general	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3.Hipótesis	13
4.Alcances de la Investigación	14
5.Antecedentes de la madera, barnices y métodos de ensayo	15
5.1. Agentes degradadores de la madera	15
5.2. El desfibrado en la madera	16
5.3. Recubrimientos protectores de la madera	17
5.4. Poliestireno expandido y Limoneno	18
5.4.1. Poliestireno Expandido.....	18
5.4.2. Limoneno.....	20
5.5. Barniz de poliestireno expandido con solvente limoneno	21
5.6. Métodos de envejecimiento acelerado.....	21
5.6.1. Método de envejecimiento acelerado con cámara QUV	22
5.6.2. Parámetros para evidenciar el daño: color y brillo	22
5.6.3. Radiación Ultravioleta.....	24
5.7. Métodos de corrosión acelerada	25
6 Metodología de la investigación	27
6.1. Diseño de la experiencia	28
6.1.1. De la dosis de barniz de poliestireno expandido.....	28
6.1.2. Selección del tiempo de envejecimiento	28
6.1.2.1. Determinación Niveles de radiación UV.....	28
6.1.2.2. Estimación de periodos de exposición en laboratorio	28
6.1.3. Ensayo de envejecimiento	29

6.1.4.	Ensayo de corrosión.....	30
6.1.5.	Probetas de madera.....	31
7.	Desarrollo de la investigación	32
7.1.	Determinación de las equivalencias de radiación.....	32
7.2.	Determinación de la Humedad.....	33
7.3.	Determinación del Peso	33
7.3.1.	Pesos y Brillo probetas de control.....	34
7.3.2.	Probetas con barniz de poliestireno expandido	35
7.3.3.	Probetas con barniz Marino	36
8.	Ensayo de envejecimiento acelerado	38
8.1.	Determinación del brillo probetas barnizadas	38
8.2.	Determinación del brillo probetas de control	42
8.3.	Determinación el color.....	43
9.	Ensayo de niebla salina.....	63
10.	Conclusiones y Futuras Investigaciones	67
10.1.	Conclusiones.....	67
10.2.	Futuras investigaciones.....	68
11.	Bibliografía.....	69
ANEXOS	72

Índice de figuras

Figura 5.1 - Polimerización a partir de estireno.....	19
Figura 5.2 - Polímeros Lineales.....	20
Figura 5.3 - Cámara Q/UV.....	23
Figura 5.4 - Diagrama coordenadas CIELAB.....	23
Figura 5.5 - Espectrofotómetro Data color 400.....	24
Figura 5.6 - Reflexión del rayo de luz.....	24
Figura 5.7 - Cámara Q-Fog.....	26
Figura 6.1 - Diagrama de flujo de la investigación.....	28
Figura 7.1 - Medidor de humedad.....	34
Figura 7.2 - Barniz de Poliestireno Expandido.....	36
Figura 7.3 - Barniz Poliestireno 1 capa	36
Figura 7.4 - Barniz de Poliestireno 2 capas.....	37
Figura 7.5 - Barniz Marino 1 capa.....	38
Figura 7.6 - Barniz Marino 2 capas.....	38
Figura 8.1 - Cambio de color luego de envejecimiento acelerado.....	39
Figura 8.2 - Barnices 1 y 2 capas ensayadas 6 meses.....	42
Figura 8.3 - Barnices 1 y 2 capas ensayadas 8 meses	42
Figura 8.4 - Barnices 1 y 2 capas ensayadas 12meses	43
Figura 8.5 - Grafico Probeta 63 A.....	45
Figura 8.6 - Grafico Probeta 71 A.....	45
Figura 8.7 - Grafico Probeta 71 B.....	45
Figura 8.8 - Grafico Probeta 73 A.....	45
Figura 8.9 - Grafico Probeta 78 A.....	45
Figura 8.10 - Grafico Probeta 42 A.....	46
Figura 8.11 - Grafico Probeta 82 A.....	46
Figura 8.12 - Grafico Probeta 82 B.....	46
Figura 8.13- Grafico Probeta 89 A.....	46
Figura 8.14 - Grafico Probeta 89 B.....	47
Figura 8.15 - Grafico Probeta 51 B.....	47
Figura 8.16 - Grafico Probeta 83 B.....	47
Figura 8.17 - Grafico Probeta 57 B.....	48
Figura 8.18 - Grafico Probeta 86 B.....	48
Figura 8.19 - Grafico Probeta 68 B.....	48
Figura 8.20 - Grafico Probeta 27 B.....	49
Figura 8.21 - Grafico Probeta 34 B.....	49

Figura 8.22 - Grafico Probeta 28 B.....	49
Figura 8.23 - Grafico Probeta 39 B.....	49
Figura 8.24 - Grafico Probeta 30 B.....	49
Figura 8.25 - Grafico Probeta 83 A.....	50
Figura 8.26 - Grafico Probeta 51 A.....	50
Figura 8.27 - Grafico Probeta 57 A.....	50
Figura 8.28 - Grafico Probeta 68 A.....	50
Figura 8.29 - Grafico Probeta 86 A.....	51
Figura 8.30 - Grafico Probeta 27 A.....	51
Figura 8.31 - Grafico Probeta 34 A.....	51
Figura 8.32 - Grafico Probeta 28 A.....	52
Figura 8.33 - Grafico Probeta 39 A.....	52
Figura 8.34 - Grafico Probeta 30 A.....	52
Figura 8.35 - Grafico Probeta 13 A.....	53
Figura 8.36 - Grafico Probeta 29 A.....	53
Figura 8.37 - Grafico Probeta 69 A.....	53
Figura 8.38 - Grafico Probeta 74 A.....	53
Figura 8.39 - Grafico Probeta 71 B.....	53
Figura 8.40 - Grafico Probeta 21 A.....	54
Figura 8.41 - Grafico Probeta 21 B.....	54
Figura 8.42 - Grafico Probeta 43 A.....	54
Figura 8.43 - Grafico Probeta 43 B.....	54
Figura 8.44 - Grafico Probeta 54 B.....	54
Figura 8.45 - Grafico Probeta 25 A.....	55
Figura 8.46 - Grafico Probeta 26 A.....	55
Figura 8.47 - Grafico Probeta 46 A.....	55
Figura 8.48 - Grafico Probeta 47 A.....	55
Figura 8.49 - Grafico Probeta 49 A.....	56
Figura 8.50 - Grafico Probeta 2 A.....	56
Figura 8.51 - Grafico Probeta 8 A.....	56
Figura 8.52 - Grafico Probeta 9 A.....	57
Figura 8.53 - Grafico Probeta 10 A.....	57
Figura 8.54 - Grafico Probeta 16 A.....	57
Figura 8.55 - Grafico Probeta 25 B.....	58
Figura 8.56 - Grafico Probeta 26 B.....	58
Figura 8.57 - Grafico Probeta 46 B.....	58
Figura 8.58 - Grafico Probeta 47 B.....	58

Figura 8.59 - Grafico Probeta 49 B.....	58
Figura 8.60 - Grafico Probeta 2 B.....	59
Figura 8.61 - Grafico Probeta 8 B.....	59
Figura 8.62 - Grafico Probeta 9 B.....	59
Figura 8.63 - Grafico Probeta 10 B.....	59
Figura 8.64 - Grafico Probeta 16 B.....	60
Figura 8.65 - Grafico Probeta 91 A.....	60
Figura 8.66 - Grafico Probeta 92 A.....	60
Figura 8.67 - Grafico Probeta 93 A.....	61
Figura 8.68 - Grafico Probeta 94 A.....	61
Figura 8.69 - Grafico Probeta 95 A.....	61
Figura 8.70 - Grafico Probeta 91 B.....	61
Figura 8.71 - Grafico Probeta 92 B.....	61
Figura 8.72 - Grafico Probeta 93 B.....	62
Figura 8.73 - Grafico Probeta 94 B.....	62
Figura 8.74 - Grafico Probeta 95 B.....	62
Figura 8.75 - Grafico Probeta 97 A.....	62
Figura 8.76 - Grafico Probeta 97 B.....	62
Figura 8.77 - Grafico Probeta 98 B.....	63
Figura 8.78 - Grafico Probeta 96 A.....	63
Figura 8.79 - Grafico Probeta 96 B.....	63
Figura 9.1 - Frecuencia de Ampollamiento.....	64
Figura 9.2 - Probetas en cámara de niebla salina.....	65
Figura 9.3 - Probeta con barniz de poliestireno expandido.....	66
Figura 9.4 - Probeta con barniz marino.....	67

Índice de Tabla

Tabla 5.1 - Comportamiento del Poliestireno expandido.....	21
Tabla 5.2 - Clasificación del brillo según porcentajes.....	25
Tabla 5.3 - Efecto de 388 ciclos de simulación de humedad por agua de mar y secado.....	27
Tabla 6.1 - Tiempo de envejecimiento acelerado	30
Tabla 7.1 - Radiación Ultra Violeta Tipo A en la Ciudad de Concón (mW/Cm ²).....	33
Tabla 7.2 - Equivalencia de tiempo de exposición a radiación UVA en cámara QUV.....	33
Tabla 7.3 - Equivalencia de tiempo de exposición a radiación UVA.....	34
Tabla 7.4 - Peso probetas de control.....	35
Tabla 7.5 - Brillo probetas de control.....	35
Tabla 8.1 - Resumen disminución de brillo barnices.....	40
Tabla 8.2 - Brillo probetas de control después de UVA.....	44
Tabla 9.1 - Barniz de Poliestireno Expandido sometido a 300hrs niebla salina.....	65
Tabla 9.2 - Barniz de Poliestireno Expandido sometido a 300hrs niebla salina.....	65
Tabla 9.3 - Barniz de Poliestireno Expandido sometido a 300hrs niebla salina.....	66
Tabla 9.4 - Barniz marino sometido a 300hrs niebla salina.....	66
Tabla 9.5 – Barniz marino sometido a 300hrs niebla salina.....	67
Tabla 9.6 – Barniz marino sometido a 300hrs niebla salina.....	67

Resumen

La oportunidad de reciclar y reutilizar materiales con el propósito de aminorar los residuos y constituir nuevos productos que sean más amigables con el medio ambiente, convierten al poliestireno expandido en conjunto con el Limoneno en un exponente de ello, teniendo ambas características importantes a la hora de fabricar un barniz y contando con estudios que demuestran mejores resultados ante barnices de origen comercial (Cárcamo, 2013), se pretende utilizarlo para preservar estructuras de madera dañadas por medios abióticos como la radiación UVA y ambientes salinos que causan el desfibrado de esta.

El objetivo de este estudio es evaluar el desfibrado en madera expuesta a radiación ultra violeta y acción de sales, recubiertas con barniz de poliestireno expandido, definiendo los tiempos de exposición y evaluando el comportamiento del barniz de poliestireno expandido en relación a un barniz marino de origen comercial simulando condiciones reales, para lo cual se someten probetas de madera a ensayos de envejecimiento y corrosión acelerada en cámaras de radiación ultravioleta y niebla salina respectivamente. Se fabrica el barniz de poliestireno expandido en su dosis máxima de 500grs/ litro de limoneno. Luego de someter a los ensayos las probetas recubiertas por los diferentes barnices se obtiene tras analizar los datos tomados de brillo y color que ambas capas de barnices envejecieron y que este se incrementó al aumentar la exposición la cual fue definida en 6, 8 y 12 meses para radiación UVA simulada en laboratorio. Los ensayos realizados en cámara de niebla salina arrojaron después de 300hrs de exposición para el barniz marino que existe penetración de agua, además se observó formación de hongos, siendo encontradas el 100% de las probetas de barniz de poliestireno expandido sin penetración de agua ni ampollamiento, otorgando una mejor evaluación en relación al barniz marino. Se concluye que impide el desfibrado en la madera producido por la acción de sales bajo las condiciones de los ensayos aplicados.

Palabras clave: desfibrado en madera, poliestireno expandido, limoneno, barniz, acción de sales, radiación UVA.

Abstract

The opportunity to recycle and reuse materials in order to reduce waste and provide new products that are more environmentally friendly, converted to polystyrene in limonene in conjunction with an exponent of it, having both important features when make a glaze and with studies showing better results before varnishes commercial origin (Carcamo, 2013), is intended to be used to preserve wooden structures damaged by abiotic media such as UVA radiation and saline environments that cause this shredding.

The objective of this study is to evaluate the wood pulping exposed to ultra violet radiation and salts action, varnish coated polystyrene, defining exposure times and evaluating the behavior of expanded polystyrene varnish versus a dark varnish simulating commercial origin actual conditions, for which wood specimens undergo aging tests and accelerated corrosion and UV chambers respectively saline fog. Varnish expanded polystyrene at maximum doses of 500grs / liter of limonene, after subjecting the samples coated with the different coatings is obtained after analyzing the data from brightness and color both layers of varnish aged and that this increased to manufactured increasing exposure which was defined in 6, 8 and 12 months to UVA radiation simulated in the laboratory. The tests in salt spray chamber dropped after 300hrs of exposure to the marine varnish that there is water penetration and blistering infrequently also mildew was observed, being found 100% of the samples of expanded polystyrene varnish without penetration water or blistering, providing a better assessment versus marine varnish. We conclude that prevents the wood desfibrado produced by the action of salts under the test conditions applied.

Keywords: wood pulping, expanded polystyrene, limonene, varnish, action sales, UVA radiation.

1. Introducción

En nuestra vida diaria nos vemos constantemente rodeados por estructuras y objetos de madera. Las casas en las que vivimos y los lugares en los que trabajamos están hechos, total o parcialmente de madera (Jackson & Day, 1993). La madera es uno de los recursos naturales más abundantes del planeta y ha tenido siempre un papel muy significativo e importante en la economía humana (Mora & Enzinas, 2006).

La madera es la única materia prima renovable utilizada en gran escala. Sólo puede compararse con la energía solar de la que realmente procede. En su estudio podemos considerarla desde dos puntos de vista: uno energético y otro como elemento estructural y decorativo (Guindeo, 2002).

Es conocido que la madera es afectada frecuentemente por organismos, los cuales la convierten en una fuente de alimentación esencial, vulnerable para ser dañada por agentes de origen bióticos y abióticos (Rodríguez, 1998), de estos últimos encontramos que, los agentes responsables de los cambios físicos en la superficie de la madera, como decoloración y agrietamiento, ocasionados por el medio ambiente son: la radiación solar (luz ultravioleta, visible e infrarroja), humedad (rocío, lluvia, nieve) y temperatura. El conjunto de estos elementos como su interacción, son puntos clave que intervienen en el proceso de envejecimiento y agrietamiento superficial de la madera. Al mismo tiempo, también influyen características propias de la madera, tales como su densidad, composición física, química y anatómica, los que influyen sobre estos cambios (Rodríguez, 2003).

Además de estos factores abióticos que atacan la madera se encuentran las sales que producen desfibrado, este fenómeno se observa en las oficinas salitreras de Humberstone y Santa Laura ubicadas en la región de Tarapacá, provincia de Iquique, aquí se logra apreciar deterioros menores provocados por hongos e insectos. Pero el producto de los años, las condiciones climáticas adversas presentes en la zona, y debido al proceso industrial que se desarrollaba en este lugar, se generó la acumulación de minerales salinos, quedando así, las maderas que conformaban estas edificaciones, expuestas a un inusual y lento deterioro no biológico denominado desfibración, en el cual es posible observar fibras desprendidas de la superficie de la madera (Ortiz, 2013).

El proceso de corrosión de la sal sobre la lamela media de la madera no ha sido comúnmente encontrado en el mundo ni ampliamente descrito en la literatura (Navarrete, 2012). Los antecedentes bibliográficos existentes que se señalarán más adelante, determinan que sin importar la composición de las sales e independiente de la fuente, presenta idénticos daños en los distintos elementos analizados (Ortiz, 2013).

Los problemas generados por la corrosión son frecuentes en muchas actividades, tales como la industria química, petrolífera, petroquímica, naval, de construcción civil, automovilística, conservación de monumentos históricos, entre otras

Por esto se requiere prevenir y/o controlar la degradación por las sales, para así preservar estas construcciones, que son parte del patrimonio del país y a su vez parte de la historia de los pueblos que allí habitaron.

Para preservar los elementos de madera una de las técnicas más utilizadas para el control y prevención de la corrosión es el uso de recubrimientos, esto debido a que tiene menor costo en comparación a otras técnicas.

Para la fabricación de estos recubrimientos, las materias primas utilizadas en su gran mayoría son derivados del petróleo, lo que implica un alto impacto ambiental durante su producción y su posterior aplicación, siendo el uso de solventes en las formulaciones el principal problema, por ser compuestos orgánicos volátiles, que generan enfermedades en el ser humano (Temas de Química sustentable, 2011) además contribuyen a serios problemas ambientales, por esto actualmente las investigaciones se enfocan a la obtención y utilización de recubrimientos que no dañen al medio ambiente, o al menos este sea mínimo. Uno de los enfoques es la utilización de residuos de materiales que puedan reciclarse o reutilizarse.

El reciclaje y aprovechamiento de los residuos plásticos y materiales sintéticos a nivel mundial se ha convertido en una de las grandes tendencias en materia de investigación (Gracia, 2009), así se minimizan las cantidades generadas. Es por ello, que la manipulación y tratamiento de desechos como los plásticos y sus derivados es un factor fundamental, para remediar diversos problemas generados al medio ambiente (López et al., 2013). Entre los polímeros que poseen una gran demanda a nivel mundial se encuentra el poliestireno expandido (EPS) (ANAPE, 2003). El poliestireno expandido es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase. Se le conoce también en su versión más coloquial como plumavit, en otros países como tergopol (abreviatura de su descripción comercial "tela gomosa porosa"), también se le llama estereofón en Costa Rica, tecnopor en Perú, unicele en México y espuma plast en Uruguay. Su cualidad más destacada es su higiene al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos. Es decir, no se pudre, no se enmohece ni se descompone.

En los últimos años se han adelantado investigaciones encaminadas a su reciclaje y aprovechamiento para la obtención de resinas utilizadas como materia prima en el reprocesamiento de éstas (Macromol, 2014).

Una de las soluciones que se ha encontrado para el uso del poliestireno expandido reciclado, es convertirlo en resina en la formulación de recubrimientos anticorrosivos, disolviéndolo con un solvente natural extraído de la cáscara de los cítricos, llamado limoneno (López et al., 2013).

El limoneno, debido a su baja toxicidad en humanos, es una alternativa segura en comparación a los peligrosos solventes derivados del petróleo, que se utilizan hoy en día en la formulación de los recubrimientos.

Otros anticorrosivos probados en las maderas que forman parte de la construcción de las salitreras de Humberstone y Santa Laura de origen comercial, no han dado los resultados esperados y a raíz de la necesidad que surge de preservar estas edificaciones con gran contenido histórico, se propone la utilización de barniz de poliestireno expandido, debido a lo que señala Cárcamo (2013) en su estudio en donde destaca los resultados en los ensayos de resistencia a la abrasión, variabilidad de espesor de película seca, absorción e hinchamiento, del barniz de poliestireno expandido en comparación a un barniz marino de origen comercial, por ende en este estudio se evaluarán maderas con recubrimiento de barniz de poliestireno expandido, sometidas a radiación UVA y a la acción de sales para verificar si el recubrimiento es capaz de proteger la madera e impide el desfibrado de ella.

2. Objetivos de la Investigación

2.1. Objetivo general

Evaluar el desfibrado en madera expuesta a radiación ultra violeta y acción de sales, recubiertas con barniz de poliestireno expandido.

2.2. Objetivos específicos

- Definir los niveles y tiempos de exposición a radiación UVA en laboratorio para simular condiciones reales.
- Determinar el comportamiento del barniz de Poliestireno Expandido en atmósfera salina acelerada versus un barniz marino.
- Analizar comparativamente los resultados obtenidos en laboratorio de los dos tipos de barnices.

3. Hipótesis

El recubrimiento de barniz de poliestireno expandido evitará la degradación de la lignina de la madera expuesta a sales.

4. Alcances de la Investigación

- Se considera la evaluación en maderas de Pino Insigne
- Se realizarán las pruebas en maderas sin desfibración (sanas)
- Se someterán a radiación ultra violeta del tipo A
- Se someterán a una solución salina al 5% de cloruro de sodio (NaCl).
- Se considera para los estudios, los implementos disponibles en los laboratorios de la Escuela de Construcción de la Universidad de Valparaíso y Empresa Tricolor S.A.

5. Antecedentes de la madera, barnices y métodos de ensayo.

5.1. Agentes degradadores de la madera

Los agentes degradadores son aquellos que participan en el deterioro de la madera, de forma directa o indirecta, atacando la lignina y la celulosa.

La celulosa es el polisacárido que se encuentra en mayor proporción en la madera, es una estructura básica de las células de las plantas, además de ser la sustancia más importante producida por este organismo vivo (Marx-Figini, 1964), este es el principal componente de la pared celular. (Fengel, 1984), siendo fibras compactas insolubles en agua, unidas entre sí por la lignina.

La lignina es un polímero, exclusivamente de los tejidos leñosos y se forma durante la transformación biológica en las paredes celulares del reino plantae, estos polímeros son insolubles en ácidos y solubles en álcalis fuertes como el hidróxido de sodio, al ser un polímero también sufre corrosión. Lignina proviene del término latino lignum que significa madera, por esto a las plantas que contienen gran cantidad de lignina, se les llama leñosas, y realiza diversas funciones esenciales en las plantas como engrosar el tallo, proporcionar rigidez a la pared celular, y en aquellos que se encuentran mayormente lignificados impiden que enzimas destructivas ingresen a la pared celular (Nuñez, 2004).

Entre los agentes degradadores se encuentran los bióticos: insectos, mohos y hongos; y los abióticos, dentro de estos últimos nos podemos referir a las sales y el intemperismo.

La humedad se puede producir tanto por el medio ambiente como por la lluvia, el exceso de humedad en la madera hace que esta sea más susceptible al deterioro, considerando la humedad de equilibrio al interior de la madera entre el 10 y 15% (Conafor, 2010).

Este exceso de humedad se puede producir por diferentes factores entre ellos el contacto de la madera con otros materiales, acumulación de lluvia, escasez de ventilación y condensación. La madera al poseer un recubrimiento superficial podrá resistir prolongadamente el efecto de la lluvia al exterior y/o humedad, esta protección será eficaz mientras la capa de recubrimiento no se desgaste o comience a quebrarse (Conafor, 2010), si esto sucede la madera tendrá cambios dimensionales debido al agua que tendrán sus fibras.

La madera es un material hidrocópico, el clima húmedo provoca que la madera se dilate en periodos de precipitaciones o alta humedad ambiente y que se contraiga en tiempos de sequía, causando la desintegración mecánica en la superficie de la madera (Corma, 2007).

La radiación solar proporciona rayos ultravioletas y rayos infrarrojos, los cuales causan daños superficiales en la madera, estos últimos provocan decoloración superficial de color grisáceo, luego se comienza a desfibrar, provocando finalmente grietas en la cara exterior, originada por la diferencia de humedad entre la superficie y el interior (Conafor, 2010).

Los rayos ultravioleta al igual que los infrarrojos dañan la superficie, tomando la madera un color café, estos rayos degradan la lignina, lo que origina la separación de las fibras, las que en presencia de lluvia y/o agua pueden ser arrastradas provocando diferencias en las piezas de madera (Conafor,

2010). La madera afectada por la luz ultravioleta degrada los primeros milímetros de la madera, sirviendo estos de protección al resto, no aumentando el fenómeno, la degradación es lenta y puede ser visible entre el primer y séptimo año, aclarando la madera u oscureciéndola, siendo afectada con mayor intensidad la albura que el duramen, este fenómeno puede ser más rápido si se combina con el deslavado por lluvia, esta arrastra desde la superficie la celulosa descompuesta. El agrietamiento de la madera generalmente se produce en dirección de las vetas, que deriva del secado que produce el espectro infrarrojo (Corma, 2007).

Las resinas de los recubrimientos superficiales también son degradados progresivamente por la radiación, en aquellos que presentan pigmentos en contra la radiación solar UV, la degradación tarda mayor tiempo, por esto son más recomendables y se deben aplicar correctamente, así evitar desperfectos y disminuir la probabilidad que los daños comiencen por estos, además de la indispensable mantención y re aplicación cada cierto periodo de tiempo (Conafor, 2010).

Las sales independientemente de su procedencia provocan el mismo efecto que la radiación solar en la madera, degradan la lignina causando la descohesión en las células, siendo visible las fibras desprendidas en la superficie de esta.

5.2. El desfibrado en la madera

El desfibrado es un fenómeno que se encuentra descrito en diversas investigaciones, pero no se encuentra explicado.

Los antecedentes que existen respecto a este tema, son de estudios relacionados a la corrosión en madera expuesta a sales, entre ellos se encuentran: muelles y pilares de muelles tratados con sales CCA y creosota, construcciones expuestas al mar (Johnson, 1992), rutas de sal y almacenes de fertilización (Parameswaran, 1981), además de superficies internas de barcos y torres de refrigeración (Bootle, 1983). Maderas pertenecientes a las chozas de las expediciones históricas en la región del mar de Ross en la Antártica (Blanchette et al., 2002) Los antecedentes bibliográficos existentes determinan que sin importar la composición de las sales e independiente de la fuente, presenta idénticos daños en los distintos elementos analizados (Ortiz, 2013). Tras los estudios anatómicos de muestras, mediante microscopía electrónica, se diagnosticó en las maderas analizadas que la lignina, así como la celulosa fue dañada, exhibiendo en algunos casos deterioro mecánico en las fibras debido a presiones de cristalización (Kucerová, 2008). El deterioro de la lamela media es producto de las sales presentes que corroen la lignina, provocando la separación de las fibras de forma progresiva, siendo visible su deterioro (Blanchette et al., 2002)

Johnson, (1992) señala que en esta actividad corrosiva los químicos penetran la madera como solutos en agua, formando cristales cuando el agua es evaporada.

