

**Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y  
Naturales. Secretaría de Investigación y Postgrado. Maestrías en Madera,  
Celulosa y Papel**

*Maestrando*  
**Daniel Rizzolo**

## **Resistencia a la intemperie de pinturas para maderas de la provincia de Misiones**

**Tesis de Maestría presentada para obtener el título de “Magíster en  
Ciencias de la Madera, Celulosa y Papel”  
OTM**

*Director*  
**Dr. Osear Albani**

*Co-Director*  
**Dr. Carlos Schvezov**

**Posadas, 2007**



Esta obra está licenciada bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES**

**RESISTENCIA A LA INTEMPERIE DE PINTURAS PARA  
MADERAS EN LA PROVINCIA DE MISIONES**

**DANIEL RIZZOLO**

**Tesis Presentada a la  
Universidad Nacional de  
Misiones como exigencia  
parcial de la Maestría en  
Ciencias de Madera,  
Celulosa y Papel  
(Orientación Tecnología  
de la Madera)**

**Director: Dr. Oscar Albani  
Co Director: Dr. Carlos Schvezov**

**2007**

## RESUMEN

El objetivo del trabajo es determinar el comportamiento de distintas formulaciones de pinturas aplicadas sobre madera de *Pinus elliottii*, impregnada con el preservante arseniato de cobre cromatado (CCA), al ser expuestas al clima de Misiones; seleccionándose finalmente las formulaciones de mejor desempeño. Para los ensayos se seleccionaron tres polímeros, tres niveles de concentración volumétrica de pigmento (comúnmente llamado PVC, del inglés pigment volumetric concentration) y tres tipos de pigmentos; resultando así 27 pinturas que se aplicaron sobre 135 probetas de madera. Seguidamente, 54 se colocaron en exposición real, 54 en un equipo simulador de intemperie y 27 se conservaron en laboratorio como control. El ensayo duró un año real en horas de exposición, incluyendo dos veranos, dado que se compensó el tiempo en que las muestras fueron retiradas para las lecturas trimestrales de datos. Para las pruebas de intemperismo acelerado se construyó un equipo siguiendo la norma ASTM G53, el cual posee dos ciclos. El primero es de radiación UV, con temperaturas que rondan los 60 °C a 80 °C. El segundo de humedad, con temperaturas en la bandeja de agua entre 50 °C y 60 °C, lo que provoca condensación de humedad en la superficie de las probetas. Se midieron color y blancura (brightness, solo en los esquemas blancos) y se hicieron los demás ensayos especificados en la norma IRAM 1023. Con los datos de color y blancura se realizó un análisis de varianza del corrimiento en el tiempo en cada esquema, para obtener conclusiones de durabilidad de las pinturas frente a los factores climáticos. Los resultados indican que la fórmula consistente en resina Alquídica, PVC 15, de color Blanco presenta el mejor comportamiento. Las fórmulas de resinas Alquídicas de color Azul y Rojo Óxido fueron las de peor desempeño, en este campo tanto formulaciones con resinas Acrílicas y estireno Acrílicas en dispersión acuosa fueron mejores y tuvieron comportamiento parejo entre si. Las fórmulas de Acrílicos presentaron mayor resistencia a las condiciones climáticas manteniendo las propiedades a PVC más alto que las Estireno Acrílicas. Las Estireno Acrílicas presentaron mejor solidez de

color y propiedad de auto limpieza. Considerando los resultados del estudio, para pinturas a base de dispersión de polímeros acrílicos y estireno acrílicos, se considera apropiado un contenido de PVC entre 15 y 30.

# **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XII</b>
<b>LISTADO DE ABREVIATURAS</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Panorama Económico	1
1.2 Justificación Del Proyecto	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Particulares	3
<b>CAPÍTULO 2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
2.1 Generalidades	4
2.2 Categorías De Riesgo	6
2.3 Productos Protectores	7
2.4 Definición De Pintura Y Sus Componentes	9
2.4.1 Pintura	9
2.4.2 Polímero	9
2.4.3 Pigmentos Y Cargas	9
2.4.3.1 Concentración Volumétrica De Pigmentos	10
2.4.4 Aditivos	11
2.4.5 Solventes	11
2.5 Deterioro De La Madera	11
2.6 Uso De Pinturas En Maderas Expuestas Al Exterior	13
2.7 2.6.1 Esmaltes Alquídicos De Secado Oxidativo	14
2.6.2 Látices	17
2.6.2.1 Dispersiones Acuosas de Polímeros Termoplásticos	19

<b>2.6.2.2 Mecanismo De Formación De Film</b>	<b>20</b>
<b>2.6.2.3 Consideraciones De Orden Práctico</b>	<b>22</b>
<b>2.7 Evaluación De La Resistencia A La Intemperie</b>	<b>23</b>
<b>2.7.1 Ensayos De Intemperismo Real</b>	<b>23</b>
<b>2.7.2 Ensayos De Intemperismo Artificial</b>	<b>24</b>
<b>CAPÍTULO 3: RELEVAMIENTO DE DEFECTOS DE VIVIENDAS DE MADERA</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Informe General</b>	<b>25</b>
<b>3.1.1 Apóstoles</b>	<b>25</b>
<b>3.1.2 San Javier</b>	<b>27</b>
<b>3.1.3 Guaraní</b>	<b>28</b>
<b>3.1.4 San Martín</b>	<b>30</b>
<b>3.1.5 Dos De Mayo</b>	<b>31</b>
<b>3.1.6 Eldorado</b>	<b>32</b>
<b>3.1.7 Zona Bonpland-Alem</b>	<b>32</b>
<b>3.1.8 Posadas</b>	<b>33</b>
<b>3.2 Resumen De Las Observaciones</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Conclusiones</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Introducción</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Preparación De Muestras</b>	<b>37</b>
<b>4.3 Materias Primas Utilizadas En La Elaboración De Las Pinturas</b>	<b>38</b>
<b>4.3.1 Polímeros</b>	<b>38</b>
<b>4.3.1.1 Resina Alquídica Al Solvente</b>	<b>38</b>
<b>4.3.1.2 Dispersión Acuosa Estireno Acrílica</b>	<b>38</b>

<b>4.3.1.3</b>	<b>Dispersión Acuosa Estireno Acrílica Elástica</b>	<b>39</b>
<b>4.3.1.4</b>	<b>Dispersión Acuosa Acrílica</b>	<b>39</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Pigmentos Y Cargas</b>	<b>40</b>
<b>4.3.2.1</b>	<b>Dióxido de Titanio</b>	<b>40</b>
<b>4.3.2.2</b>	<b>Óxido de Hierro Rojo</b>	<b>41</b>
<b>4.3.2.3</b>	<b>Azul de Ftalocianina</b>	<b>42</b>
<b>4.4</b>	<b>PVC</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>Cámara De Envejecimiento</b>	<b>47</b>
<b>4.6</b>	<b>Ensayos Realizados Y Presentación De La Información</b>	