Blanchette, et al. (2002) Manifiesta que en áreas protegidas de la lluvia la acumulación de sales se da con mayor facilidad, produciéndose daños más serios, no obstante en las edificaciones de las salitreras, las maderas presentes en el exterior son las que presentan más deterioro por efecto del desfibrado, esto debido a la casi nula presencia de lluvias, dada su disposición geográfica, en el Norte de Chile. Los daños pueden ocurrir rápidamente en lugares donde grandes concentraciones de sal están en contacto con madera húmeda, o muy lentamente cuando bajas concentraciones de sal son acumuladas en la madera después de la evaporación del agua (Farrell, 2007).

Como se menciona anteriormente, donde se encuentran las estructuras estudiadas, la presencia de lluvia es escasa, lo cual a su vez, no permite el lavado de las estructuras, permaneciendo los minerales salinos adosados a la madera producto del viento, siendo la camanchaca lo que provee humedad en la zona.

5.3. Recubrimientos protectores de la madera

Los recubrimientos protectores de maderas exteriores, tienen como principal función entregar flexibilidad y protección, ya que la madera es susceptible a la degradación por el medio ambiente cuando se expone al exterior, a diferentes factores que son: químicos, mecánicos y de energía lumínica lo que da por resultado reacciones que aportan a la degradación de la madera, lo antes mencionado se conoce por intemperización.

Todos estos problemas pueden reducirse con la aplicación de sustancias que son adecuadas como los acabados (brillante, mate y satinado) que se clasifican de la siguiente manera: aquellos que forman una película con recubrimientos superficiales y otras que penetran la superficie de la madera. Dentro de estos últimos se ubican los transparentes que son repelentes al agua los cuales reducen el agrietamiento, protegiéndola de agentes degradadores, sometida a condiciones del intemperismo, y los pigmentados, como las tintas que disminuyen la degradación por los agentes atmosféricos y bióticos, la ventaja es que al no formar película, no existen problemas de burbujas y descascaramiento del acabado por lo que después de un tiempo será fácil su mantenimiento (Castillo & Erdoiza, 1995).

Dentro de los recubrimientos que forman película encontramos las pinturas y barnices. La pintura se define como un material que está formado por los mismos ingredientes que los barnices, adhiriéndose sobre un tipo de superficie, agregándoles un pigmento y materias de carga (sustancias que ayudan a la incorporación del pigmento) (Velez, 1965). Es una fórmula compuesta por una materia sólida que imparte color, forma una película protectora y una capa entre el material y el exterior, así evita la acción de agentes externos como la humedad, sales, radiación UV, productos químicos, etc.

El barniz es una capa protectora compuesta por una o más resinas disueltas en un aceite o una sustancia volátil llamada solvente, creando una mezcla homogénea, que al entrar en contacto con el aire se seca rápidamente, evaporándose el disolvente quedando una capa o película protectora en la superficie que se está aplicando, protegiéndola de agentes atmosféricos, ambientales y mecánicos, constan de varios tipos diferenciados por la resina que lo constituye. Esta, es una sustancia que se puede obtener de forma natural o fabricada artificialmente, valorada por sus propiedades químicas y sus usos asociados como la producción de barnices. Es una molécula gigantesca, llamada polímero el cual viene de un monómero (molécula relativamente simple, capaz de reaccionar con ella misma o con sustancias semejantes), la resina que no se cataliza estando líquida es un monómero y al catalizar comienza a formar un polímero, luego se endurece formando algo similar a un plástico transparente o con un color dependiendo del origen.

Existen barnices formulados con diferentes tipos de resina como el de nitrocelulosa, los alquídicos, los acrílicos y los de poliuretano, estos últimos son los que ofrecen buenas cualidades en resistencia y durabilidad (Cogollo, 2003).

El disolvente es el componente de la mezcla capaz de destruir la molécula de un cuerpo soluble, o sea se encarga de disolver la resina, en tanto los pigmentos pueden ser muy variados,

pueden dar acabado mate o satinado a los barnices, protegen la película formada, haciéndola más duradera, con propiedades como: resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y protección por la acción de los rayos ultravioletas.

Según (Kauman, 1996) dice que la tinta y pinturas proporcionan mayor protección a las maderas que se encuentran expuestas al exterior, el tiempo de renovación es de cinco a diez años y las tintas cada dos a cuatro años dependiendo de las condiciones climáticas. Entretanto los barnices tienen menor tiempo de vida útil por lo que requiere mantenimiento cada uno a dos años.

Según el acabado será la falla que presentará, estas pueden ser por rajado, pelado, presencia de ampollas, grietas finas y abundantes, descascaramiento y erosión (Tamarit et al., 2002).

5.4. Poliestireno expandido y Limoneno

5.4.1. Poliestireno Expandido

El poliestireno se forma de la polimerización a partir del monómero de estireno como se muestra en la figura 5.1, es una cadena larga de carbonos e hidrógenos, que cada dos átomos de carbono se une un grupo fenilo, es un polímero lineal, termoplástico, que se designa con la sigla PS, es un plástico económico y resistente, de uso muy común en diversas áreas, como el empaquetado, en la construcción como aislante, en tazas plásticas transparentes u artículos moldeados, entre otros (Odián, 2015).



Figura 5.1. Polimerización a partir de estireno
Fuente: Tecnología de los Plásticos, 2011

Este polímero lineal puede producirse de forma isotáctica (grupos fenilos ubicados a un solo lado de la cadena), de forma sindiotáctica (grupo fenilo ubicado alternadamente a ambos lados de la cadena) y los atácticos (grupos fenilos ubicados al azar a uno u otro lado de la cadena) ilustrado en la figura 5.2 que es el caso de poliestireno expandido, si la estructura es ordenada los polímeros son cristalinos y si es desordenada serán amorfos como el atáctico (Macrogalleria, 1996).

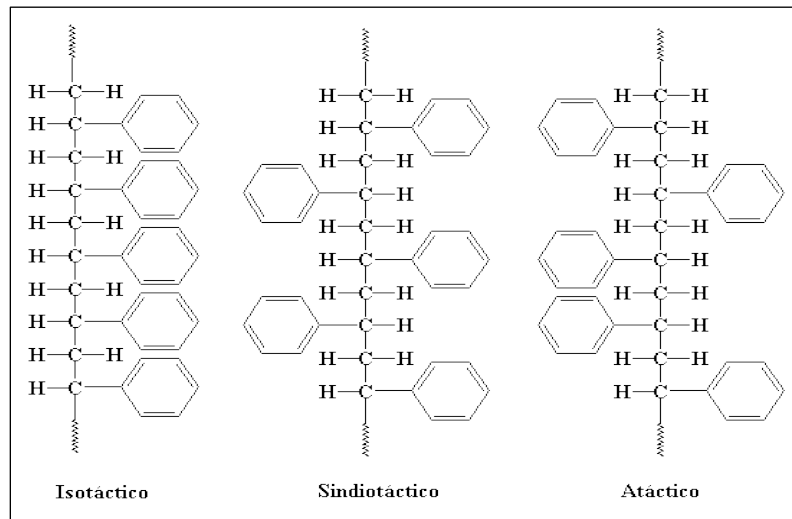


Figura 5.2. Polímeros Lineales.

Fuente: (Macrogalleria, 1996)

Se pueden distinguir cuatro tipos principales: el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno expandido, muy ligero, que es el utilizado en esta investigación, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

Poliestireno expandido (EPS): desarrollado por primera vez en 1930 por la empresa Basf, estos productos se caracterizan por ser ligeros y resistentes, inodoro, de color blanco, con propiedades elásticas, flexible y de fácil manipulación, dentro de sus propiedades físicas encontramos, la capacidad de aislamiento térmico esto gracias a su estructura conformada por celdas cerradas en forma de esferas envolventes que obturan el aire en los espacios interiores (98% de aire y 2% de material sólido) esto permite que tenga una baja conductividad térmica que varía según su densidad aparente, al igual que sus propiedades mecánicas, que tienen una estrecha relación con la misma (BASF, 2014).

Su comportamiento con el agua nos dice que no es un material hidrofóbico, incluso sumergido su capacidad de absorción no supera el 3% en un ensayo de 28 días, esto se debe al su estructura cerrada que provee estanqueidad, clasificándolo como un material impermeable al agua pero permeable a los gases (ANAPE, 2003).

El poliestireno expandido ha demostrado tener buena estabilidad dimensional en comparación a otros materiales, siendo su variación de 0,05 y 0,07mm por metro y grado kelvin, a su vez ha evidenciado poseer un amplio rango de estabilidad térmica, llegando a soportar los 100 °C por cortos periodos de tiempo y 80 °C para tiempos más prolongados y una carga de 20kpa (ANAPE, 2003).

Respecto a los factores atmosféricos, se aprecia que la radiación a lo largo del tiempo lo afecta dejándolo frágil y de color amarillento. En relación al medio ambiente, no es tóxico, no daña la capa de ozono ya que no contiene compuestos como clorofluoro- carbonados, posee una larga vida útil, debido a no ser biodegradable, por lo que tiene resistencia al envejecimiento, además de resistir al ataque de parásitos, bacterias putrefactantes y hongos.

Por sus propiedades y extensa vida útil, diversos países han considerado el reciclaje de este producto, ya que es 100% reciclable, lo que hace que cada vez sean menores sus residuos, en el campo de la construcción, estos se han ido incorporando a materiales para elaborar morteros, hormigones y ladrillos ligeros, planchas, entre otros, a su vez el poliestireno expandido ha sido utilizado ampliamente en el aislamiento térmico de edificaciones, en las cuales permanece por largo tiempo sin producir residuos. Otras formas de utilizarlo es en la fabricación de embalajes, mejora de suelos, estos tras el reciclado mecánico, y las nuevas tendencias lo han reciclado formando con este, adhesivos y barnices (Macromol, 2014). Además el poliestireno expandido tiene un comportamiento estable en varias de las sustancias activas que se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Comportamiento del Poliestireno expandido

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina (agua de mar)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (al 35%) , ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetona, esterés,..)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie
Aceite de diésel	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie

Fuente: (ANAPE, 2003)

5.4.2. Limoneno

El limoneno es una sustancia natural, perteneciente al grupo de los terpenos, el cual se encuentra en la capa exterior de los frutos cítricos como naranjas y limones, su densidad es 0.8422g/ml y su punto de ebullición es de 177,8 ° C (López et al., 2013), tiene dos isómeros ópticos, el D-limoneno y el L-limoneno, esto porque posee un carbono asimétrico. La nomenclatura correcta IUPAC es R-limoneno y S-limoneno, aunque se utilizan usualmente los prefijos D y L respectivamente.

El limoneno es extraído principalmente de las cáscaras de naranjas, éstas son exprimidas completamente, encontrándose en la parte superior del jugo el aceite esencial del cual el 90 a 95% es limoneno, este es separado del jugo y posteriormente purificado.

Las aplicaciones que se han hecho cada vez más frecuentes son: como sustitutos de solventes tóxicos que encontramos en pinturas, barnices, tintas y pegamentos, entre ellos el tolueno, el xileno y

solventes clorados (López et al., 2013), ya que no produce contaminación y no presenta mayores riesgos en la salud de las personas, la contraindicación encontrada es la irritación que puede producir en los ojos y la piel. En esta misma área como reemplazo de los solventes tóxicos encontramos que se ha utilizado para el reciclaje del poliestireno empleado generalmente para embalaje, este es disuelto con limoneno, recuperando el 100% de poliestireno y alrededor del 99% de limoneno (Temas de Química sustentable, 2011). El limoneno lo podemos encontrar en otras aplicaciones como productos de limpieza, ya que es biodegradable, fragancias y productos farmacéuticos.

5.5. Barniz de poliestireno expandido con solvente limoneno

Hoy en día debido al alto desecho de poliestireno expandido se han pensado formas de reutilizarlo, una de ellas es convertirlo en un barniz protector, tras una investigación se obtuvo un barniz y adhesivo para cartón, papel y madera a bajo costo y amigables con el medio ambiente, aprovechando los residuos de poliestireno expandido y se recuperó material a granel, que puede moldearse para obtener nuevas piezas de este material (Gracia, 2009).

En otra investigación elaboraron un barniz de poliestireno expandido con limoneno de dos tipos uno de naranja dulce que da un acabado color miel y otro de limón con un acabado natural, ambos en madera de pino, observaron que al tacto el acabado es similar al de un barniz comercial, concluyendo que es factible debido a la buena afinidad y acabado logrado, faltando pruebas técnicas que lo valide (Carrillo et al., 2013).

Un estudio que hace referencia a pruebas técnicas realizadas al barniz de poliestireno expandido con limoneno, concluye que con la máxima concentración de 500gr/lit, presenta mejor comportamiento que un barniz marino con el cual fue comparado, en resistencia a la abrasión con 0,76 lt/ μm y de 0,43 lt/ μm respectivamente, en variabilidad de espesor en película seca un promedio de 1,8% en barniz de poliestireno y de 6,4% en el barniz marino, en la prueba de absorción dio un promedio de 19,7% para OSB y de 38,6% para OSB correspondientemente (Cárcamo, 2013).

5.6. Métodos de envejecimiento acelerado

El método empleado por Altamirano para envejecimiento acelerado fue mediante el uso de tubos que proporcionan rayos ultravioleta tipo A, que emiten $3\text{mW}/\text{cm}^2$ en un segundo, posicionando las probetas a 90° , a 7 cms. de la radiación incidente. Comparando esta irradiación con la obtenida en la ciudad de Concón, calculando la cantidad de horas en la cámara para determinados periodos de tiempo reales (Altamirano, 2009).

El mismo método fue utilizado por Cárcamo en el cual indica que luego de medir la irradiación de la cámara con un radiómetro, determina el tiempo que se demoran los tubos en estabilizarse luego del encendido, siendo este tiempo restado del tiempo registrado al final del proceso y se debe considerar cada vez que apagan y enciendan los tubos, la emisión que establecen aportan las lámparas UV-A es de $4,3\text{ mW}/\text{cm}^2$, estos estudios los realiza en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de Valparaíso (Cárcamo, 2013).

5.6.1. Método de envejecimiento acelerado con cámara QUV

La cámara de envejecimiento acelerado QUV mostrada en la figura 5.3 es una de las más utilizadas en el mundo, es fácil de usar y confiable.

Esta cámara simula el envejecimiento en exteriores producto de la radiación UV- tipo A esto se logra exponiendo los materiales a ciclos alternados de luz UV y humedad, el rocío y lluvia se simulan mediante la condensación y/o pulverización de agua, y el daño por la luz solar por medio de lámparas fluorescentes UV especiales. En su interior se llega a temperaturas elevadas y controladas.

En unos pocos días o semanas, la cámara de envejecimiento UV QUV puede reproducir el daño que ocurriría en el transcurso de meses o incluso años a la intemperie. (Q-LAB, 2014)



Figura 5.3. Cámara Q/UV
Fuente: (Q-LAB, 2014)

5.6.2. Parámetros para evidenciar el daño: color y brillo

Los parámetros que se pueden utilizar para referenciar el daño en las probetas tras la radiación UVA es la medición del color y brillo antes y después de someterlas al envejecimiento acelerado.

Al ser una película seca se emplea un espectrofotómetro de sobremesa para colores solidos el cual mediante coordenadas CIELAB registra gráficamente el color inicial y luego la diferencia, indicando que coordenadas han aumentado o disminuido, el diagrama mostrado en la figura 5.4 explica las coordenadas de color, en este caso las coordenadas “a” y “b” mientras más positiva sean más se acercan al rojo y al amarillo respectivamente, mientras que la coordenada “L” indicara los extremos claros y oscuros.

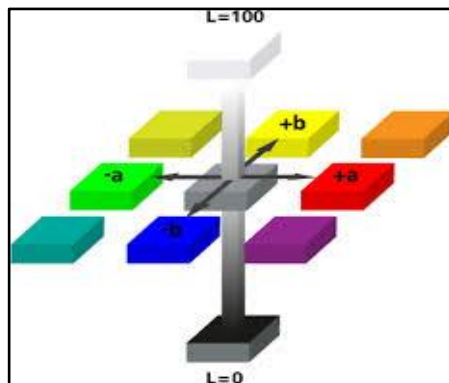


Figura 5.4 Diagrama coordenadas CIELAB

Las consideraciones que se deben tener para que el registro sea correcto y carezca de errores relacionados con la zona donde el espectrofotómetro toma el color, para ello se deberán marcar las probetas alrededor del brazo del espectrofotómetro para realizar siempre la medición en el mismo lugar, como se muestra en la figura 5.5.



Figura 5.5 Espectrofotómetro Data color 400

Fuente: Elaboración propia en base a información de empresas Tricolor

El brillo es la capacidad de una superficie de reflejar la luz sin dispersarla. Una de las pruebas que se realizan sobre el brillo consiste en comparar visualmente una superficie pintada con una muestra tipo, observando la reflexión del rayo luminoso y la formación de la imagen en la superficie, este método tiene el inconveniente de no aportar una valoración numérica.

Al necesitar un valor cuantificable, la evaluación de la apariencia es la forma de poner números a las características de las superficies, para ello se utiliza el brillómetro, equipo que compara la superficie a medir con un patrón, aplicando un haz de luz normalizado sobre una superficie plana con un ángulo preestablecido entre 20° a 90° , asignando un valor porcentual que va de 0 % al 100%.

El brillo se mide por medio de la reflexión del rayo de luz que incide en una superficie como muestra la figura 5.6. Se determina teniendo en cuenta el comportamiento de la intensidad de la luz reflejada del punto de encuentro sobre una placa interna reflectante, el valor de brillo sobre una superficie de vidrio con coeficiente de cálculo previo debe indicar el valor relativo de 100 como salida o como indicador en el medidor de brillo. Una placa de vidrio negra es utilizada como placa de referencia de calibración con un valor de 90 para una medición de 60° y 84 para una medición de 20° .

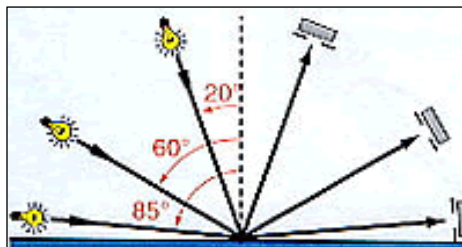


Figura 5.6 Reflexión del rayo de luz

Fuente: (Esinal ediciones, S.L., 1998)

Tras obtener los porcentajes entregados por el brillómetro y para definir el grado de brillo de una película de pintura seca se emplean diferentes términos, los más usuales y sus valores generalmente aceptados se muestran en la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Clasificación del brillo según su porcentaje.

Clasificación	Porcentaje de brillo (%)
Alto brillo	>90
Brillante	75 – 90
Semibrillante	60 – 75
Satinado	30 – 60
Semimate	15 – 30
Mate	0 - 15

Fuente: (Esinal ediciones, S.L., 1998)

5.6.3. Radiación Ultravioleta

Este factor responsable del deterioro fotoquímico emitido por el sol, constituye un peligro presente, ya que por su longitud de onda, comprendidos entre 300 y 400 nanómetros en el espectro de luz, son los más agresivos y no se pueden percibir, los daños que la radiación UV produce no es solo en seres humanos sino también en superficies de madera y recubrimientos, generando un efecto de degradación en sus tres bandas:

UVA: Representando el 90% de los rayos del sol, comprenden la radiación solar menos nociva. La longitud de esta onda se encuentra entre los 320 y 400 nanómetros y la mayoría de estos rayos llega a la superficie terrestre.

UVB: Representan el 10% de la radiación ultravioleta, los rayos de onda media (entre 280 y 320 nanómetros) también son absorbidos en gran parte por la capa de ozono, pero sin embargo llegan a la superficie terrestre.

UVC: Son los de longitud de onda más corta y también los más peligrosos, cuya longitud de onda oscila entre los 200 y 280 nanómetros. Estos rayos son absorbidos por la capa de ozono antes de llegar a la tierra, 1 nanómetro equivale a una Milmillonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$) siendo imperceptible para el ojo humano.

La radiación actúa a través de los rayos ultravioleta y de los rayos infrarrojos. Este último provoca agrietamiento en la superficie de la madera, junto con un calentamiento de dicha zona durante la exposición a la intemperie, participa el efecto plastificante del agua y la lixiviación que facilita el aumento de micro-grietas.

5.7. Métodos de corrosión acelerada

Los ensayos de corrosión acelerada son pruebas que se realizan en laboratorios que permiten simular ambientes corrosivos, evaluando la vida útil y resistencia de los materiales en condiciones extremas como la intemperie. La cámara de corrosión Q-FOG mostrada en la ilustración 5.7 bajo el párrafo, es ampliamente utilizada para el ensayo de niebla salina convencional, se lleva a cabo a temperaturas elevadas y exposición a niebla salina continua.



Figura 5.7 Cámara Q-FOG
Fuente: Elaboración propia

Según la norma ASTM B117 (1997) Ensayos de Corrosión, Niebla Salina, realizan estos ensayos de forma acelerada en una atmósfera corrosiva, para poner a prueba acabados con recubrimientos protectores durante un periodo de tiempo, los resultados se categorizan de forma cualitativa.

Para que este procedimiento sea útil es necesario que los resultados se relacionen con el comportamiento en condiciones de servicio y aunque no se han podido demostrar relaciones con exposición al ambiente real ya que no tiene proceso de secado y de radiación UV, esto lleva a que el ensayo no tenga relevancia, por esto algunos piensan que debiera ser descontinuado, pero como durante años ha sido el único método normado y utilizado, existen múltiples antecedentes que lo validan, asimismo como los investigadores han usado este método durante bastante tiempo sería difícil formular la información respecto a un producto, o su comparación a los usuarios, considerando a su vez que entrega datos oportunos considerando que el tiempo de los ensayos no superan generalmente las 1000 hrs. además no se ha publicado otro ensayo de corrosión acelerada que lo reemplace por ende el ensayo de niebla salina se sigue utilizando ampliamente (GalvInfo Center, 2007).

Otro ensayo realizado en madera mostrado en la tabla 5.3, realizo 388 ciclos de mojado/seco, donde impregna con una solución salina (semejante al agua de mar) y otra de agua destilada, el centro de una de las caras de la probeta, después de 2 horas la probeta fue secada a 54 °C durante 3 horas, para luego volver a efectuar el mismo procedimiento (Johnson, 1992).

Tabla 5.3 Efecto de 388 ciclos de simulación de humectación por agua de mar y secado.

Preservative treatment	Water treatment	Tracheid separation	Tracheid microchecking
None	Distilled	None	Very slight
	Seawater	Moderate	Slight
CCA			
0.3 pcf (4.8 kg/m³)	Distilled	None	Slight
	Seawater	Moderate	Slight
2.5 pcf (40 kg/m³)	Distilled	None	Slight
	Seawater	Severe	Severe
Creosote			
25 pcf (400 kg/m³)	Distilled	None	None

Fuente: (Johnson, 1992)

El ensayo de Johnson requiere una duración aproximada de nueve meses para efectuar el mismo proceso de 388 ciclos, lo cual implica una extensión mayor de tiempo que excede lo dispuesto para este estudio, por ende se opta por el método de corrosión acelerada que emplea la cámara de niebla salina Q-FOG que en mejor tiempo puede tener resultados visibles, además se rige bajo la norma para ensayos de niebla salina ASTM B117.

6. Metodología de la investigación

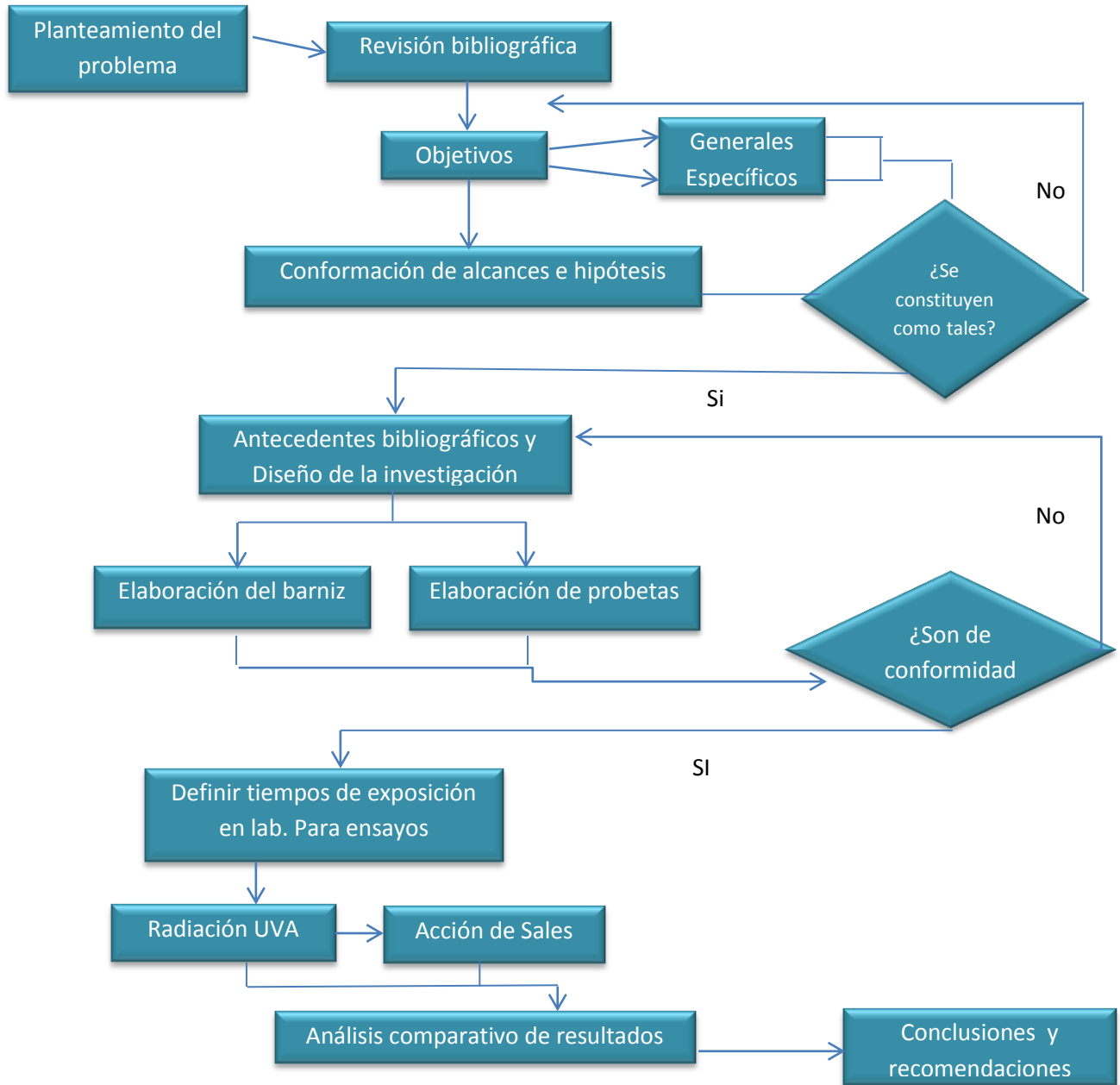


Figura 6.1 Diagrama de flujo de la investigación
Fuente: Elaboración propia, 2014

6.1. Diseño de la experiencia

6.1.1. De la dosis de barniz de poliestireno expandido

Se considera para la elaboración del barniz, d-limoneno como solvente y poliestireno expandido como soluto, de los cuales se obtendrá el recubrimiento en la dosis máxima de 500gr/ lt. Esto debido a que otros estudios que proponen la implementación de este barniz, indican que esta concentración presenta mejores propiedades que la dosis mínima, señalada de 250 gr/lt.

El poliestireno expandido será reciclado, limpiado y cortado en secciones pequeñas, teniendo en su conjunto un peso total de 500grs.

Se aplicará un máximo de dos capas de barniz, con un tiempo de secado al tacto de la primera capa de 5 horas y el secado total de la segunda capa tendrá un tiempo estimado de 14,8 horas. Estos antecedentes están referenciados por la investigación de Cárcamo (2013).

Se realizará una imprimación con el barniz diluido para otorgar una mejor adherencia a la primera capa de barniz, se diluirá entre un 10% a un 40%, lo cual se determinará con pruebas previas observando la absorción de este en el sustrato. Esto según recomendación por los antecedentes recopilados en laboratorios de la empresa Tricolor S.A.

6.1.2. Selección del tiempo de envejecimiento

6.1.2.1. Determinación Niveles de radiación UV

Se utilizará la radiación ultravioleta tipo A esto debido a que es la banda de radiación que llega en más porcentaje a la superficie terrestre. Para la determinación de los niveles de radiación solar UVA, serán usados los datos obtenidos por una de las estaciones del registro solar de la Universidad Técnica Federico Santa María, los cuales fueron tomados en la ciudad de Con Cón desde el año 2000 hasta el 2009, para efectos de éste estudio y comparación se utilizarán los datos proporcionados de los años 2003 al 2007 debido a que los años 2008 y 2009 se encuentran incompletos.

Para conocer los datos útiles se deberá calcular la sumatoria mensual de cada año escogido, las equivalencias de los tiempos serán estimados por los periodos de meses móviles, utilizando el valor máximo para realizar la comparación.

Para observar el comportamiento del barniz de poliestireno expandido durante las horas estimadas de envejecimiento, se calcularán las equivalencias entre el envejecimiento natural y el envejecimiento acelerado. Determinando los tiempos con los datos anteriores en periodos de meses móviles.

6.1.2.2. Estimación de periodos de exposición en laboratorio

La forma de envejecimiento artificial será mediante el uso de la cámara de radiación QUV Basic facilitada por la empresa Tricolor, en caso de inconvenientes se utilizará la cámara de radiación

de los laboratorios de la Universidad de Valparaíso, ambas cámaras deben ser medidas con un radiómetro para establecer el tiempo en el cual se estabilizan los tubos y la cantidad de mW/cm^2 (mili watts por centímetros cuadrados) que emite en un segundo.

Dentro de estos parámetros se establece para la cámara QUV que las probetas serán ubicadas a 5,5 cms. de los tubos, distancia dispuesta desde fábrica, se empleará 4 tubos por lado, las probetas se encontrarán a 90° con respecto a la irradiación en la cara incidente.

Para obtener la radiación que proveen los tubos a 5,5 cms. de distancia se deberá medir con un radiómetro, con esto se establece que la emisión en un segundo de radiación UV-A de la cámara en pleno funcionamiento es de $2,76 \text{ mW/cm}^2$ en un segundo y el tiempo de estabilizado de 5 minutos.

En la cámara UV de la Universidad de Valparaíso se logra disponer que las probetas serán ubicadas a 5 cms. de los tubos, distancia donde se logra obtener mayor irradiación, se empleará 4 tubos al costado derecho, las probetas se encontrarán a 90° con respecto a la irradiación en la cara incidente.

La radiación que proveen los tubos a 5 cms. es de $3,51 \text{ mW/cm}^2$ en un segundo, esto se obtiene tras la medición con un radiómetro en distintos periodos de tiempo, así obtener del promedio de estas mediciones luego de estabilizados los tubos, lo que demora 5 minutos.

6.1.3. Ensayo de envejecimiento

El ensayo de envejecimiento acelerado se realizará en cámara de radiación ultra violeta, en la cual se utilizarán 5 probetas sin recubrimiento, 5 probetas con 1 capa de barniz de poliestireno, 5 con dos capas de barniz y 10 con un recubrimiento marino comercial con 1 y 2 capas, estas últimas son sugeridas por la empresa, ya que los resultados de estos ensayos son cualitativos y comparativos. Las probetas de sección $2,5 \times 7,5 \times 15$ cms. de pino, se someterán a horas de exposiciones diferentes según tabla 6.1, equivalentes a periodos de tiempo real. La temperatura dentro de la cámara será ascendente llegando a 45°C máximo.

Tabla 6.1 Tiempo de envejecimiento acelerado

Cantidad de Probetas	Capas	Tipo Barniz	Tiempo equivalente UV	Cámara QFog (Horas)
5	0	no aplica	6 meses	300
5	1	Barniz Poliestireno	6 meses	300
5	2	Barniz Poliestireno	6 meses	300
5	1	Barniz Marino	6 meses	300
5	2	Barniz Marino	6 meses	300
5	0	no aplica	8 meses	300

5	1	Barniz Poliestireno	8 meses	300
5	2	Barniz Poliestireno	8 meses	300
5	1	Barniz Marino	8 meses	300
5	2	Barniz Marino	8 meses	300
5	0	no aplica	12 meses	300
5	1	Barniz Poliestireno	12 meses	300
5	2	Barniz Poliestireno	12 meses	300
5	1	Barniz Marino	12 meses	300
5	2	Barniz Marino	12 meses	300

Fuente: Elaboración propia, 2014

Antes de ser expuestas se deberá medir el brillo y el color a cada probeta numerada, para luego de las horas de exposición determinadas, volver a medir estos parámetros siendo indicio de envejecimiento la pérdida de brillo y cambio del color inicial del barniz.

6.1.4. Ensayo de corrosión

El ensayo de corrosión por sales se realizará en la cámara de niebla salina Q-Fog, que será facilitada por la Empresa TRICOLOR S.A. en la cual se utilizarán las probetas sometidas a las distintas horas de exposición a luz UVA. Detallada en la tabla 6.1

La solución salina será al 5% (cloruro de sodio – NaCl). Y la temperatura dentro de la cámara será de 40°C como máximo, parámetros establecidos por la Norma ASTM B117. Las probetas se ensayarán a 300 horas como muestra la tabla 6.1, rango propuesto por los laboratorios de la empresa Tricolor tras experiencias relacionadas.

Al finalizar el proceso se realizará una inspección visual en la cual se verificará si el cristal de sal ha penetrado o no el barniz, en los casos que la inspección visual sea insuficiente se podrá re inspeccionar las probetas con lupa de laboratorio encontrada en la Universidad de Valparaíso.

6.1.5. Probetas de madera

Se elaborarán probetas de madera de Pino 1"x 3" con un largo de 15 cms. Con un total de 75 probetas, de las cuales 15 serán maderas recubiertas con una capa de barniz de poliestireno expandido, 15 probetas serán recubiertas con dos capas del mismo barniz. 15 probetas sin ningún tipo de recubrimiento, 15 con una capa de barniz marino y 15 con dos capas. Estas serán para los ensayos de envejecimiento y corrosión acelerados.

Las probetas previas a su destino serán preparadas siendo lijadas, pesadas y midiéndoles la humedad, para así establecer si se encuentran en estado húmedo o seco, parámetro establecido por la NCh 1198 of 2006.

La cantidad de barniz aplicado en cada caso se obtendrá cuantificado los gramos de barniz por cm^2 que poseen las probetas, dato obtenido con la diferencia de peso de éstas, antes del recubrimiento y luego de ser aplicado tanto para una como para dos capas según corresponda.

Para efectos de denominación de las probetas se numerarán del 1 al 100 duplicas, diferenciándolas con letras A y B, seleccionando solo 75 que cumplan características como estado seco, sin deformidades ni oquedades que impidan la correcta aplicación de los barnices.

7. Desarrollo de la investigación

En esta sección se encuentran datos necesarios para las siguientes etapas y ensayos de la investigación, los cuales fueron calculados y registrados a continuación.

7.1. Determinación de las equivalencias de radiación

En la tabla 7.1 se encuentran los valores de radiación ultra violeta tipo A registrados en la ciudad de Concón, los cuales serán utilizados para realizar la equivalencia de horas de exposición en la cámara de radiación UVA. Serán empleados los de esta ciudad, puesto que los de la provincia de Iquique no se han registrado (el detalle de cálculos se puede encontrar en anexo 1 tabla A.1)

Tabla 7.1 Radiación Ultra Violeta Tipo A en la Ciudad de Concón (mW/Cm²)

Mes/Año	2003	2004	2005	2006	2007
Enero	7043	6711	6659	6665	6699
Febrero	5268	4977	4282	4234	4627
Marzo	3782	4090	4463	5150	3877
Abril	2582	3199	3033	2704	2988
Mayo	1851	1842	1881	1395	2001
Junio	1308	1634	1312	1451	1445
Julio	1993	1856	1672	1625	1855
Agosto	2520	2630	2243	2192	2851
Septiembre	3504	3771	3915	3743	3543
Octubre	5226	5388	5104	5269	5436
Noviembre	5986	5466	6085	5987	6240
Diciembre	3264	7098	6205	7355	6412

Fuente: Registro Solar Universidad Santa María

Los valores máximos acumulados en los distintos períodos de tiempo y su equivalencia en tiempo para el ensayo de envejecimiento acelerado en laboratorio se encuentran en la tabla 7.2 y 7.3.

Tabla 7.2 equivalencia de tiempo de exposición a radiación UVA para cámara de empresa Tricolor QUV.

Períodos	Máximo Acum.	Emisión Cámara	Tiempo de exposición			Equivalencia QUV
	mW/Cm ²	mW/Cm ²	Seg.	Hrs	hr:min:seg	Ciclo
6 meses	33814	2,76	12251,4493	3,4032	3:24:12	13,69 hrs
8 meses	40545	2,76	14690,2174	4,0806	4:04:50	16,42 hrs
12 meses	48917	2,76	17723,5507	4,9232	4:55:24	20 hrs

Fuente: Elaboración Propia, 2014

Tabla 7.3 Equivalencia de tiempo de exposición a radiación UVA para cámara UV de Universidad de Valparaíso.

Períodos	Máximo Acum.	Emisión Cámara	Tiempo de exposición			Equivalencia UV
	mW/Cm ²	mW/Cm ²	Seg.	Hrs	hr:min:seg	Hrs
6 meses	33814	3,51	9633,61823	2,6760	2:40:33	2:40:33
8 meses	40545	3,51	11551,2821	3,2087	3:12:31	3:12:31
12 meses	48917	3,51	13936,4672	3,8712	3:52:16	3:52:16

Fuente: Elaboración Propia, 2014

7.2. Determinación de la Humedad

Se procede a medir la humedad de cada probeta para confirmar que se encuentren en estado seco, se utiliza Wood moisture meter MWD -14 A perteneciente a los laboratorios de la Universidad de Valparaíso, ilustrado en la figura 7.1.



Figura 7.1 Medidor de humedad

Las mediciones mostradas en la tabla A.2 (encontrada en anexo 1) arroja que la humedad de las probetas fluctúan entre un 10% a un 14%, encontrándose en estado seco según la NCh 1198 of 2006.

Las probetas de control que no poseen capas de barniz se consideran desde la 91A hasta la 98B, a las restantes se les aplicarán capas de los barnices especificados.

7.3. Determinación del Peso

Para determinar los gramos de barniz en el sustrato se pesarán las probetas de madera de pino en balanza de los laboratorios de la Universidad de Valparaíso, la precisión de la balanza es en decimas de gramos, estas probetas se pesarán antes de aplicar el recubrimiento y posterior a su aplicación, consiguiendo así la diferencia de pesos. Se dividirán tanto por tipo de barniz como por

capa, los resultados se promediarán por categoría obteniendo los gramos por centímetros cuadrados de barniz en las probetas.

7.3.1. Pesos y Brillo probetas de control

En tabla 7.4 se muestran los pesos de las probetas de control, al ser probetas de control no poseen recubrimiento pero se pesan de igual forma para tener un registro.

Ponemos determinar que las probetas tienen un peso que fluctua entre los 77,7 grs y los 95,6 grs. Encontrándose una diferencia aproximada de 8 grs entre algunas probetas.

Tabla 7.4 Peso probetas de control

Nº Probetas	Peso (grs)	Nº Probetas	Peso (grs)
91 A	84,2	95 A	92
91 B	84,3	95 B	92,2
92 A	77,7	96 A	95,6
92 B	77,7	96 B	95,5
93 A	81,2	97 A	92,6
93 B	81,1	97 B	92,7
94 A	93,8	98 B	92,5
94 B	93,6		

Fuente: Elaboración propia, 2014

Los brillos obtenidos de las probetas de control registrados en la tabla 7.5 muestran que tienen un rango que va del 4,3% al 7,9% considerándose bajos y según la tabla 5.2 se clasificarían como mates.

Tabla 7.5 Brillo probetas de control

Nº Probetas	Brillo (%)	Nº Probetas	Brillo (%)
91 A	5,5	95 A	6
91 B	5,6	95 B	5,6
92 A	4,5	96 A	5,5
92 B	4,8	96 B	5,4
93 A	4,3	97 A	6,5
93 B	5	97 B	7,9
94 A	5,3	98 B	6
94 B	5,7		

Fuente: Elaboración propia, 2014

7.3.2. Probetas con barniz de poliestireno expandido

Tras ser fabricado el barniz de poliestireno expandido en su dosis máxima (figura 7.2) se toman 750cc y se diluye en un 40% correspondiente a 300cc de limoneno para realizar la imprimación.



Figura 7.2 Barniz de poliestireno expandido

Los pesos registrados de las probetas recubiertas con barniz de poliestireno expandido se encuentran en la tabla A.3 para recubrimiento en 1 capa y tabla A.4 para recubrimiento en 2 capas (tablas en anexo 1), en el gráfico mostrado en la figura 7.3 y 7.4 encontramos las probetas con barniz de poliestireno expandido en 1 capa y con recubrimiento de 2 capas.

Se observa en los gráficos al costado derecho el peso de las probetas y en su parte inferior la numeración correspondiente a cada una de ellas, las columnas de color azul representan los pesos sin la aplicación del barniz que en el caso de la figura 7.3 varían de 76,4grs correspondiente a la probeta 73 A hasta 95,7grs correspondiente a la probeta 51B. Las columnas de color rojo indican los pesos tras la aplicación de una capa de barniz, llegando a pesar 100,8grs para la probeta 51B.

El promedio de la diferencia de pesos antes y luego de la aplicación es de 4,18grs. los cuales se proceden a dividir por la sumatoria de la superficie de las probetas, arrojando que los gramos de barniz por cm^2 es de 0,012(grs/cm^2).

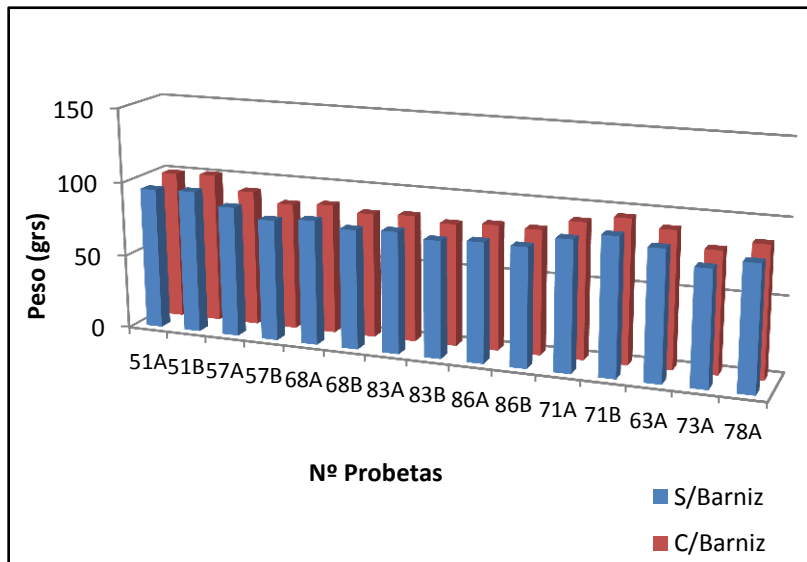


Figura 7.3 Barniz Poliestireno 1 capa
Fuente: Elaboración propia, 2014

Para el gráfico de la figura 7.4, los pesos de las probetas previa aplicación del barniz varían entre 75,9grs correspondiente a la probeta 42 A hasta 96,5grs correspondiente a la probeta 28 B. Las columnas de color rojo indican los pesos tras la aplicación de dos capas de barniz, llegando a pesar 80,8grs y 100,6grs para la probeta 42 A y 28 B respectivamente.

El promedio de la diferencia de pesos antes y después de la aplicación es de 4,77grs. los cuales se proceden a dividir por la sumatoria de la superficie de las probetas, arrojando que los gramos de barniz por cm^2 son $0,014(\text{grs}/\text{cm}^2)$.

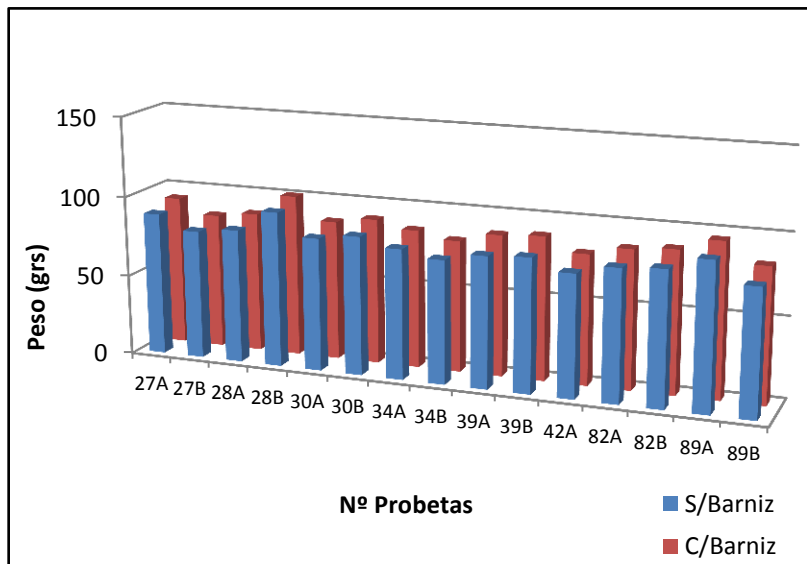


Figura 7.4 Barniz de Poliestireno 2 capas
Fuente: Elaboración propia, 2014

7.3.3. Probetas con barniz Marino

Los pesos registrados de las probetas recubiertas con barniz marino, la sumatoria de la superficie de las probetas y los gramos de barniz por cm^2 se encuentran en la tabla A.5 para recubrimiento en 1 capa y en tabla A.6 para recubrimiento en 2 capas (tablas en anexo 1).

En la figura 7.5 y 7.6 se encuentran los gráficos correspondientes a las probetas con barniz marino en 1 y 2 capas respectivamente, en ellos se aprecian los pesos de las probetas en el eje vertical y en el eje horizontal la numeración correspondiente a cada una de ellas, las columnas indicadas en azul señalan los pesos sin la aplicación del barniz y las señaladas en rojo representan los pesos de las probetas con la aplicación del barniz.

En la figura 7.5 los pesos previa aplicación del barniz fluctúan de 76,5grs. hasta 90,4grs. correspondientes a las probetas 26 B y 49 A respectivamente, los pesos posterior a la aplicación de una capa de barniz marino fluctúan entre 78,4grs y 92,3grs el primero para la probeta 26 B y el segundo para la probeta 49 A, siendo el promedio de la diferencia de pesos 2,2 grs. los cuales se proceden a dividir por la sumatoria de la superficie de las probetas, obteniendo los gramos de barniz por cm^2 el cual fue $0,007(\text{grs}/\text{cm}^2)$.

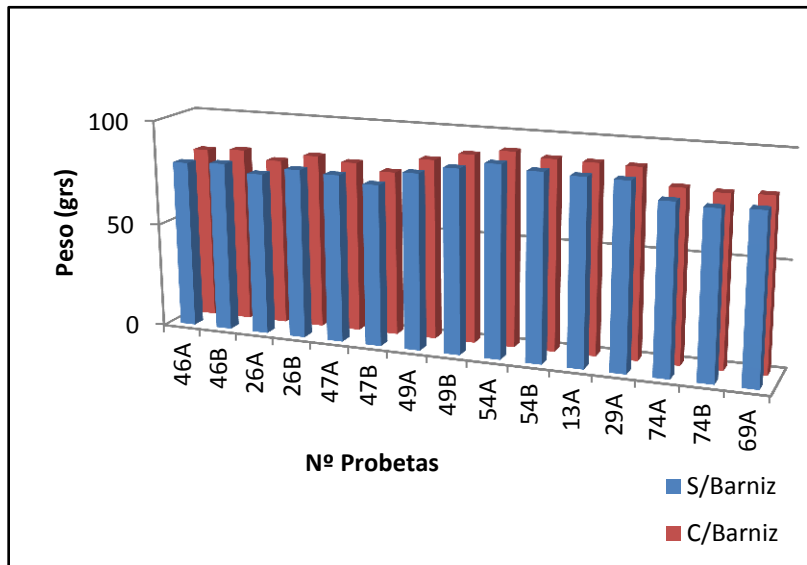


Figura 7.5 Barniz Marino 1 capa.
Fuente: Elaboración propia, 2014

Los pesos de las probetas antes de la aplicación del barniz fluctúan entre 76,4grs. correspondiente a la probeta 43 A hasta 91,7grs. correspondiente a la probeta 54 B, indicados en la figura 7.6, los pesos luego de la aplicación de dos capas de barniz marino son 79,8grs y 94,5grs para la probeta 43 A y 54 B respectivamente, obteniéndose como diferencia de pesos un promedio de 3,2grs. los cuales se proceden a dividir por la sumatoria de la superficie de las probetas, arrojando que los gramos de barniz por cm^2 son $0,009(\text{grs}/\text{cm}^2)$.

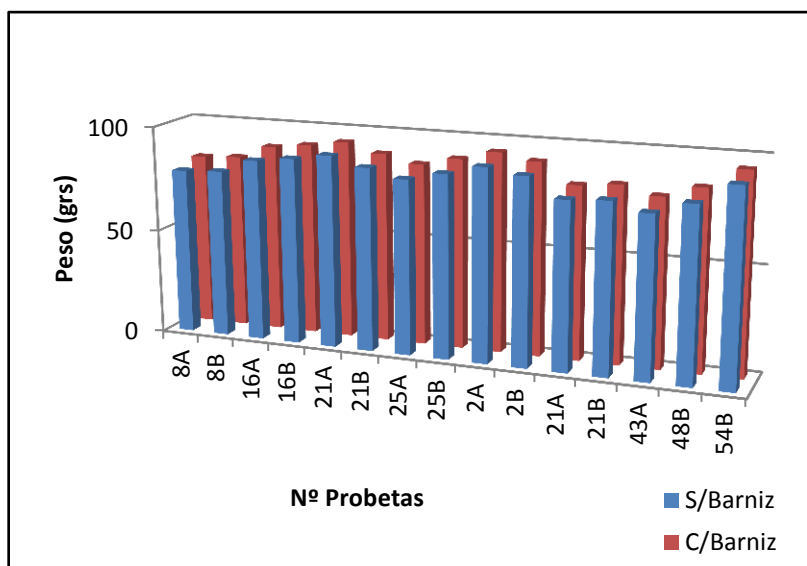


Figura 7.6 Barniz Marino 2 capas
Fuente: Elaboración propia, 2014

8. Ensayo de envejecimiento acelerado

Previo a someter a las probetas a la cámara de radiación, se les medirá el brillo y el color, lo que se volverá a medir terminado cada ciclo determinado.

Estos parámetros son útiles para establecer si el barniz ha envejecido, denotando en estos la pérdida en el porcentaje de brillo y el cambio de color inicial del barniz, los promedios de los datos recopilados permitirán verificar si los barnices han envejecido, acusando aquel que tenga menor variación en el porcentaje de brillo un mejor desempeño. En la figura 8.1 se observa el cambio del recubrimiento tras el ensayo de envejecimiento.



Figura 8.1 Cambio de color luego del envejecimiento acelerado
Fuente: elaboración propia, 2014

8.1. Determinación del brillo probetas barnizadas

Este parámetro se midió con un brillómetro modelo MicroTrigloss de BYK Gardner. Se mide en porcentajes los que fluctúan de un 0% a un 100%. Las mediciones se efectuarán en un ángulo de 60° para todas las probetas.

En la tabla A.7 Brillo barniz de poliestireno expandido expuesto a radiación UVA (anexo 1), se encuentra en detalle los porcentajes de brillo para las probetas del barniz mencionado, antes de someterlas a radiación UVA y después del daño en los 3 períodos de tiempo estudiados.

En el período de 6 meses con una capa de barniz: se puede identificar que todas las probetas se clasifican en mates antes y después del ensayo de envejecimiento acelerado, obteniendo un promedio de 13,9% de pérdida de brillo.

Se identifica para el mismo período con aplicación de dos capas del producto: disminución del brillo en un promedio de 9,1%, clasificándose antes del envejecimiento 4 de las 5 probetas en alto brillo y la restante se clasifica en brillante, quedando todas ellas luego de la radiación UVA clasificadas como brillantes.

Para la edad de 8 meses con recubrimiento en una capa: se registra una reducción del brillo de un 18,9% promedio y un aumento de 1,4% correspondiente a la probeta 68 B. La clasificación de las probetas antes del envejecimiento es: satinadas y semibrillantes, quedando tras el daño solo una clasificada como semibrillante y las restantes como satinadas.

En el mismo período de 8 meses con aplicación de dos capas: se registra una aminoración del brillo de un 9,9% promedio y un aumento de un 3,7% correspondiente a la probeta 27 B, la clasificación del brillo inicial es semibrillante y brillante, tras el daño corresponde a semibrillante para todas las probetas.

Para el período de 12 meses con recubrimiento en una capa: se obtiene un descenso en el brillo de un 29% promedio y un aumento de 6,3% correspondiente al promedio de las probetas 51 A y 68 A, la clasificación es satinado y semibrillante, posterior al envejecimiento se consideran satinadas, exceptuando a esta clasificación la probeta 51 A la cual aumento el porcentaje de brillo siendo clasificada en semibrillante.

En el lapso de 12 meses con aplicación de dos capas de barniz: se alcanza una baja en el brillo de un 14,1% promedio y una aumento del 7% en la probeta 27 A. se clasifican en semibrillante y brillante, tras el envejecimiento se clasifican en satinadas y semibrillantes.

El aumento de brillo en las probetas anteriormente señaladas se debe porque la película de barniz se secó superficialmente, pero no en su totalidad, produciéndose un secado rápido por la radiación y temperatura lo que origina el aumento de brillo de la capa de barniz.

Se aprecia que mientras aumenta el período de tiempo de exposición al envejecimiento acelerado aumenta la pérdida de brillo, siendo ambos directamente proporcionales en estos periodos de tiempo de igual forma para las probetas con una y dos capas de aplicación del barniz de poliestireno expandido con la diferencia que al tener doble aplicación del producto se pierde menos brillo en todos los periodos, siendo más significativo el período de 12 meses mostrado en la tabla 8.1 en el cual la pérdida de brillo para una capa fue 29% y para dos capas de 14,1%, siendo la diferencia entre ellos de un 14,9%, más de la mitad, por ende se determina que la aplicación del barniz de poliestireno expandido en dos capas presenta mejores resultados ante el envejecimiento acelerado por radiación UVA.

Tabla 8.1 Resumen disminución porcentaje de brillo en barnices.

Tipo Barniz	6 meses		8 meses		12 meses	
	1 capa	2 capas	1 capa	2 capas	1 capa	2 capas
Poliestireno	13,9%	9,1%	18,9%	9,9%	29%	14,1%
Marino	25,3%	19,9%	25,4%	20,2%	27%	24,1%

Fuente: Elaboración propia, 2014

Se encuentra en la tabla A.8 Brillo barniz marino expuesto a radiación UVA (anexo 1) el detalle de los porcentajes de brillo para las probetas con recubrimiento del barniz previo y posterior al ensayo de envejecimiento acelerado en cámara de radiación UVA en los períodos de 6, 8 y 12 meses.

En el período de 6 meses con una capa de barniz: se clasifican las probetas en semimates antes del envejecimiento y después de ensayarlas en cámara de radiación UVA en mates y semimates, obteniendo un promedio de 25,3% de pérdida de brillo.

Se identifica para el mismo período con aplicación de dos capas: la disminución del brillo en un promedio de 19,9%, la clasificación del brillo inicial es semibrillante y brillante, luego de la edad de 6 meses simulados en laboratorio se clasifican en satinadas y semibrillantes.

Para la edad de 8 meses con recubrimiento en una capa: se identifica un descenso del brillo de un 25,4% promedio y un aumento de 8% correspondiente a la probeta 46 A. La clasificación de las

probetas antes del envejecimiento corresponde a: semimate y satinado, quedando tras el daño todas las probetas clasificadas como semimates.

En la misma edad de 8 meses con aplicación de dos capas del producto: se registra una aminoración del brillo de un 22,5% promedio, su clasificación varía de semibrillante a alto brillo antes de la radiación UVA, posterior a esto la clasificación correspondiente va desde satinado a brillante.

Para el período de 12 meses con recubrimiento en una capa: se obtiene una merma en el brillo de un 27% promedio, la clasificación es de mate a semimate para el brillo inicial y posterior a la exposición al envejecimiento acelerado.

En el lapso de 12 meses con aplicación de dos capas de barniz: se alcanza una baja en el brillo de un 24,1% promedio, se clasifican en semibrillante, brillante y una probeta (9 B) en alto brillo, posterior al envejecimiento se clasifican en satinadas y semibrillantes.

Como se puede observar en la tabla 8.1 el barniz marino presenta mayor pérdida de brillo al aumentar el tiempo de exposición para ambas capas de aplicación, percibiendo que la diferencia de porcentajes de pérdida de brillo entre los diferentes tiempos de exposición es mínima.

El barniz Marino en contraste con el barniz de poliestireno expandido presenta mínimas diferencias en los porcentajes de pérdida de brillo entre los tiempos de exposición, mostrado en la tabla resumen 8.1, lo que permite deducir que el barniz marino comienza con un deterioro elevado el cual aumenta en el tiempo de forma paulatina en ambas capas de aplicación. Se toma de referencia el período de 12 meses para analizarlo comparativamente determinando que: el envejecimiento acelerado en barniz de poliestireno expandido en una capa obtiene una pérdida de brillo de 29% y en dos capas de 14,1%. Siendo nuevamente la aplicación de dos capas la que presenta menor pérdida de brillo. En el caso del barniz marino en una capa se obtuvo un 27% de disminución de brillo y en dos capas de un 24,1%, en donde el valor para una capa de barniz marino fue el único resultado que presentó menor pérdida de brillo en comparación al barniz de poliestireno expandido en los diferentes tiempos de exposición a radiación UVA. Entre capas del mismo barniz en 12 meses de exposición acelerada se alcanza una diferencia entre la aplicación de una y dos capas del barniz marino solo de un 2,9%, mientras para el barniz de poliestireno expandido en la misma condición se alcanza un 14,9%.

Con estos resultados se puede inferir que el envejecimiento acelerado afecta los porcentajes de brillo en mayor proporción a los barnices aplicados en una capa que en los mismos en dos capas, además el barniz de poliestireno expandido obtuvo menores pérdidas de brillo, lo que se considera positivo, obteniendo mayor resistencia al envejecimiento, en comparación al barniz marino, destacando el desempeño del barniz de poliestireno expandido en dos capas de aplicación.

Las figuras 8.2 a 8.4 corresponden a gráficos entregados por el software estadístico Design – Expert. En los gráficos se observan círculos que representan el brillo inicial y tras la exposición a radiación UVA de cada probeta, la línea indica el descenso promedio de brillo, los números encontrados delante los círculos indican la cantidad de probetas con el mismo porcentaje. En rojo se identifica el barniz de poliestireno en 1 capa, el color verde corresponde al mismo barniz aplicado en 2 capas. El barniz marino en 1 capa se representa en azul y en color plomo para 2 capas.

En la figura 8.2 se encuentran los barnices ensayados en 6 meses simulados en laboratorio, se puede observar que las probetas con barniz de poliestireno en dos capas alcanzaron mayor brillo. El software indicó que estadísticamente la variación de brillo solo es significativa en el barniz marino

aplicado en 2 capas lo que se ve expresado por la pronunciación de la línea ploma en comparación a las restantes.

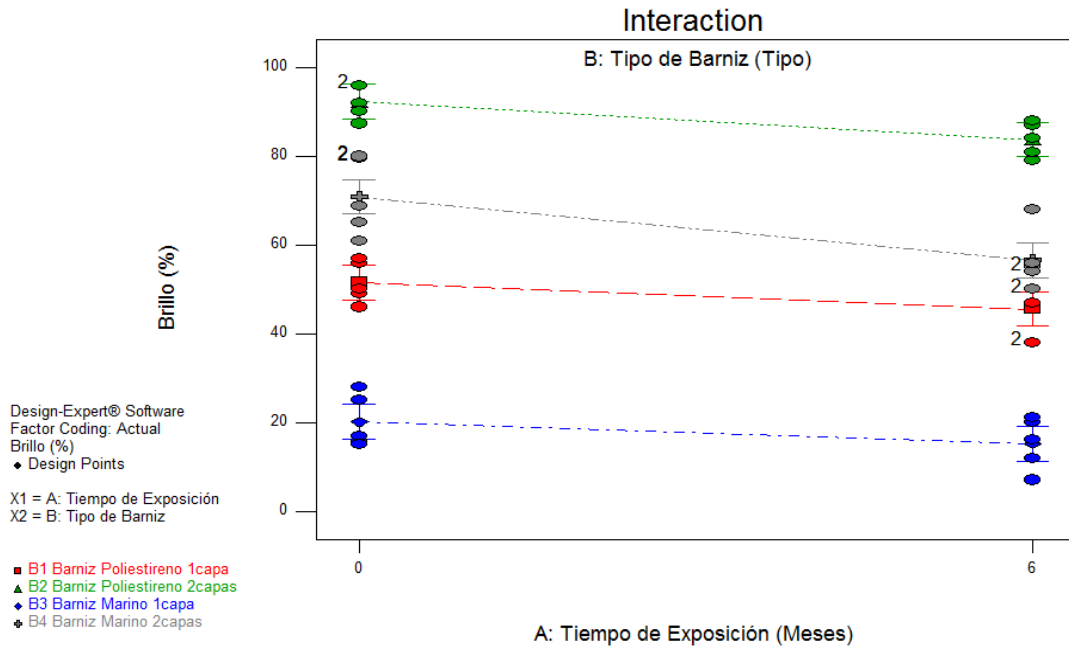


Figura 8.2 Barnices en una y dos capas ensayados 6 meses.

En la figura 8.3 se observa que el barniz marino aplicado en 2 capas alcanzó mayor brillo inicial que las otras aplicaciones, y el mismo tiene una pérdida significativa de brillo transcurrido los 8 meses simulados de envejecimiento UVA, para el barniz de poliestireno expandido el software indica que no hay pérdida significativa de brillo.

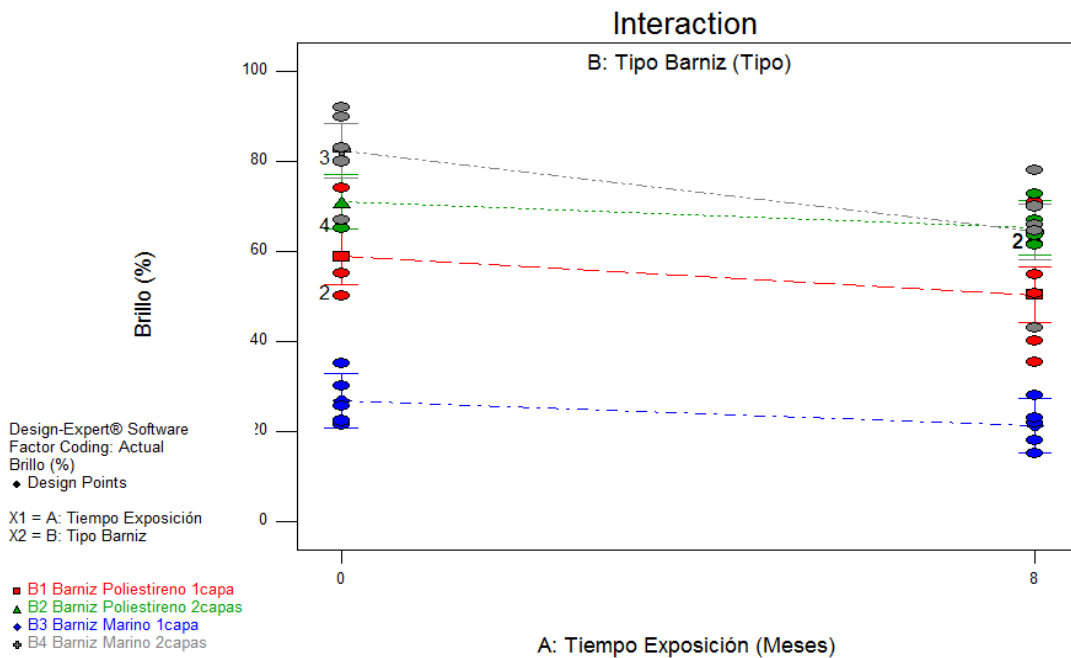


Figura 8.3 Barnices en una y dos capas ensayados 8 meses.

Para el período de envejecimiento de 12 meses las probetas de barniz marino y barniz de poliestireno expandido obtuvieron un brillo inicial más diverso por esto, los porcentajes se ven entrecruzados, al final de la exposición el software arrojó nuevamente que el barniz marino en dos capas es el más afectado en el descenso del brillo teniendo una cifra significativa, mientras el barniz de poliestireno en ambas aplicaciones no arrojó una disminución significativa de brillo.

Las aplicaciones con una capa por su menor brillo no obtienen diferencias significativas en la pérdida de este, lo que ocurre para los tres períodos estudiados, esto no implica que no tenga deterioro.

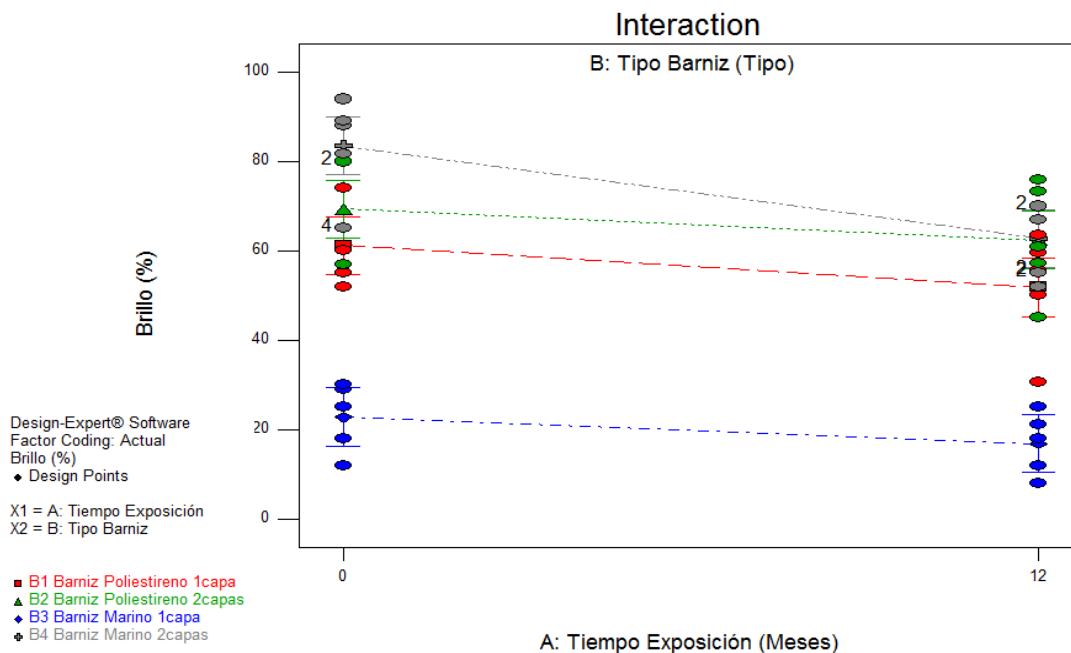


Figura 8.4 Barnices en una y dos capas ensayados 12 meses.

8.2. Determinación del brillo probetas de control

A continuación se presenta en la tabla 8.2 los brillos de las probetas de control, las cuales no poseen ningún tipo de recubrimiento y se sometieron a tres edades de envejecimiento acelerado en cámara de radiación UVA. Las probetas tras 6 meses de exposición disminuyeron en promedio 4,3%, en 8 meses se obtiene un descenso promedio de un 8,1% y a los 12 meses se registra un 13%, con lo anterior se determina que al aumentar el tiempo de exposición aumenta la pérdida de brillo natural causando el deterioro progresivo de la madera. No se registran aumentos de brillo y se clasifican como mates.

Tabla 8.2 Brillo probetas de control después de UVA

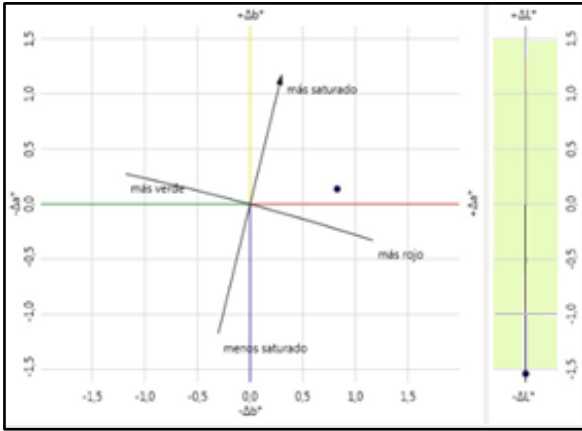
Controles Nº Probeta	(%) Brillo Inicial	(%) Brillo 6 Meses	Diferencia Brillo (in- fi)	(-) (%)	(+) (%)
91 A	5,5	5,2	0,3	5,5	
92 A	4,5	4,3	0,2	4,4	
93 A	4,3	4,1	0,2	4,7	
94 A	5,3	5,2	0,1	1,9	
95 A	6	5,7	0,3	5,0	
Promedio				4,3	
Controles Nº Probeta	(%) Brillo Inicial	(%) Brillo 8 Meses	Diferencia Brillo (in- fi)	(-) (%)	(+) (%)
91B	5,6	5	0,6	10,7	
92B	4,8	4,5	0,3	6,3	
93B	5	4,8	0,2	4,0	
94B	5,7	5	0,7	12,3	
95B	5,6	5,2	0,4	7,1	
Promedio				8,1	
Controles Nº Probeta	(%) Brillo Inicial	(%) Brillo 12 Meses	Diferencia Brillo (in- fi)	(-) (%)	(+) (%)
97 A	6,5	6	0,5	7,7	
97B	7,9	6	1,9	24,1	
98B	6	5	1	16,7	
96 A	5,5	5	0,5	9,1	
96B	5,4	5	0,4	7,4	
Promedio				13,0	

Fuente: Elaboración propia, 2014

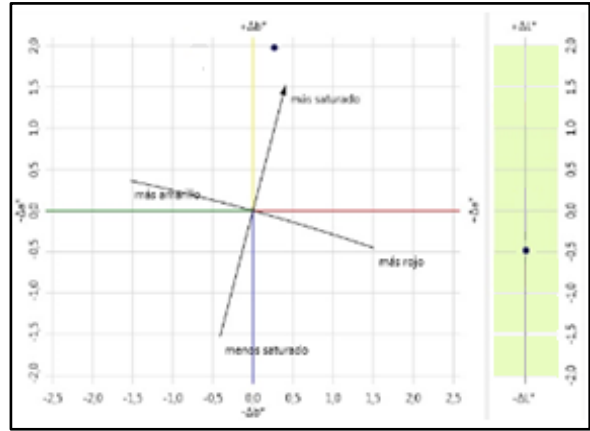
8.3. Determinación del color

El color del recubrimiento de cada probeta se midió con un espectrofotómetro modelo Data Color 400 Spectra, se registró el color inicial y al terminar el ciclo de UVA se efectuó la segunda lectura de color, entregando un gráfico de coordenadas CIELAB con el cual se podrá distinguir la tendencia del color tras el envejecimiento.

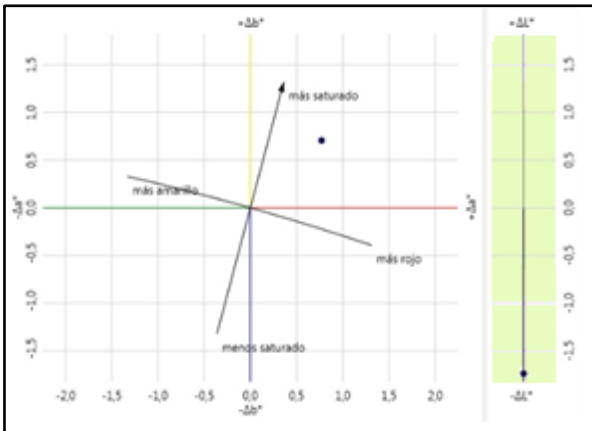
En los gráficos de las probetas con una capa de barniz de poliestireno expandido ensayadas en cámara de radiación UVA equivalente a una exposición de 6 meses mostrados en las figuras 8.5 a la 8.9, se aprecia en el costado derecho el parámetro L, el cual indica que se oscureció la película de barniz entre 0,5 a 1,5 aprox., además aumento el parámetro a y b tendiendo a enrojecerse y amarillarse, esto demuestra que efectivamente el barniz comenzó a envejecer.



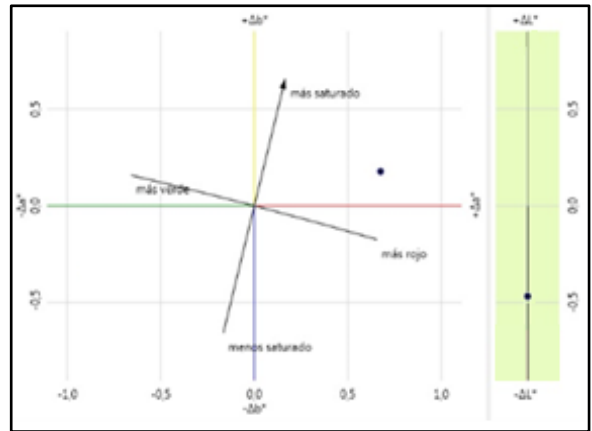
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.5 Gráfico Probeta 63 A



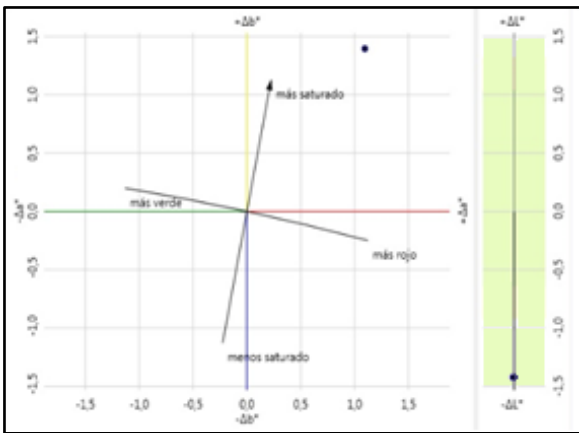
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.6 Gráfico Probeta 71 A



Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.7 Gráfico Probeta 71 B



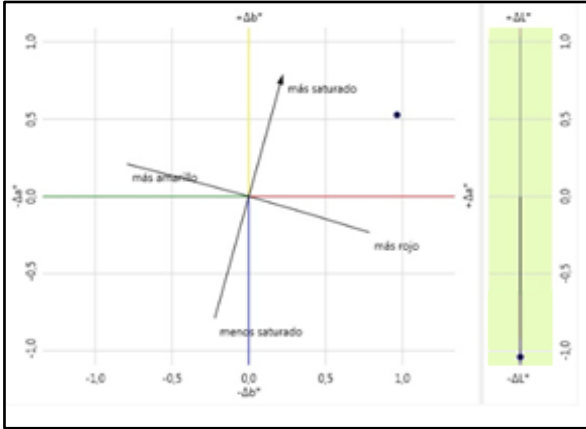
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.8 Gráfico Probeta 73 A



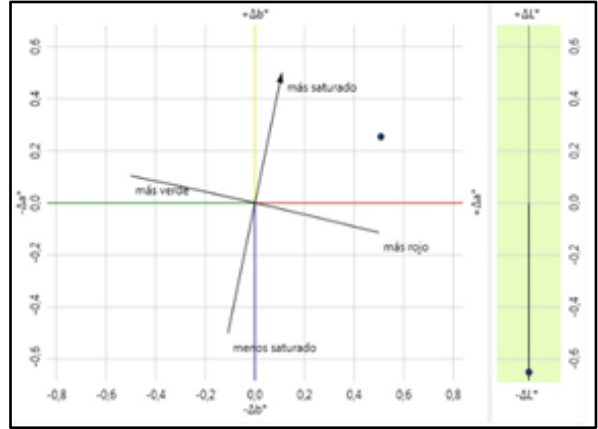
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.9 Gráfico Probeta 78 A

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

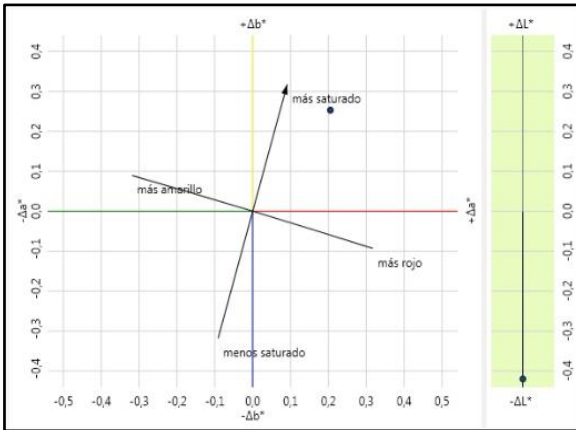
Los gráficos mostrados en las figuras 8.10 a 8.14 corresponden a las probetas con dos capas de barniz de poliestireno expandido equivalente a 6 meses de radiación UVA el parámetro L indicó que se oscureció la película de barniz entre 0,1 y 1,0. El aumento de los parámetros a y b señaló que existe envejecimiento.



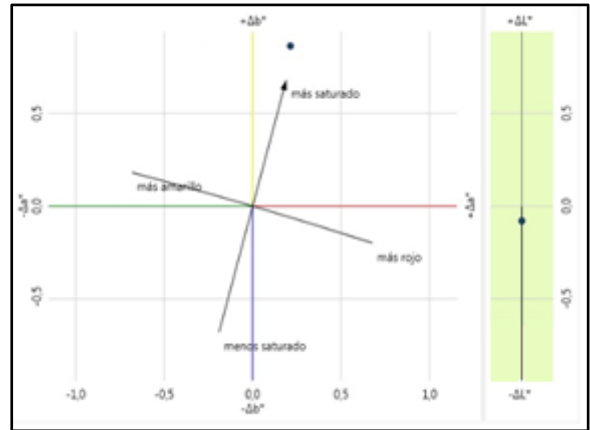
Más oscuro - Más amarillo
 Figura 8.10 Gráfico Probeta 42 A



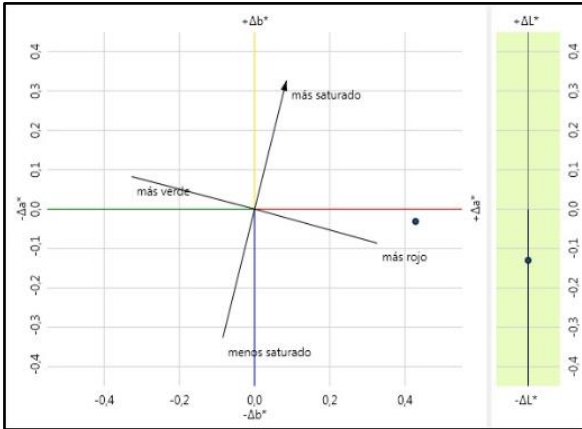
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.11 Gráfico Probeta 82 A



Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.12 Gráfico Probeta 82 B



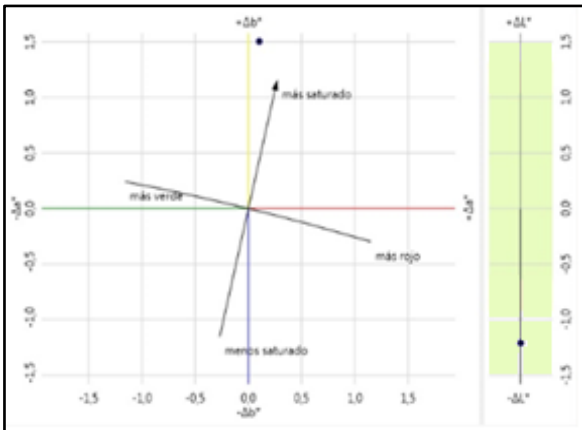
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.13 Gráfico Probeta 89 A



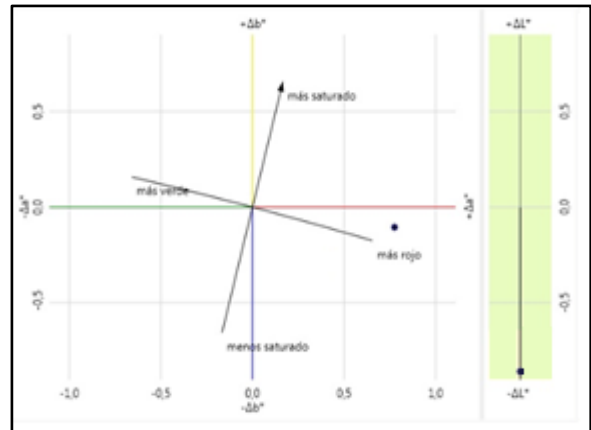
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.14 Gráfico Probeta 89 B

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

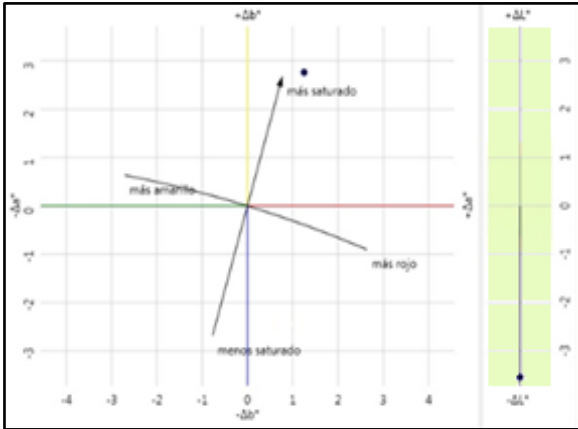
Los gráficos de las probetas con una capa de barniz de poliestireno expuesto a radiación UVA equivalente a 8 meses, mostrados en las figuras 8.15 a la 8.19. Se oscureció la película de barniz desde 1,0 a 3,0, exceptuando la probeta 68B en la cual la capa se aclaró en 2,0. La totalidad de las probetas comenzaron a envejecer tornándose el recubrimiento más amarillo.



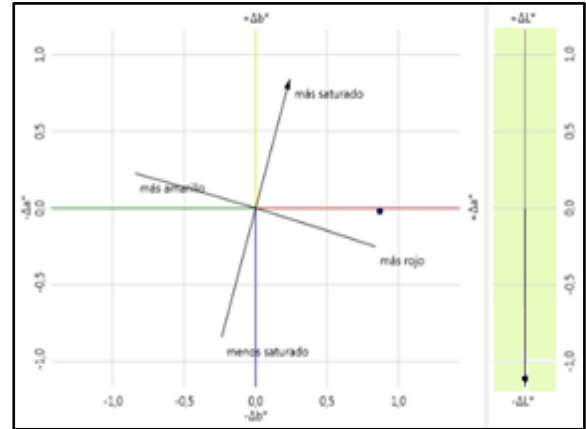
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.15. Gráfico Probeta 51 B



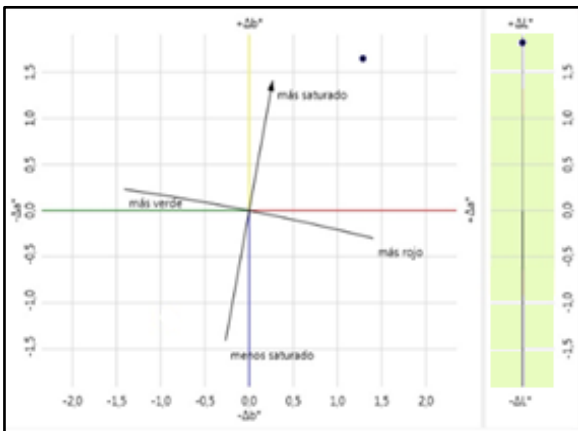
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.16. Gráfico Probeta 83 B



Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.17. Gráfico Probeta 57 B



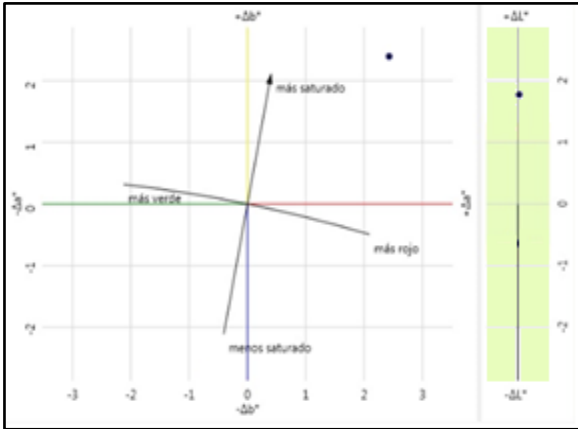
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.18. Gráfico Probeta 86 B



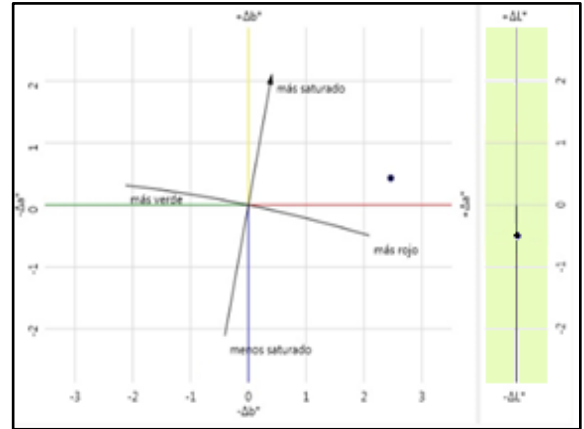
Más claro – Más amarillo
 Figura 8.19. Gráfico Probeta 68 B

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

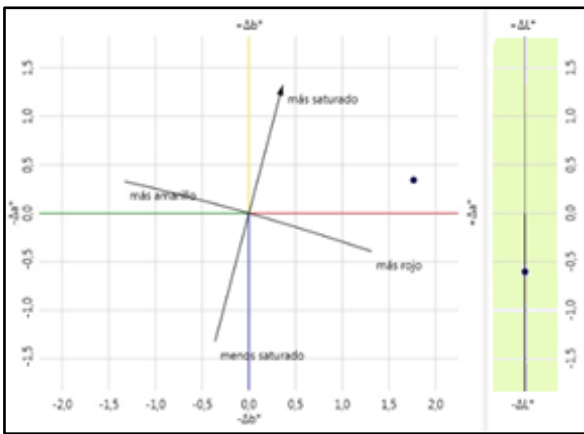
Las probetas con dos capas de barniz de poliestireno expandido ensayadas con equivalencia de 8 meses de radiación UVA se encuentran ilustradas en los gráficos señalados en las figuras 8.20 a la 8.24 apreciándose al costado derecho el parámetro L en el cual se observa que el recubrimiento de 4 probetas oscureció entre 0,5 y 2,0 y en 1 probeta el recubrimiento aclaró en 2,0 aprox. El total de las probetas envejecieron, esto verificado por el aumento de los parámetros a y b.



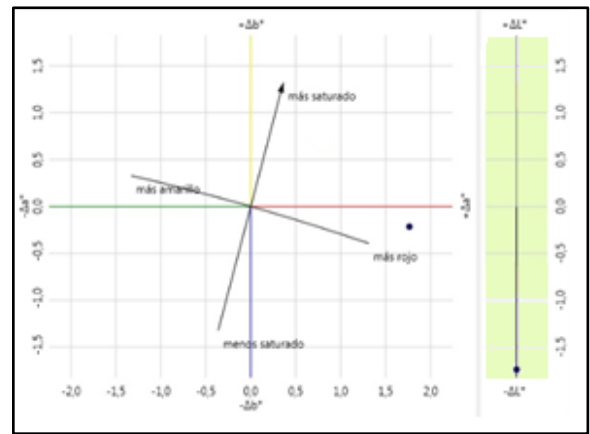
Más claro – Más amarillo
 Figura 8.20. Gráfico Probeta 27 B



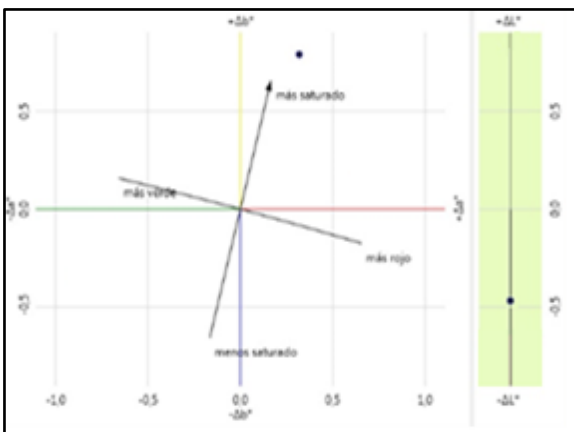
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.21. Gráfico Probeta 34 B



Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.22. Gráfico Probeta 28 B



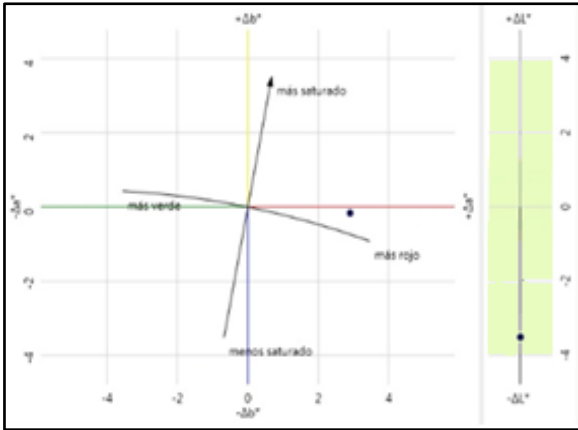
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.23. Gráfico Probeta 39 B



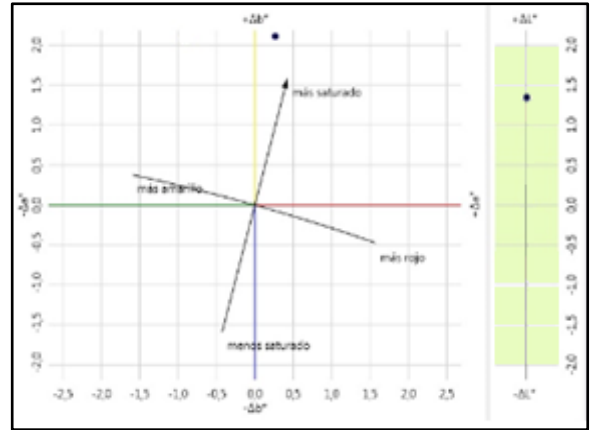
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.24. Gráfico Probeta 30 B

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

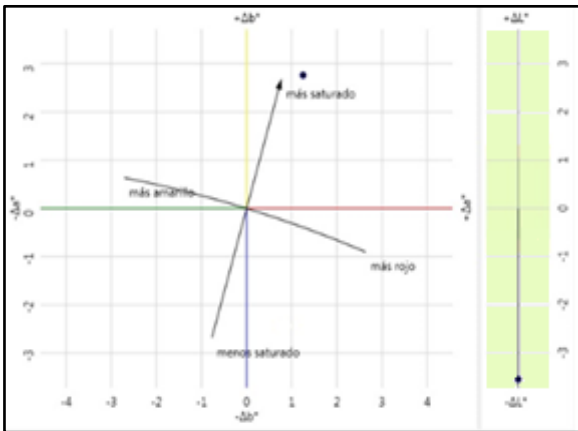
En los gráficos que se aprecian desde la figura 8.25 a la figura 8.29 corresponden al envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses con aplicación de una capa de barniz, se comprueba que el recubrimiento envejeció por el aumento de los parámetros a y b con respecto al color original del barniz, además se observó que el recubrimiento de dos de las cinco probetas se aclaró en 1,5 y las 3 restantes se obscurecieron entre 2,0 y 4,0 aprox.



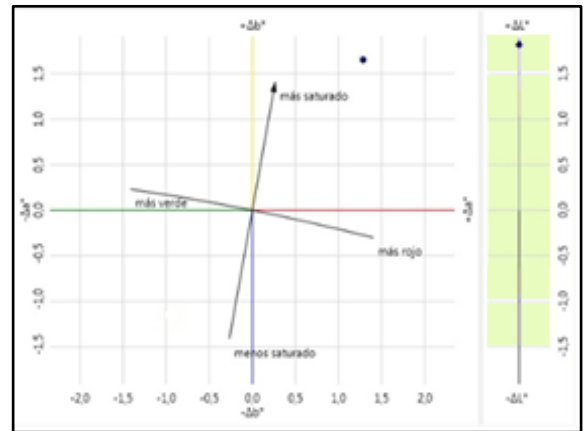
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.25 Gráfico Probeta 83 A



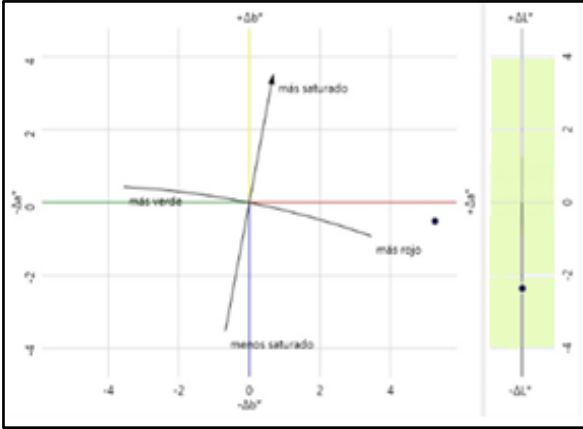
Más claro – Más amarillo
 Figura 8.26 Gráfico Probeta 51 A



Más oscuro - Más amarillo
 Figura 8.27 Gráfico Probeta 57 A



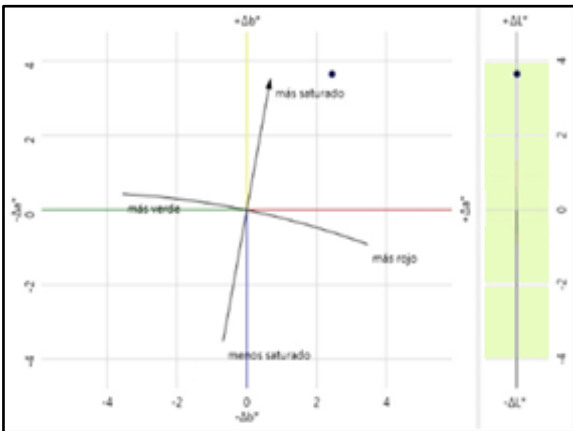
Más claro – Más amarillo
 Figura 8.28 Gráfico Probeta 68 A



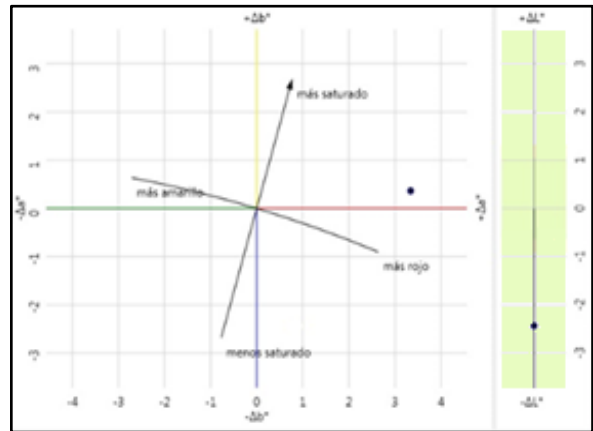
Más oscuro - Mas rojo
 Figura 8.29 Gráfico Probeta 86 A

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

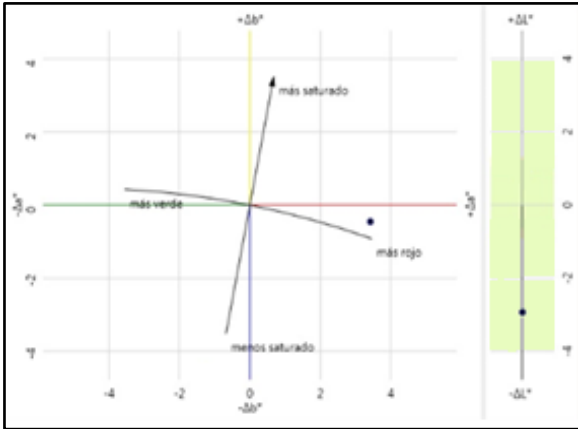
En las figuras 8.30 a 8.34 se observan los gráficos correspondientes a las probetas con dos capas de recubrimiento envejecidas con radiación UVA equivalente a 12 meses, en donde se obtuvo que 4 de las 5 probetas oscurecieron entre 1,5 a 3,0, la restante se aclaró en 3,0 aprox. Las 5 probetas presentaron envejecimiento tendiendo su recubrimiento a amarillarse u enrojarse.



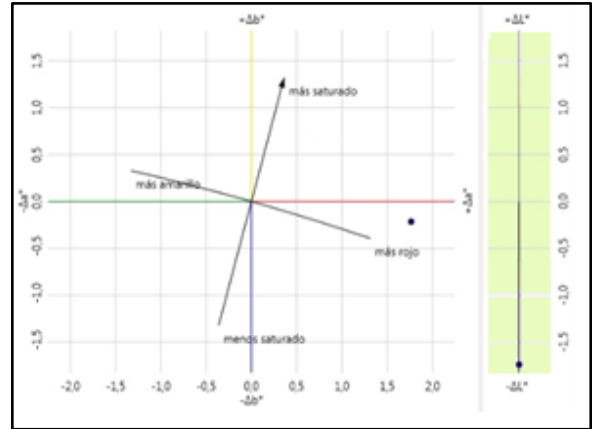
Más claro – Más amarillo
 Figura 8.30 Gráfico Probeta 27 A



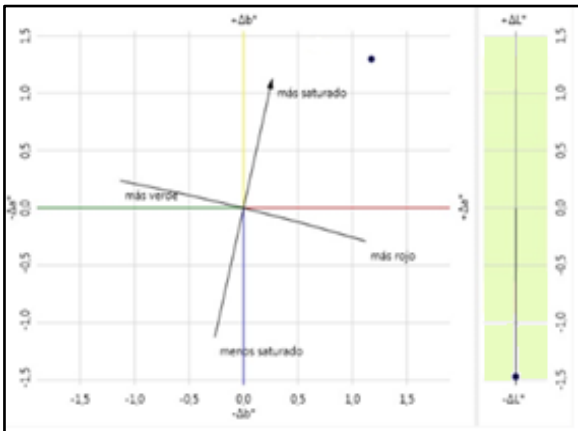
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.31 Gráfico Probeta 34 A



Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.32 Gráfico Probeta 28 A



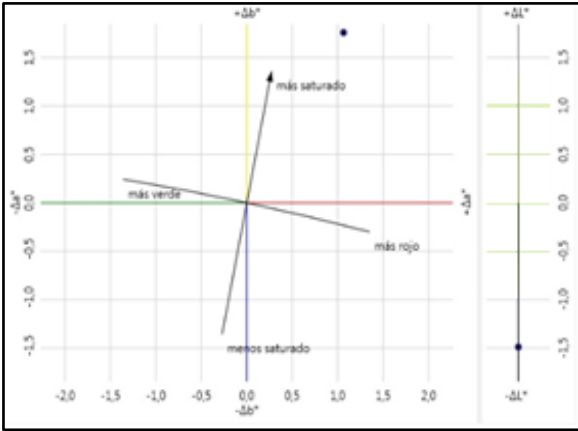
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.33 Gráfico Probeta 39 A



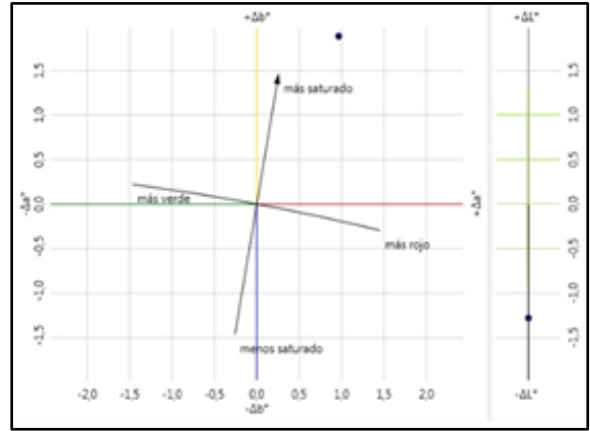
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.34 Gráfico Probeta 30 A

Fuente: Elaboración propia a base datos de espectrofotómetro empresa Tricolor 2014.

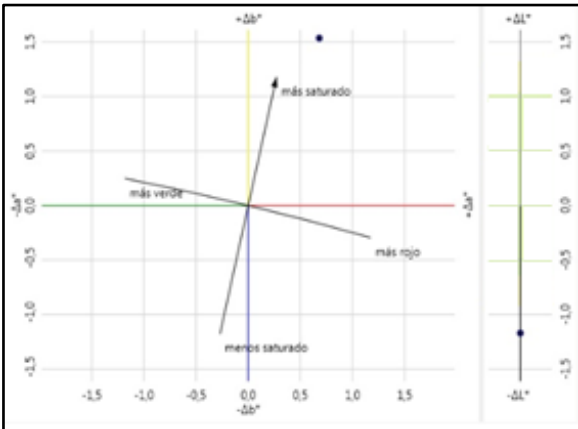
En los gráficos de las probetas con una capa de barniz marino ensayadas en cámara de radiación UVA equivalente a una exposición de 6 meses mostrados en las figuras 8.35 a la 8.39, se aprecia en el costado derecho el parámetro L, el cual indica que se oscureció la película de barniz entre 1,0 a 1,5 aprox., además aumento el parámetro a y b tendiendo a enrojecerse y amarillarse, esto demuestra que efectivamente el barniz comenzó a envejecer.



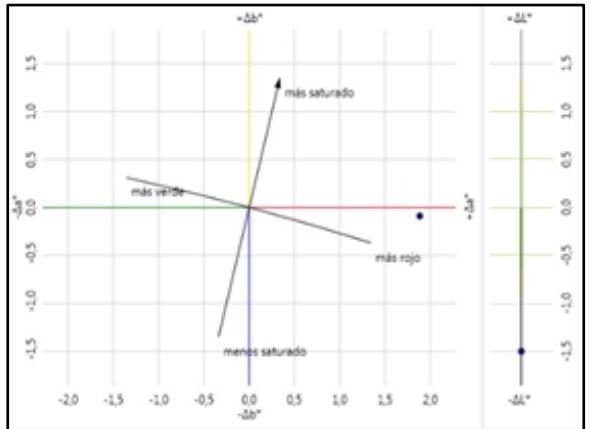
Más oscuro- Más amarillo
 Figura 8.35 Gráfico Probeta 13 A



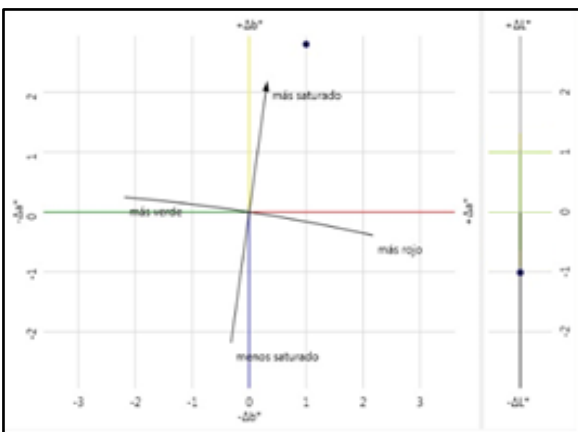
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.36 Gráfico Probeta 29 A



Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.37 Gráfico Probeta 69 A

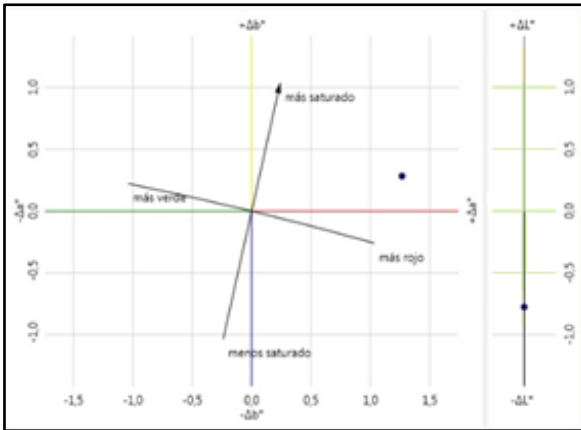


Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.38 Gráfico Probeta 74 A

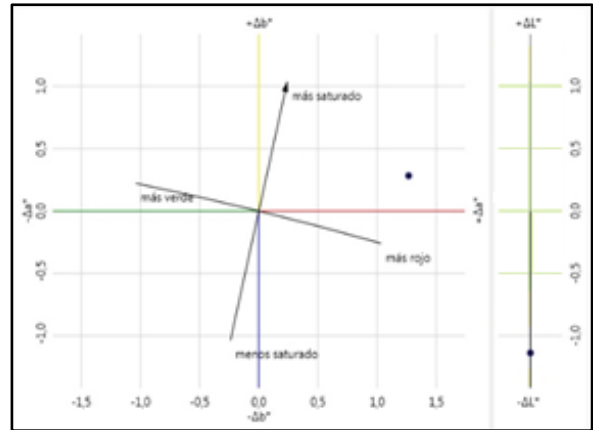


Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.39 Gráfico Probeta 74 B

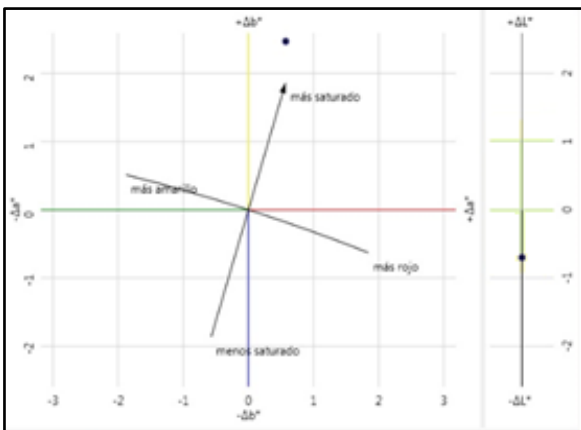
Para las probetas con dos capas de barniz marino ensayadas con equivalencia de 6 meses de radiación UVA, señalan los gráficos desde el 8.40 al 8.44 que el recubrimiento envejeció tornándose el barniz más rojo y más amarillo, el parámetro L indica que se oscurecieron entre 0,5 y 1,0.



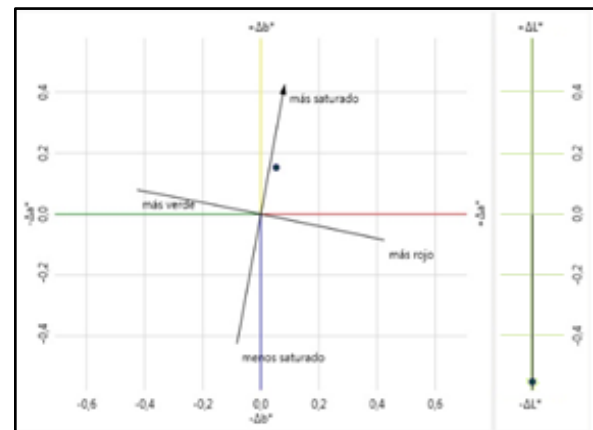
Más oscuro – Más rojo
Figura 8.40 Gráfico Probeta 21 A



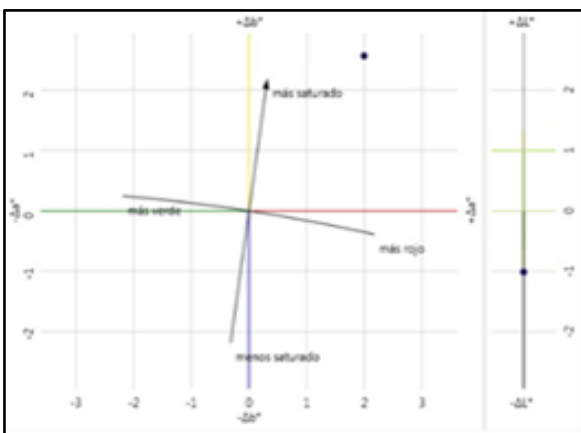
Más oscuro – Más rojo
Figura 8.41 Gráfico Probeta 21 B



Más oscuro – Más amarillo
Figura 8.42 Gráfico Probeta 43 A



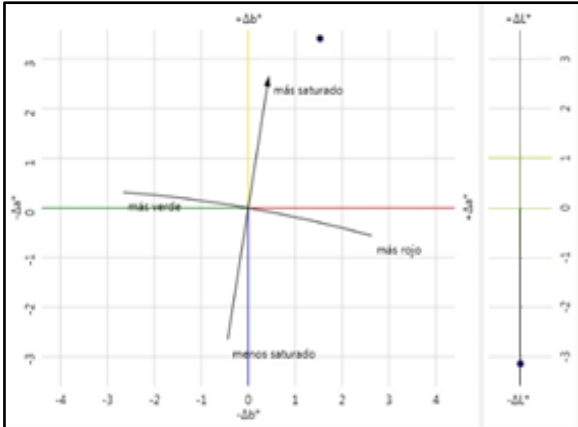
Más oscuro – Más amarillo
Figura 8.43 Gráfico Probeta 43 B



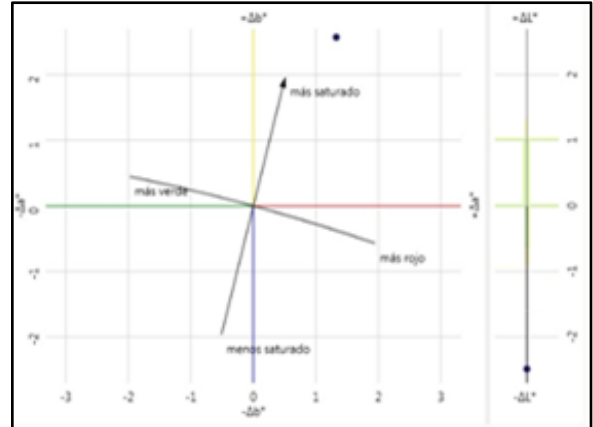
Más oscuro – Más amarillo
Figura 8.44 Gráfico Probeta 54 B

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

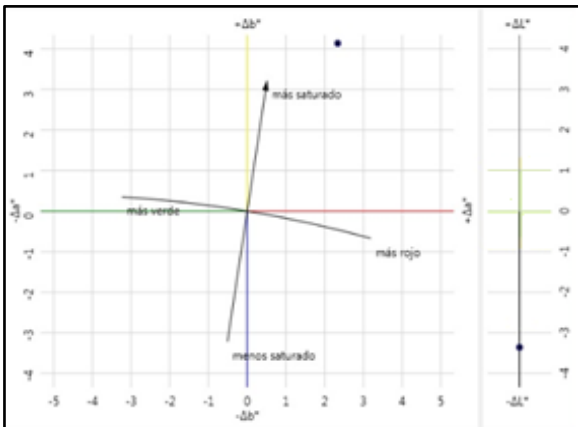
Los gráficos de las probetas con una capa de barniz marino expuesto a radiación UVA equivalente a 8 meses mostrados en las figuras 8.45 a la 8.49, se encontró que la película de barniz oscureció de 3,0 a 4,0 aprox, exceptuando la probeta 46 A en la cual la capa se aclaró en 1,5. La totalidad de las probetas comenzaron a envejecer debido al aumento del parámetro a y b.



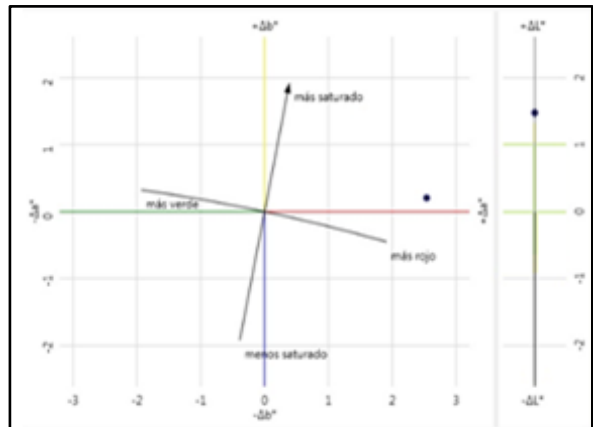
Más oscuro – Más amarillo
Figura 8.45. Gráfico Probeta 25 A



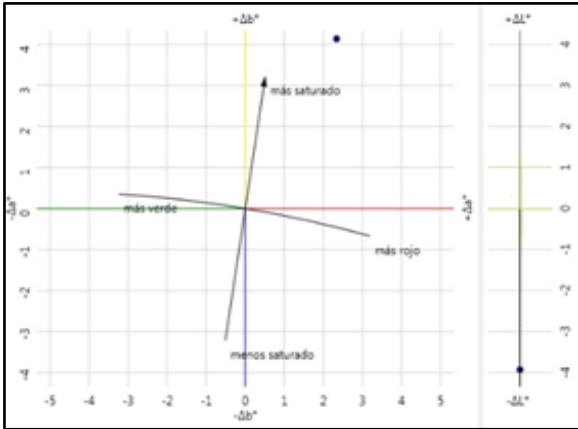
Más oscuro – Más amarillo
Figura 8.46. Gráfico Probeta 26 A



Más claro - Más rojo
Figura 8.47. Gráfico Probeta 46 A



Más oscuro - Más amarillo
Figura 8.48. Gráfico Probeta 47 A

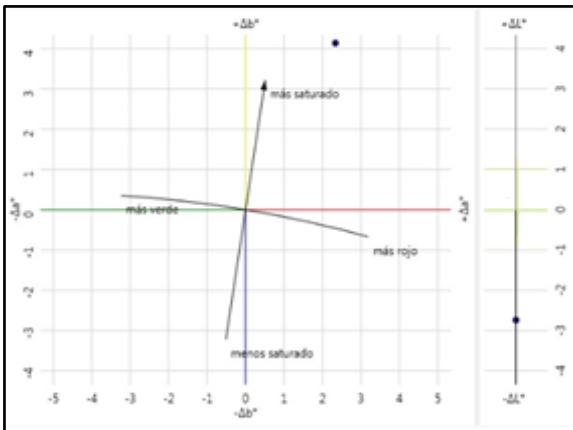


Más oscuro - Mas amarillo

Figura 8.49. Gráfico Probeta 49 A

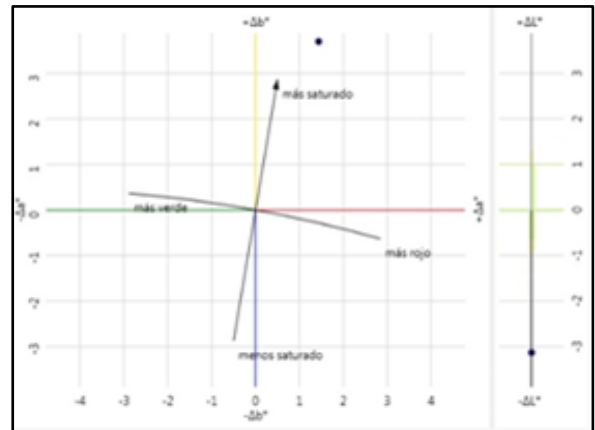
Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

Los gráficos mostrados en las figuras 8.50 a 8.54 corresponden a las probetas con dos capas de barniz marino equivalente a 8 meses de radiación UVA, el parámetro L indicó que se oscureció la película de barniz entre 2,0 y 3,0. El aumento de los parámetros a y b señaló que hubo envejecimiento.



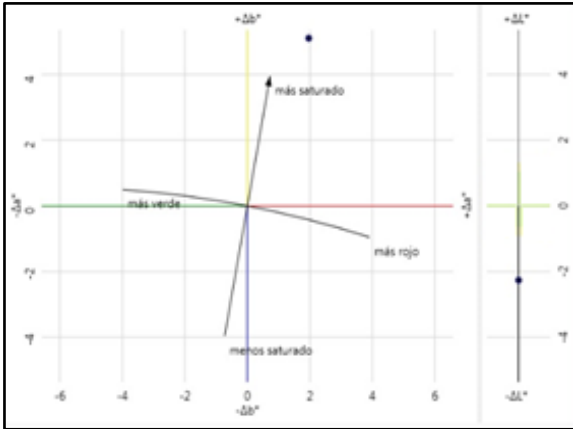
Más oscuro – Más amarillo

Figura 8.50. Grafico Probeta 2 A

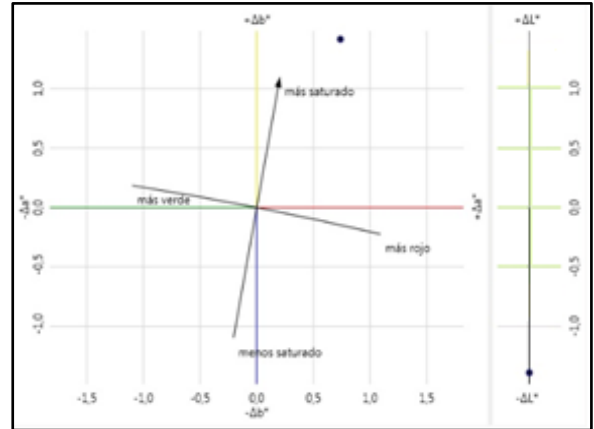


Más oscuro – Más amarillo

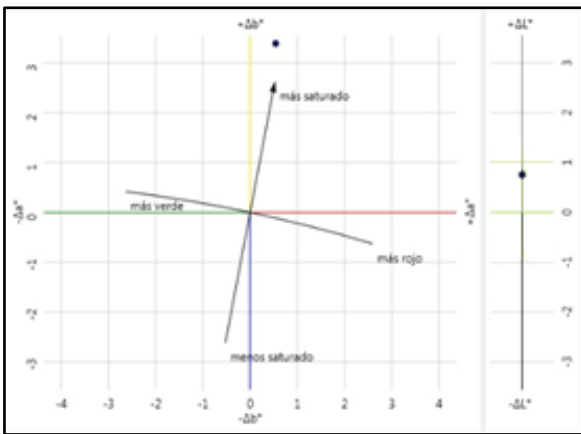
Figura 8.51. Grafico Probeta 8 A



Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.52. Gráfico Probeta 9 A



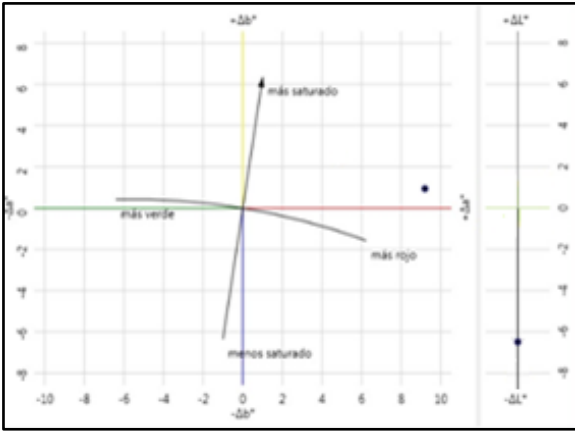
Más oscuro- Más amarillo
 Figura 8.53. Gráfico Probeta 10 A



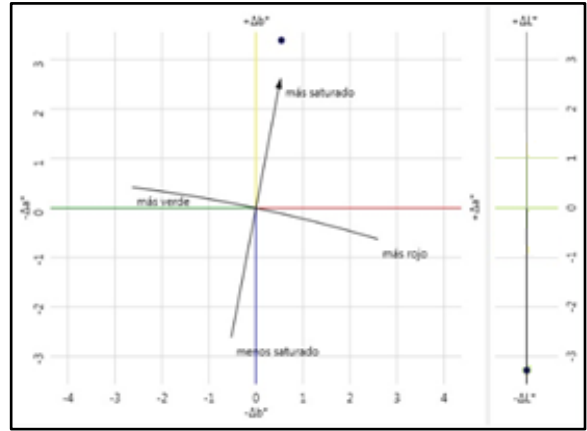
Más claro – Más amarillo
 Figura 8.54. Gráfico Probeta 16 A

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

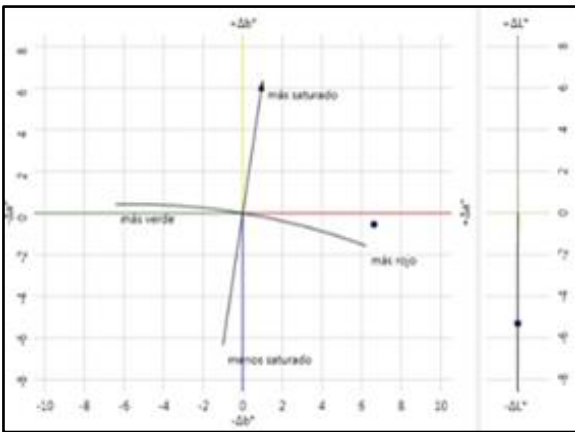
Los gráficos que se aprecian desde la figura 8.55 a la figura 8.59 corresponden al envejecimiento acelerado equivalente a 12 meses con aplicación de una capa de barniz, aumentaron los parámetros a y b con respecto al color original del barniz, además se observó que el recubrimiento de todas las probetas se oscureció entre 3,0 y 8,0.



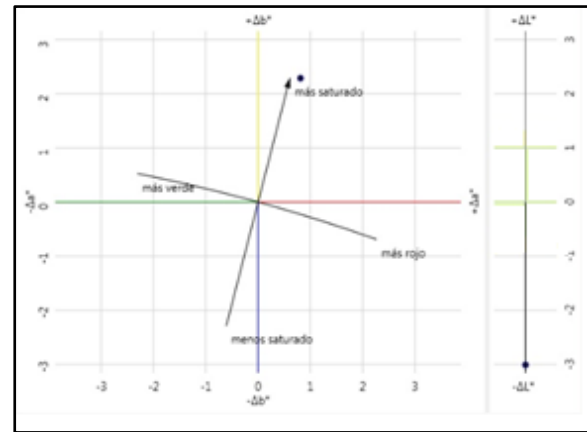
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.55. Gráfico Probeta 25 B



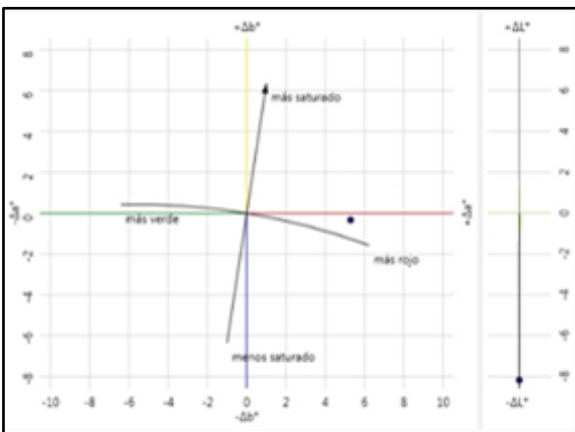
Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.56. Gráfico Probeta 26 B



Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.57. Gráfico Probeta 46 B

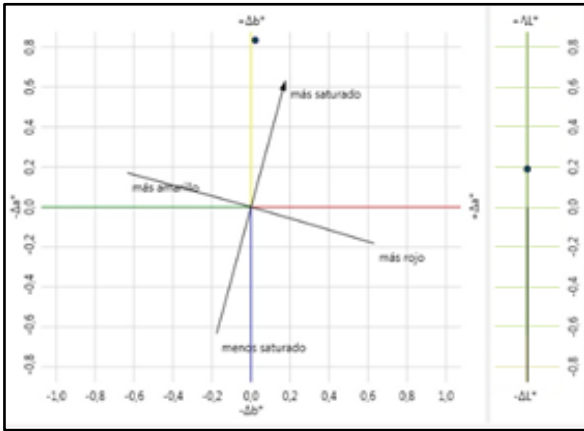


Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.58. Gráfico Probeta 47 B

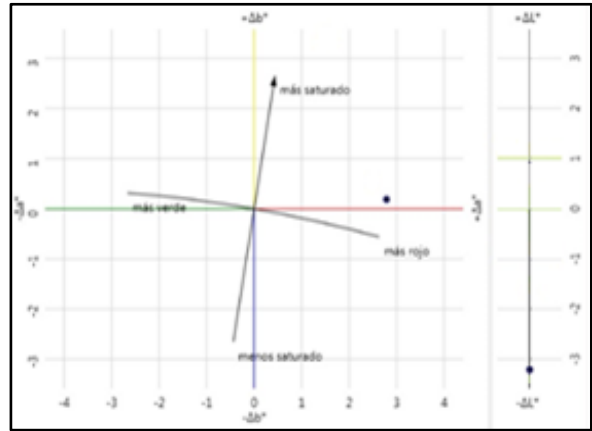


Más oscuro - Mas rojo
 Figura 8.59. Gráfico Probeta 49 B

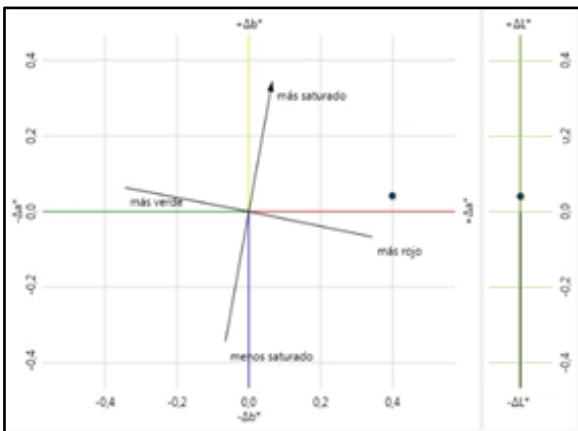
En las figuras 8.60 a 8.64 se observan los gráficos correspondientes a las probetas con dos capas de recubrimiento envejecidas con radiación UVA equivalente a 12 meses, en donde se obtuvo que en 2 de las 5 probetas se aclaró el recubrimiento en 0,2, y las 3 restantes se oscurecieron entre 3,0 y 5,0 aprox. Las 5 probetas presentaron envejecimiento tendiendo su recubrimiento a amarillarse u enrojarse.



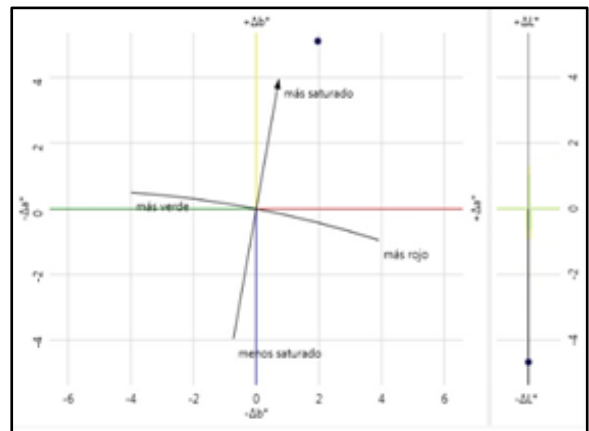
Más claro – Más amarillo
 Figura 8.60. Gráfico Probeta 2 B



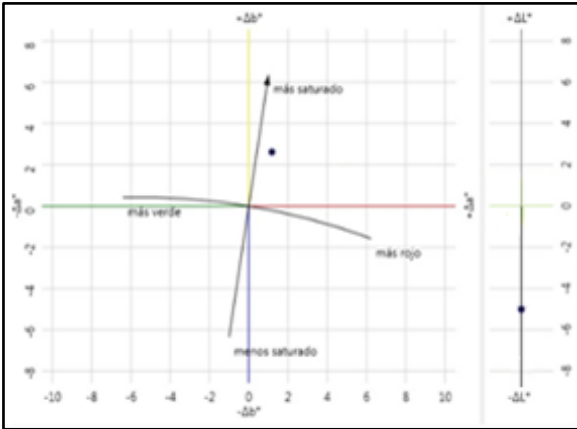
Más oscuro – Más rojo
 Figura 8.61. Gráfico Probeta 8 B



Más oscuro – Más amarillo
 Figura 8.62. Gráfico Probeta 9 B



Más claro - Más rojo
 Figura 8.63. Gráfico Probeta 10 B



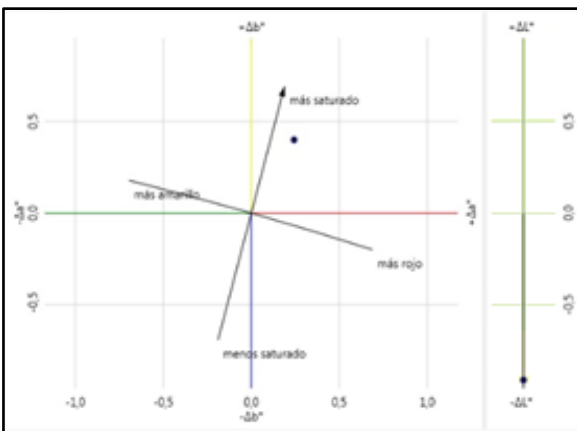
Más oscuro – Más amarillo

Figura 8.64. Gráfico Probeta 16 B

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

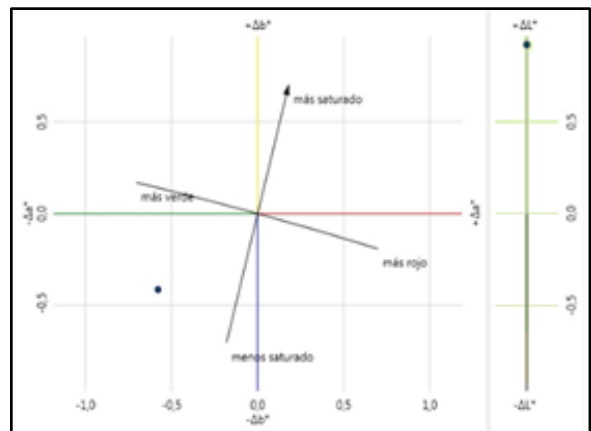
Se observa que ambos barnices envejecieron según indican las coordenadas CIELAB a y b, el parámetro L indicó que algunas probetas no oscurecieron, esto sucede cuando el recubrimiento no se ha secado en su totalidad lo cual es difícil de determinar, y al ser expuestas a la radiación UVA ocurre un secado brusco del recubrimiento tornándose más claro porque la capa comienza a quemarse de forma no perceptible.

Los gráficos de las probetas de control se representan en las figuras 8.65 a 8.79 para un envejecimiento equivalente a 6, 8 y 12 meses, en los cuales se observó que las probetas se tornaron más azules o más amarillas lo cual es lo esperado ya que no poseen ningún tipo de recubrimiento.



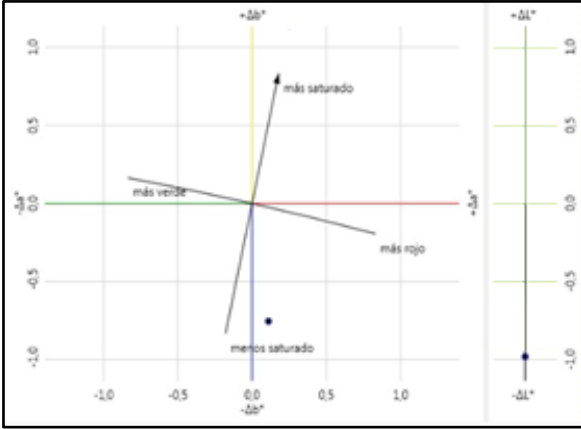
Más oscuro – Más amarillo

Figura 8.65. Gráfico Probeta 91 A

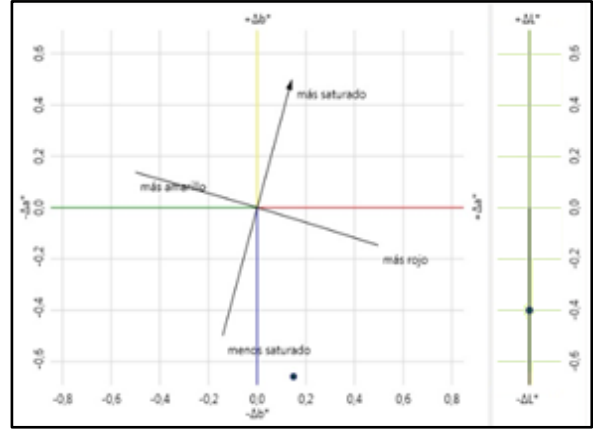


Más claro – Más Azul

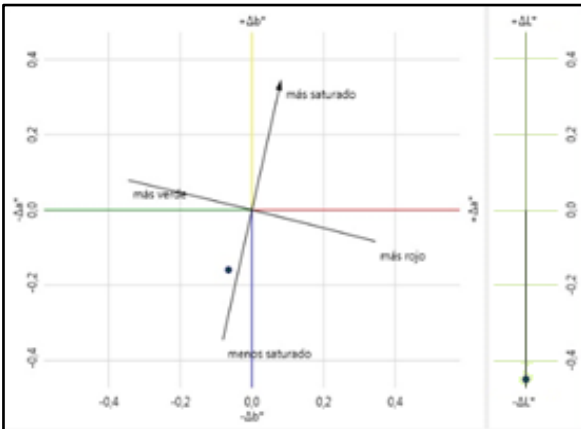
Figura 8.66. Gráfico Probeta 92 A



Más oscuro – Más azul
 Figura 8.67. Gráfico Probeta 93 A

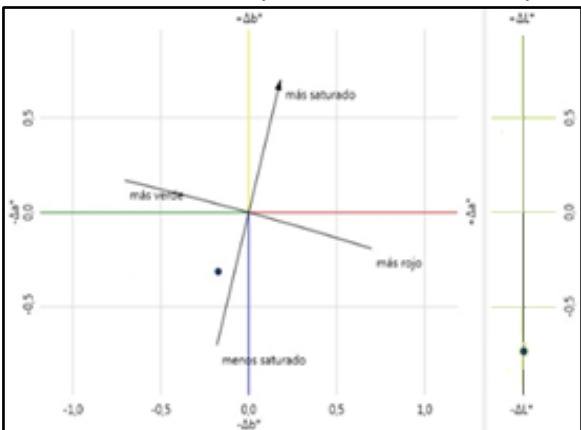


Más oscuro – Más azul
 Figura 8.68. Gráfico Probeta 94 A

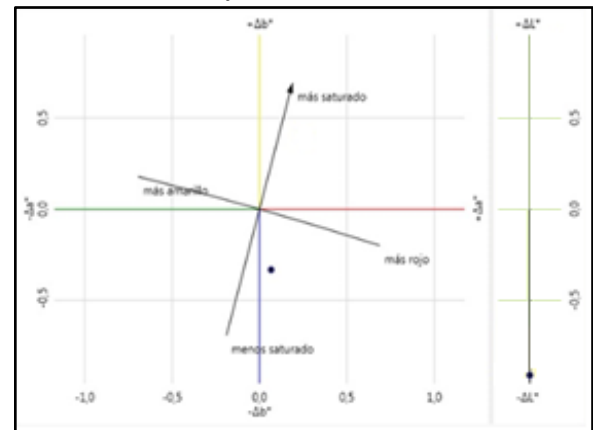


Más oscuro – Más azul
 Figura 8.69. Gráfico Probeta 95 A

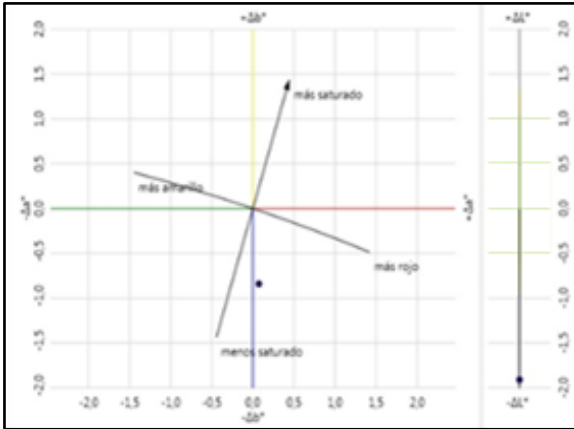
Gráficos de las probetas de control expuestas a 8 meses de envejecimiento acelerado



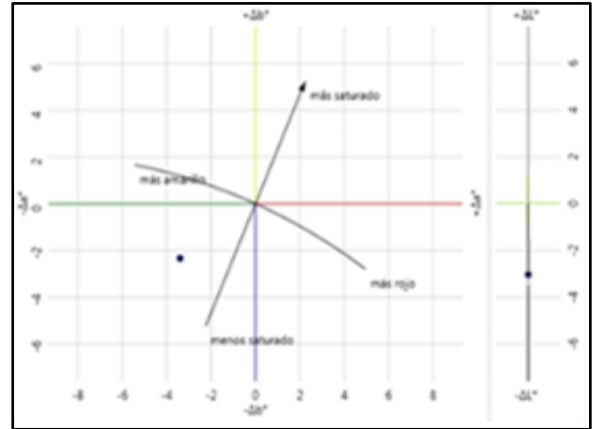
Más oscuro – Más azul
 Figura 8.70. Gráfico Probeta 91 B



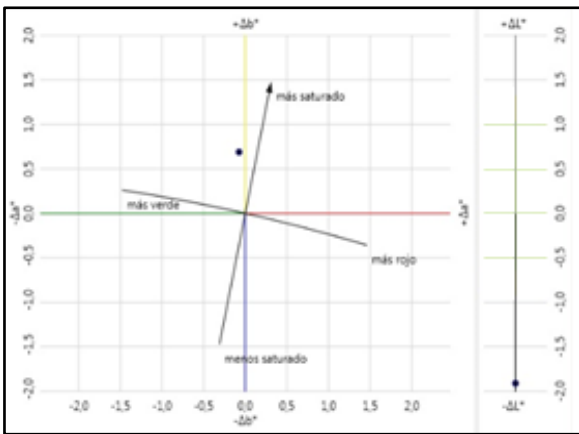
Más oscuro – Más azul
 Figura 8.71. Gráfico Probeta 92 B



Más claro – Más azul
 Figura 8.72. Gráfico Probeta 93 B

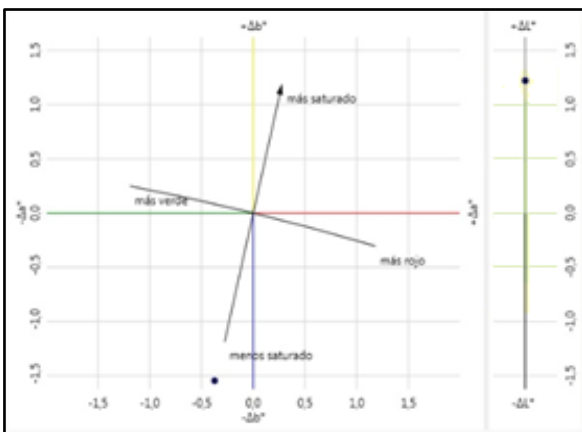


Más oscuro – Más azul
 Figura 8.73. Gráfico Probeta 94 B

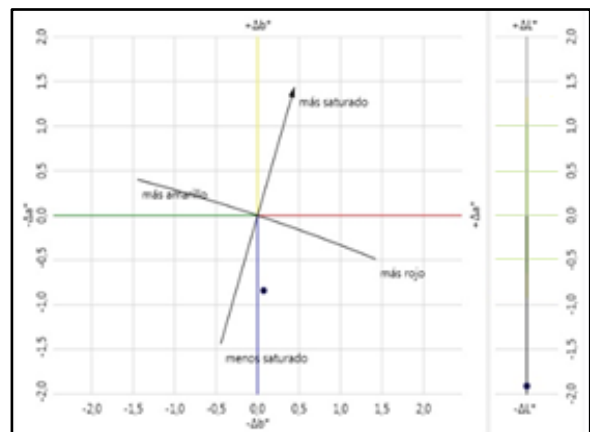


Más oscuro – Más azul
 Figura 8.74. Gráfico Probeta 95 B

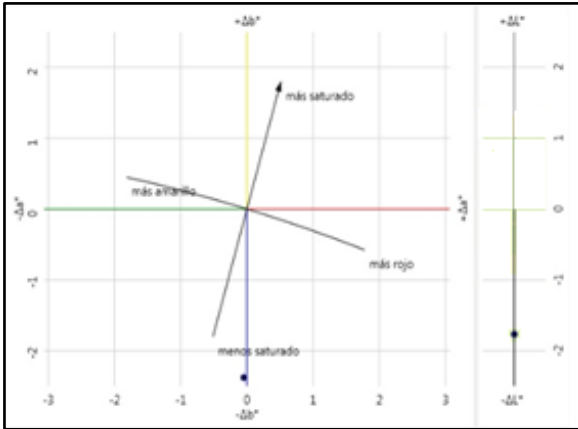
Gráficos de las probetas de control expuestas a 12 meses de envejecimiento acelerado



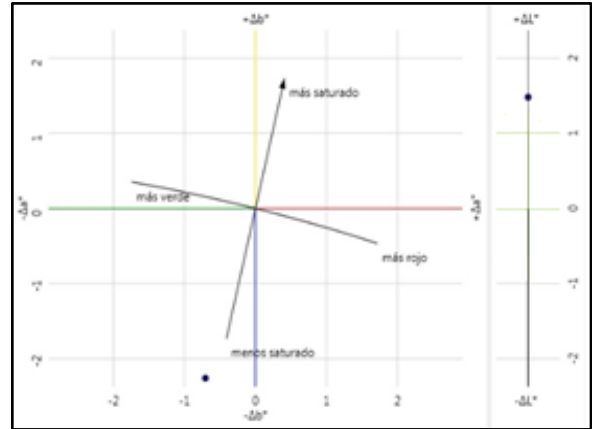
Más oscuro – Más azul
 Figura 8.75. Gráfico Probeta 97 A



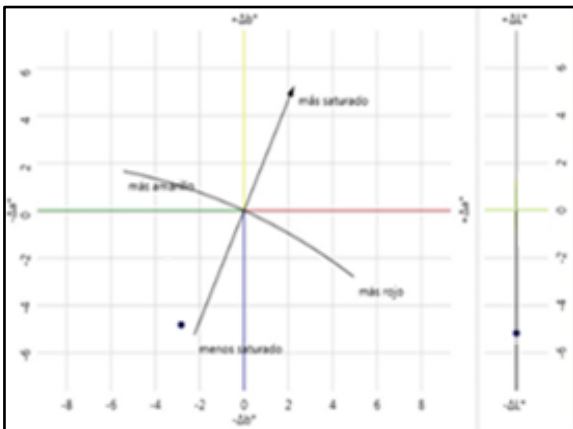
Más claro - Más azul
 Figura 8.76. Gráfico Probeta 97 B



Más claro – Más azul
 Figura 8.77. Gráfico Probeta 98 B



Más oscuro – Más azul
 Figura. 8.78. Gráfico Probeta 96 A



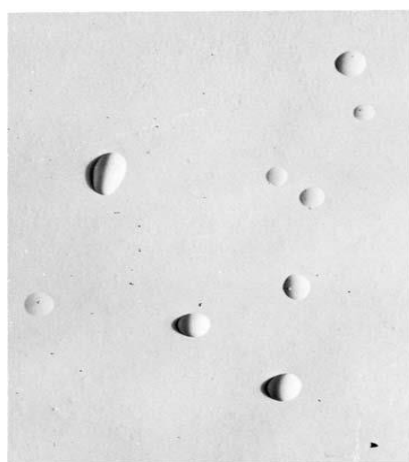
Más oscuro – Más azul
 Figura 8.79. Gráfico Probeta 96 B

Fuente: Elaboración propia a base de datos de espectrofotómetro empresa Tricolor, 2014

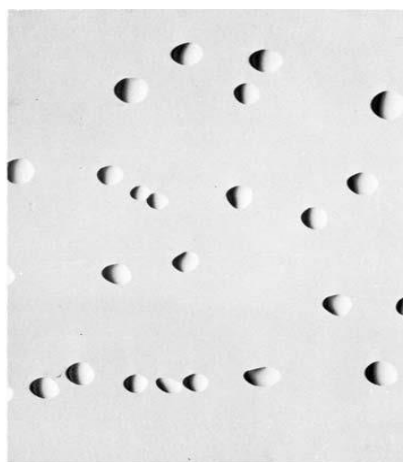
9. Ensayo de niebla salina

Tras las horas de ensayo de cámara de niebla salada se realiza una inspección visual en la cual se puede observar ampollamiento del barniz y/o penetración de agua.

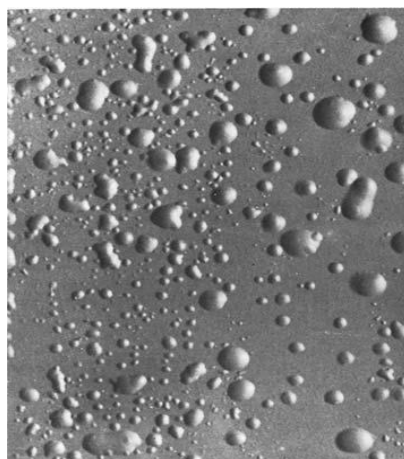
Para el ampollamiento la norma ASTM D714 indica estándares de referencia fotográficos para ilustrar dos características de formación de ampollas: el tamaño y la frecuencia, mostrados en la figura 9.1. El tamaño de la ampolla va en una escala numérica de 10 - 0, en los que el nº10 representa sin ampollas. Nº 8 representa la ampolla de tamaño más pequeño fácilmente visto por el ojo. Los números 6, 4 y 2 representan progresivamente tamaños más grandes. En cuanto a la frecuencia la referencia ha sido seleccionada por cuatro medidas:



Poco (P)



Medio (M)



Medio Denso (MD)



Denso (D)

Figura 9.1. Frecuencia de Ampollamiento
Fuente: Norma ASTM D714

Según lo anterior se realizó la inspección de las probetas con una y dos capas ensayadas a radiación UVA con equivalencia de 6 meses que luego se expusieron a cámara de niebla salina QFog durante 300hrs (figura 9.2), obteniendo para ambas capas ninguna frecuencia de ampollamiento ni penetración de agua, resultados detallados en la tabla 9.1.



Figura 9.2 Probetas en cámara de niebla salina
Fuente: Elaboración propia, 2014

Tabla 9.1 Barniz de Poliestireno Expandido sometido 300hrs a niebla salina.

1 capa		Radiación UVA 6 meses + Qfog 300hrs		2 capas		Radiación UVA 6 meses + Qfog 300hrs	
Nº Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº Probeta	Ampollamiento
63 A	No presenta	No presenta	42 A	No presenta	No presenta	42 A	No presenta
71 B	No presenta	No presenta	82 A	No presenta	No presenta	82 A	No presenta
71 A	No presenta	No presenta	82 B	No presenta	No presenta	82 B	No presenta
73 A	No presenta	No presenta	89 A	No presenta	No presenta	89 A	No presenta
78 A	No presenta	No presenta	89 B	No presenta	No presenta	89 B	No presenta

Fuente: Elaboración propia, 2014

Las probetas ensayadas en cámara de niebla salina durante 300hrs, previo sometimiento a radiación ultravioleta tipo A en un tiempo equivalente a 8 meses, se obtuvo para el total de 10 probetas, la mitad de ellas recubiertas con una capa y la otra con dos, nula presencia de ampollamiento y penetración de agua, como se describe en la tabla 9.2.

Tabla 9.2 Barniz de Poliestireno Expandido sometido 300hrs a niebla salina

1 capa		Radiación UVA 8 meses + Qfog 300hrs		2 capas		Radiación UVA 8 meses + QFog 300hrs	
Nº Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº Probeta	Ampollamiento
51 B	No presenta	No presenta	27 B	No presenta	No presenta	27 B	No presenta
57 B	No presenta	No presenta	28 B	No presenta	No presenta	28 B	No presenta
68 B	No presenta	No presenta	30 B	No presenta	No presenta	30 B	No presenta
83 B	No presenta	No presenta	34 B	No presenta	No presenta	34 B	No presenta
86 B	No presenta	No presenta	39 B	No presenta	No presenta	39 B	No presenta

Fuente: Elaboración propia, 2014

La tabla 9.3 muestra los resultados obtenidos tras el ensayo en cámara de radiación UVA simulando 12 meses de envejecimiento, para luego ser sometida a 300hrs de corrosión acelerada, estos resultados son auspiciosos ya que ninguna de las probetas presento ampollamiento ni penetración de agua.

Tabla 9.3 Barniz de Poliéstireno Expandido sometido cámara de niebla salina 300hrs.

1 capa		Radiación UVA 12 meses + Qfog 300hrs		2 capas		Radiación UVA 12 meses + Qfog 300hrs	
Nº	Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº	Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua
51 A		No presenta	No presenta	27 A		No presenta	No presenta
57 A		No presenta	No presenta	28 A		No presenta	No presenta
68 A		No presenta	No presenta	30 A		No presenta	No presenta
83 A		No presenta	No presenta	34 A		No presenta	No presenta
86 A		No presenta	No presenta	39 A		No presenta	No presenta

Fuente: Elaboración propia, 2014

Para ilustrar el resultado de los ensayos mencionados la figura 9.3 muestra la probeta sin penetración de agua ni ampollamiento tras ser sometidas a 300hrs en cámara de niebla salina.



Figura 9.3 Probeta con barniz de poliéstireno expandido

Fuente: Elaboración propia, 2014

Las probetas con recubrimiento de barniz marino luego de someterse a envejecimiento acelerado equivalente a 6 meses de radiación UVA y 300hrs de niebla salina presentan penetración de agua pero no ampollamiento tanto para las probetas que poseen una y dos capas, como se aprecia en la tabla 9.4.

Tabla 9.4 Barniz Marino sometido 300hrs a niebla salina

1 capa		Radiación UVA 6 meses + Qfog 300hrs		2 capas		Radiación UVA 6 meses + Qfog 300hrs	
Nº	Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº	Probeta	Ampollamiento	Penetración de agua
13 A		No presenta	Presenta	21 A		No presenta	Estado inicial
29 A		No presenta	Presenta	21 B		No presenta	Presenta
69 A		No presenta	Presenta	43 A		No presenta	Presenta
74 A		No presenta	Estado inicial	48 B		No presenta	Presenta
74 B		No presenta	Presenta	54 B		No presenta	Estado inicial

Fuente: Elaboración propia, 2014

Para 8 y 12 meses simulados de radiación ultravioleta tipo A y 300hrs de corrosión acelerada se establece para ambos períodos nula frecuencia de ampollamiento, pero es visible la penetración de agua a la madera, detalle ilustrado en tabla 9.5 y 9.6 respetivamente.

Tabla 9.5 Barniz Marino sometido 300hrs a niebla salina

1 capa		Radiación UVA 8 meses + Qfog 300hrs		2 capas		Radiación UVA 8 meses + Qfog 300hrs	
Nº	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº	Ampollamiento
Probeta			Probeta			Probeta	
25 A	No presenta	Presenta	2 A	No presenta	Estado inicial		
26 A	No presenta	Presenta	8 A	No presenta	Presenta		
46 A	No presenta	Estado inicial	9 A	No presenta	Presenta		
47 A	No presenta	Presenta	10 A	No presenta	Estado inicial		
49 A	No presenta	Presenta	16 A	No presenta	Presenta		

Fuente: Elaboración propia, 2014

Tabla 9.6 Barniz Marino sometido 300hrs a niebla salina

1 capa		Radiación UVA 12 meses + Qfog 300hrs		2 capas		Radiación UVA 12 meses + Qfog 300hrs	
Nº	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº	Ampollamiento	Penetración de agua	Nº	Ampollamiento
Probeta			Probeta			Probeta	
25 B	No presenta	Presenta	2 B	No presenta	Presenta		
26 B	No presenta	Presenta	8 B	No presenta	Estado inicial		
46 B	No presenta	Presenta	9 B	No presenta	Estado inicial		
47 B	No presenta	Presenta	10 B	No presenta	Presenta		
49 B	No presenta	Estado inicial	16 B	No presenta	Presenta		

Fuente: Elaboración propia, 2014

En la figura 9.4 se aprecia cambio de color tras envejecimiento, siendo el costado derecho protegido de la radiación y en el mismo se aprecia penetración de agua luego de 300hrs en cámara de niebla salina. Se observa además la presencia de hongos sobre la capa de barniz.



Figura 9.4 Probeta recubierta con barniz marino

Fuente: Elaboración propia, 2014

10. Conclusiones y Futuras Investigaciones

10.1. Conclusiones

La utilización del poliestireno expandido en distintos ámbitos de la industria como la elaboración de moldes para transporte de objetos, aislaciones acústicas entre otros, han generado una importante cantidad de residuos los cuales por su composición tardan cientos de años en degradarse, debido a esto y basado en estudios anteriores se propuso en esta investigación la utilización del poliestireno expandido reciclado para confección de un barniz que proteja a la madera ante agentes abióticos. Esta investigación proporcionó además de resultados prometedores ante agentes relacionados con la intemperie, reutilizar los desechos de poliestireno expandido consiguiendo colaborar con el reciclado y por el soluto utilizado ser más amigable con el medio ambiente y las personas.

El barniz de poliestireno expandido se diluyó para realizar una imprimación que otorgue mejor adherencia de la primera capa de barniz al sustrato, se consiguió diluyéndolo en un 40% para ello se separaron 750cc del barniz y se le agrego 300cc de limoneno, con este porcentaje se consiguió la absorción del barniz diluido en la madera. El barniz elaborado presentó mejores características que el barniz marino con el cual se comparó, entre ellas encontramos el secado al tacto y secado total de la capa, el sellado de aristas, la resistencia en ambiente salino.

En cuanto al envejecimiento acelerado, la resistencia de los barnices con dos capas de aplicación obtuvieron mayor resistencia que la aplicación en una capa, lo cual era esperado. El barniz de poliestireno expandido con dos capas de aplicación presentó menor pérdida de brillo que el barniz marino en todos los periodos ensayados. Para el periodo de 6 meses fue un 11% y para los periodos de 8 y 12 meses resulto un 10% inferior. Al analizar los gráficos entregados por el espectrofotómetro indicaron que para ambos barnices cambió el color tendiendo a aumentar el parámetro "a" y "b" de las coordenadas CIELAB, siendo mayor el cambio de color en los barnices con una capa de aplicación.

Con respecto al ensayo de corrosión en ambiente salino, se determina que el barniz de poliestireno expandido se comportó de forma positiva en relación el barniz marino de origen comercial, para el tiempo de ensayo de 300 hrs. El 100% de las probetas recubiertas con barniz de poliestireno expandido en una y dos capas no presentó penetración de agua ni ampollamiento, mientras que del total de las probetas con aplicación de barniz marino en una y dos capas el 70% resultaron con penetración de agua y el 30% restante se encontraba en estado inicial de penetración de agua (solo en algunas aristas) y en el 100% no se observó ampollamiento. Además el barniz marino presentó formación de hongos lo que corresponde a un nuevo parámetro que se puede considerar para futuras investigaciones.

Para el envejecimiento acelerado el análisis comparativo de los resultados obtenidos en laboratorio de los dos tipos de barnices, arrojaron que en un mismo período de tiempo el barniz marino envejece con mayor rapidez que el barniz de poliestireno expandido. Para el análisis del ensayo de corrosión acelerada, se determina que el barniz de poliestireno expandido resiste las condiciones del ensayo.

Por los resultados obtenidos se establece que el barniz de poliestireno expandido aplicado en dos capas sometido a radiación ultravioleta tipo A y acción de sales presentó resultados satisfactorios, por lo que se puede inferir que evitará el desfibrado de la madera. Por la investigación efectuada y

analizados sus resultados se recomienda el mantenimiento del barniz de poliestireno expandido en un periodo de 8 a 12 meses para que el recubrimiento se mantenga sin mayor degradación por los agentes abióticos que se presentan en la intemperie.

10.2. Futuras investigaciones

- Se recomienda realizar estos ensayos aplicando en la formulación del barniz de poliestireno expandido pigmentos que otorguen acabado mate y protección UVA.
- Determinar el comportamiento del barniz en condiciones reales.
- Probar el barniz en sustratos metálicos para determinar su adherencia y capacidad de impedir la corrosión.

11. Bibliografía

Altamirano, P.A.M., 2009. *Daños que provoca al dióxido de carbono (CO₂), en las pinturas de exterior*. Valparaíso, Chile: Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor, Universidad de Valparaíso.

ANAPE, 2003. *Libro blanco del EPS*. Eumers.

BASF, 2014. *Ficha poliestireno expandido basf*. [Online] Available at: www.basf.cl [Accessed 16 Abril 2014].

Blanchette, R., Held, B. & Farrell, R., 2002. *Defibración de madera en la expedición huso de antártica: un proceso de deterioro inusual que ocurre en el ambiente polar*. *Polar Record*, Vol. 38 n° 207, pp. 313-322.

Bootle, K., 1983. *Wood in australia: types, properties, and uses*. New York; McGraw Hill.

Cárcamo, M.P., 2013. *Proposición de un impermeabilizante de poliestireno expandido reciclado aplicado a tableros de madera*. Valparaíso, Chile: Tesis para optar al título de Ingeniero en Construcción, Universidad de Valparaíso.

Carrillo, B.J.G. et al., 2013. Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado. *Revista Colombiana de Materiales N5.*, pp. 15-20.

Castillo, M.M. & Erdoiza, S.J., 1995. Acabados para madera en exteriores. *Madera y Bosques*, 1 (2) 9-22. *Redalyc.org*.

Cogollo, M., 2003. Barnices y Esmaltes de Poliuretano: Tecnología, Economía y Ecología. *Muebles y Madera*, pp. 70 -73.

Conafor, 2010. *Manual para la protección contra el deterioro de la madera*. [Online] Mexico.

Corma, 2007. *Patologías y protección de la madera en servicio*. [Online] Santiago, Chile.

Esinal ediciones, S.L., 1998. *Barnizado encolado del mueble*. [Online] Available at: <http://www.barnizadoencoladomueble.com/presentacion/> [Accessed 2 Abril 2015].

Farrell, R., 2007. *Scientific evaluation of deterioration of historic huso of Ross Island, Antarctica*. *New Zealand Science Teacher*, vol 114, pp 12-14.

Fengel, D., 1984. *Apuntes sobre la Composición química de la madera*. Pinar del Rio, Cuba.

GalvInfo Center, 2007. *Ensayo de niebla salina*. Note 3.4.

Gracia, F.J., 2009. *Barniz y adhesivo mediante utilización de unicel*. [Online] Mexico.

Guindeo, C.A., 2002. *La madera como materia prima y su transformación industrial*. Madrid, España: Catedrático de Tecnología de la Madera Universidad Politécnica de Madrid.

Jackson, A. & Day, D., 1993. *Manual Completo de la Madera, la Carpintería y la Ebanistería*. Madrid: Ediciones del Prado.

Johnson, B., 1992. *Effect of salt water*.

Johnson, B..I.R..B.A., 1992. *Effect of salt water evaporation on tracheid separation from wood surfaces*. *Forest products Journal*, Vol. 42 n° 7/8, pp. 57-59.

Kauman, W.G., 1996. El panorama a nivel mundial de la investigación en productos forestales. Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. pp.51-68.

Kucerová, I..O.M..F.J..K.M..M.A., 2008. *Defibring of historical roof beam caused by ammonium sulphate and ammonium phosphates based fire retardants*. THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON wood science for preservation of cultural heritage: mechanical and biological factors: 5-7 november. Braga, Portugal.

López, R.D., Tangarife Zapata, M.A. & Rhenals Montoya, P., 2013. *Tratamientos de residuos de poliestireno expandido utilizando solventes verdes*. Medellín, Colombia: Facultad de IQ; Universidad Pontificia Bolivariana.

Macrogalleria, 1996. *Macrogalleria, los polímeros*. [Online] Available at: <http://pslc.ws/spanish/styrene.htm> [Accessed 26 April 2014].

Macromol, 2014. [Online] Available at: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso13-14/poliestireno/principal.html> [Accessed 26 April 2014].

Marx-Figini, M., 1964. *Apuntes sobre la Composición química de la madera*. Pinar del Rio, Cuba.

Mora, N. & Enzinas, O., 2006. Biodegradación de maderas. Latinoamericana. Universidad de los Andes.

Navarrete, H., 2012. *Identificación de hongos de pudrición y determinación de los procesos de degradación en las maderas aisladas de las oficinas salitreras de Humberstone y Santa Laura*.

Nuñez, C.E., 2004. PROCYP. Universidad Nacional de Misiones- Argentina.

Odian, G.P.o.P.3.e.J.W.&.S.N.Y.1., 2015. ARQUBA.COM. [Online] Available at: <http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/polimeros-plasticos/> [Accessed 15 MARZO 2015].

Ortiz, R., 2013. *Desfibrilización de maderas obtenidas desde las oficinas Salitreras de Humberstone y Santa Laura en Chile*.

Parameswaran, N., 1981. *Micromorphology of spruce timber after long-term service in a potash store house*. *Holz and Roh and Werkstoff*, Vol 39, pp 149 - 156.

Q-LAB, 2014. [Online] Available at: <http://www.q-lab.com/es-es/> [Accessed 14 Junio 2014].

Rodríguez, J., 1998. *Patología de la madera*. Fundación del Valle de Salazar. España. 349p: Mundial Prensa.

Rodríguez, R..F.F., 2003. Factores que intervienen en el proceso de envejecimiento de la madera. *Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 9(1): 95-100.

Tamarit, U.J.C., Borja, A., Flores, V.R. & Corona, A.A., 2002. Vida útil de dos barnices pra exteriores mediante intemperismo artificial en medera de aile, pino y encino. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, pp.83-90.

Temas de Química sustentable, 2011. *Potencial de utilización de d-limoneno como solvente de reemplazo de solventes orgánicos peligrosos y como intermediario en transformaciones a productos útiles*. [Online] Available at: <http://es.scribd.com/doc/185594067/Limoneno-y-Proyectos-Posibles>.

Velez, M.R., 1965. *Pinturas y barnices para la madera*. Madrid, España. 63pp: CTBA, AITIM. cuadero No. 61.

ANEXO 1

En este anexo se encuentran las tablas que registran los resultados de los distintos cálculos efectuados para llevar a cabo este estudio además de resultados de las mediciones y ensayos efectuados a las probetas.

1. Determinaciones previas a los ensayos.

1.1. De terminación de las equivalencias de radiación UVA.

En la tabla A.1 se muestra la sumatoria de meses móviles para los períodos de 6, 8 y 12 meses en donde obtienen la máxima radiación para esos períodos.

Tabla A.1: sumatoria de períodos de meses móviles

Sumatoria de meses en mW/Cm ²			
Períodos	6 Meses	8 Meses	12 Meses
1	21834	26347	44327
2	16784	22808	43995
3	14036	22766	43704
4	13758	24970	44012
5	16402	25652	44629
6	20537	30512	44620
7	22493	34181	44946
8	27211	36278	44809
9	29668	36957	44919
10	30254	35295	45186
11	28227	31703	45348
12	24083	27573	44828
13	22453	26939	48662
14	17598	23999	48610
15	15251	24410	47915
16	14932	25786	48288
17	17121	29685	48122
18	20745	34502	48161
19	26209	37150	47839
20	31012	39757	47655
21	32664	40160	47268
22	33356	38270	47412
23	31001	34194	47128
24	27416	30400	47747
25	21630	25545	46854
26	16643	22801	46860
27	14604	23623	46812
28	14056	25245	47499
29	16127	28417	47170

30	20331	33201	46684
31	25224	36123	46823
32	30217	39601	46776
33	32208	40062	46725
34	33443	37542	46553
35	31043	33889	46718
36	26353	29429	46620
37	21599	25416	47770
38	16559	22494	47804
39	14517	23529	48197
40	13110	24366	46924
41	15675	29017	47208
42	20267	34321	47814
43	26171	37497	47808
44	31245	39749	48038
45	33680	40545	48697
46	33814	38803	48497
47	31533	34979	48664
48	27547	30847	48917
49	21637	26343	47974
50	16793	23187	Máx: 48917
51	15017	23996	
52	14683	26359	
53	17131	29783	
54	21370	Máx: 40545	
55	26337		
	Máx: 33814		

Fuente: Elaboración propia, 2014

1.2. Determinación de la humedad

En la tabla A.2 se registran los porcentajes de humedad de todas las probetas que se utilizaran en los ensayos, fluctuando la humedad entre un 10% a un 14% encontrándose en estado seco.

Tabla A.2: Humedad de las probetas

Nº Probetas	% Humedad	Nº Probetas	% Humedad	Nº Probetas	% Humedad	Nº Probetas	% Humedad	Nº Probetas	% Humedad
2 A	10	28 B	10	47 A	14	70 B	13	85 A	13
2 B	10	29 A	13	47 B	14	71 A	11	85 B	13
8 A	10	29 B	13	48 A	10	71 B	11	86 A	14
8 B	10	30 A	10	48 B	10	72 A	11	86 B	14
9 A	10	30 B	10	49 A	14	72 B	11	89 A	10
9 B	10	34 A	10	49 B	14	73 A	11	89 B	10
10 A	10	34 B	10	51 A	14	73 B	11	90 A	14
10 B	10	35 A	10	51 B	14	74 A	13	90 B	14
13 A	13	35 B	10	52 A	13	74 B	13	91 A	13
13 B	13	36 A	10	52 B	13	77 A	11	91 B	13
16 A	10	36 B	10	54 A	10	77 B	11	92 A	11
16 B	10	37 A	10	54 B	10	78 A	11	92 B	11
21 A	10	37 B	10	57 A	14	78 B	11	93 A	13
21 B	10	39 A	10	57 B	14	79 A	10	93 B	13
23 A	13	39 B	10	63 A	10	79 B	10	94 A	12
23 B	13	42 A	10	63 B	10	81 A	10	94 B	12
25 A	14	42 B	10	66 A	11	81 B	10	95 A	13
25 B	14	43 A	10	66 B	11	82 A	14	95 B	13
26 A	14	43 B	10	68 A	14	82 B	14	96 A	12
26 B	14	44 A	10	68 B	14	83 A	14	96 B	12
27 A	10	44 B	10	69 A	13	83 B	14	97 A	12
27 B	10	46 A	14	69 B	13	84 A	13	97 B	12
28 A	10	46 B	14	70 A	13	84 B	13	98 B	11

Fuente: Elaboración propia, 2014

1.3. Pesos probetas con barniz de poliestireno expandido

Los pesos de las tablas A.3 y A.4, corresponden a probetas de barniz de poliestireno expandido con recubrimiento y previo a su aplicación, se puede encontrar al final de cada tabla los gramos de barniz por cm².

Tabla A.3: Barniz de Poliéstireno 1 capa

1 capa	Peso (grs)	Peso (grs)	Diferencia
Nº Probeta	S/Barniz	C/Barniz	(grs)
51 A	94,9	99,9	5,0
51 B	95,7	100,8	5,1
57 A	87,4	91,7	4,3
57 B	81,2	85,4	4,2
68 A	83,5	87,2	3,7
68 B	79,9	83,7	3,8
83 A	81,2	84,9	3,7
83 B	78	81,8	3,8
86 A	79,6	83,7	4,1
86 B	79,1	83,2	4,1
71 A	86,6	90,6	4,0
71 B	91,2	95,5	4,3
63 A	86,1	90,6	4,5
73 A	76,4	80,3	3,9
78 A	82,4	86,6	4,2
Promedio			4,18
Σ superficie probetas (cm ²)			337,5
grs de barniz por cm ² (grs/cm ²)			0,012

Tabla A.4: Barniz de Poliéstireno dos capas

2 capas	Peso (grs)	Peso (grs)	Diferencia
Nº Probeta	S/Barniz	C/Barniz	(grs)
27 A	88,9	93,1	4,2
27 B	80,1	84,2	4,1
28 A	83,1	87,3	4,2
28 B	96,5	100,6	4,1
30 A	82,6	86,7	4,1
30 B	86,1	90,4	4,3
34 A	80,8	85,9	5,1
34 B	76,6	81,7	5,1
39 A	81,4	87,6	6,2
39 B	82,9	89,2	6,3
42 A	75,9	80,8	4,9
82 A	81,6	86,1	4,5
82 B	83,4	88,3	4,9
89 A	91,2	95,7	4,5
89 B	78,3	83,3	5,0
Promedio			4,77
Σ superficie probetas (cm ²)			337,5
grs de barniz por cm ² (grs/cm ²)			0,014

Fuente: Elaboración propia, 2014

1.4. Pesos de probetas con barniz marino

En las tablas A.5 y A.6, se registran los pesos de las probetas sin recubrimiento y con recubrimiento de barniz marino, al final de cada tabla se encuentran los gramos de barniz por cm².

Tabla A.5: Barniz Marino 1 capa

1 capa	Peso (grs)	Peso (grs)	Diferencia
Nº Probeta	S/Barniz	C/Barniz	(grs)
46 A	79,8	82,4	2,6
46 B	80,7	83,5	2,8
25 A	77,1	79,7	2,6
25 B	80,6	83,3	2,7
26 A	79,6	81,5	1,9
26 B	76,5	78,4	1,9
47 A	83,3	85,7	2,4
47 B	87	89,5	2,5
49 A	90,4	92,3	1,9
49 B	88,4	90,2	1,8
13 A	87,6	89,9	2,3
29 A	87,4	89,5	2,1
74 A	79,8	81,6	1,8
74 B	78,4	80,7	2,3
69 A	79,2	81,3	2,1
Promedio			2,2
Σ superficie probetas (cm ²)			337,5
grs de barniz por cm ² (grs/cm ²)			0,007

Tabla A.6: Barniz marino 2 capas

2 capa	Peso	Peso	Diferencia
Nº Probeta	S/Barniz	C/Barniz	(grs)
8 A	78,8	82,1	3,3
8 B	79,7	83,1	3,4
9 A	86,2	89,3	3,1
9 B	88,4	91,4	3,0
10 A	91,2	94	2,8
10 B	86,9	89,8	2,9
16 A	82,9	86,2	3,3
16 B	86,8	90	3,2
2 A	91,3	94,4	3,1
2 B	88,6	91,4	2,8
21 A	79,4	82	2,6
21 B	80,5	83,7	3,2
43 A	76,4	79,8	3,4
48 B	82,1	85,2	3,1
54 B	91,7	94,5	2,8
Promedio			3,1
Σ superficie probetas (cm ²)			337,5
grs de barniz por cm ² (grs/cm ²)			0,009

Fuente: Elaboración propia, 2014

1.5. Determinación del brillo de las probetas barnizadas

En la tabla A.7 y A.8 se presentan los porcentajes de brillo para las probetas con aplicación de una y dos capas de barniz de poliestireno expandido y barniz marino en todos los tres períodos de ensayo. Se encuentran los brillos iniciales, los brillos tras el período de envejecimiento y la diferencia en porcentaje de ellos.

Tabla A.7: Brillo Barniz de Poliestireno Expandido expuesto a radiación UVA

1 capa	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)	2 capas	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)	
Nº Probeta	Inicial	6 Meses	(%)	(%)	Nº Probeta	Inicial	6 Meses	(%)	(%)	
63 A	49	47	4,1		42 A	96	88	8,2		
71 A	50	38	24		82 A	92	87	5,0		
71 B	46	38	17,4		82 B	96	84	12,5		
73 A	56	50	10,7		89 A	87,4	81	7,3		
78 A	57	55	3,5		89 B	90,2	79	12,4		
Promedio			13,9		Promedio			9,1		

1 capa	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)	2 capas	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)
Nº Probeta	Inicial	8 Meses	(%)	(%)	Nº Probeta	Inicial	8 Meses	(%)	(%)
51 B	50	40	20		27 B	65	67,4		3,7
57 B	55	35,3	35,8		28 B	65	63,6	2,2	
68 B	50	50,7		1,4	30 B	80	72,8	9,0	
83 B	65	54,9	15,5		34 B	65	61,4	5,5	
86 B	74	70,8	4,3		39 B	80	61,6	23	
Promedio			18,9	1,4	Promedio			9,9	3,7
1 capa	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)	2 capas	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)
Nº Probeta	Inicial	12 Meses	(%)	(%)	Nº Probeta	Inicial	12 Meses	(%)	(%)
51 A	60	63,5		5,8	27 A	57	61		7,0
57 A	55	30,5	44,5		28 A	65	45	30,8	
68 A	52	55,5		6,7	30 A	80	76	5,0	
83 A	65	50	23,1		34 A	65	57,1	12,2	
86 A	74	59,7	19,3		39 A	80	73,2	8,5	
Promedio			29,0	6,3	Promedio			14,1	7,0

Fuente: Elaboración propia, 2014

Tabla A.8: Brillo Barniz Marino expuesto a radiación UVA.

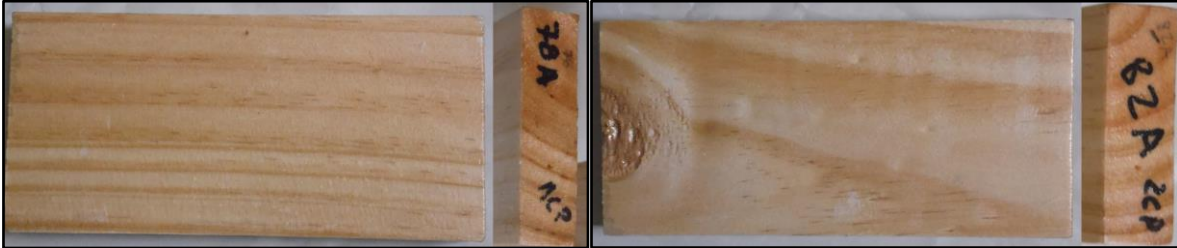
1 capa	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)	2 capas	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)
Nº Probeta	Inicial	6 Meses	(%)	(%)	Nº Probeta	Inicial	6 meses	(%)	(%)
13 A	17	16	5,9		21 A	68,9	56	18,7	
29 A	25	20	20,0		21 B	65	55	15,4	
69 A	28	21	25,0		43 A	61	50	18,3	
74 A	15	12	20,0		48 B	80	54	32,5	
74 B	15,7	7	55,4		54 B	79,7	68	14,7	
Promedio			25,3		Promedio			19,9	
1 capa	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)	2 capas	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)
Nº Probeta	Inicial	8 Meses	(%)	(%)	Nº Probeta	Inicial	8 Meses	(%)	(%)
25 A	22,3	15	32,7		2 A	92	70	23,9	
26 A	35	18	48,6		8 A	80	66	17,5	
46 A	21,3	23		8,0	9 A	90	78	13,3	
47 A	30	28	6,7		10 A	67	43	35,8	
49 A	25,5	22	13,7		16 A	83	64,7	22,0	
Promedio			25,4	8,0	Promedio			22,5	

1 capa	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)	2 capas	(%) Brillo	(%) Brillo	(-)	(+)
Nº Probeta	Inicial	12 Meses	(%)	(%)	Nº Probeta	Inicial	12 Meses	(%)	(%)
25 B	18	12,6	30,0		2 B	89	70	21,3	
26 B	12	8	33,3		8 B	65	52	19,8	
46 B	30	25	16,7		9 B	94	55	41,4	
47 B	29	21,1	27,2		10 B	81,7	67	18,0	
49 B	25	18	28,0		16 B	88	70	20,2	
Promedio			27,0		Promedio			24,1	

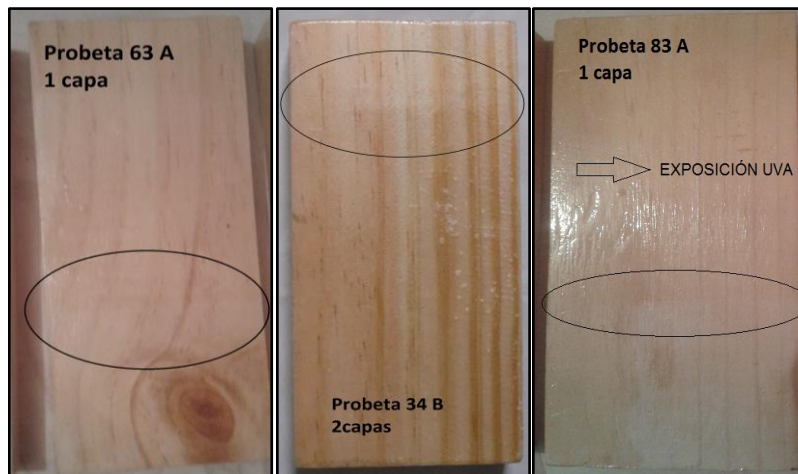
Fuente: Elaboración propia, 2014

Anexo 2

En este anexo se presentarán algunas de las imágenes obtenidas del proceso de esta investigación las cuales se consideran relevantes para ilustrar el desarrollo de la misma.



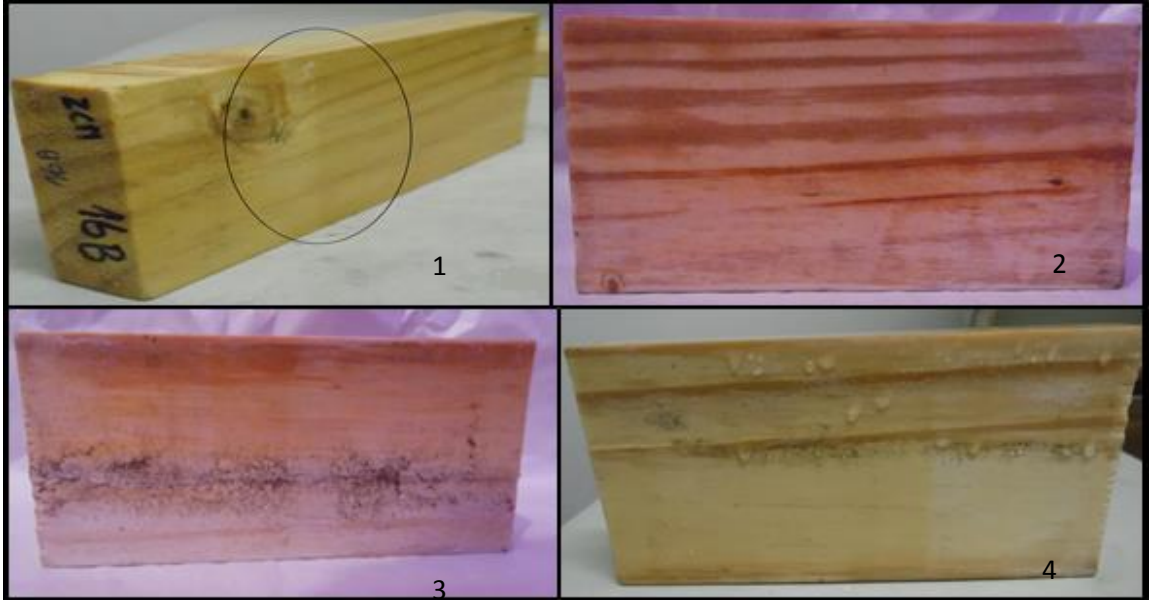
Probetas con recubrimiento de barniz de poliestireno expandido 1 capa y 2 capas



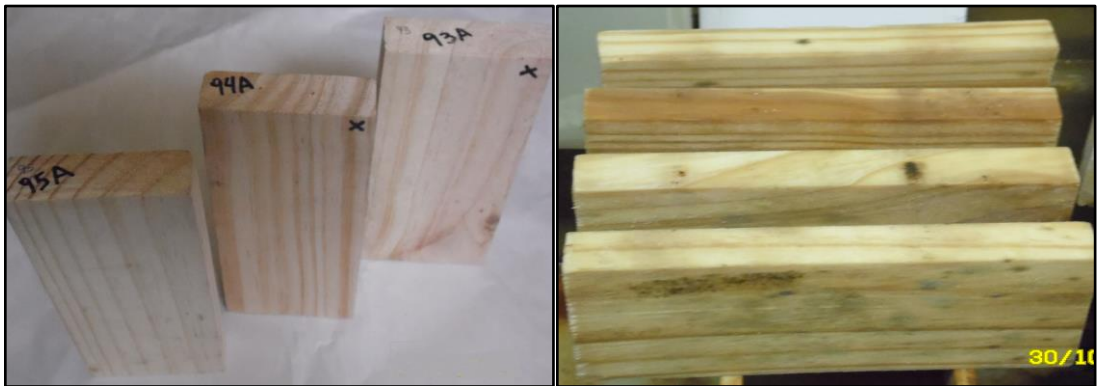
Probetas con barniz de poliestireno expandido, ensayo envejecimiento acelerado equivalente a 6, 8 y 12 meses. Se aprecia el cambio de color tras envejecimiento. No hay penetración de agua luego de 300 hrs en cámara de niebla salina.



Probetas recubiertas con barniz marino 1 y 2 capas.



Probetas recubiertas con barniz marino, en 1 se aprecia cambio de color tras envejecimiento acelerado, en 2 se observa penetración de agua transcurrido 200hrs en cámara de niebla salina, en 3 y 4 luego de 300hrs de ensayo se ve formación de hongos y penetración de agua.



Probetas de control previo y posterior a ensayos de envejecimiento y corrosión acelerados, se observa posterior al envejecimiento y corrosión acelerados formación de hongos.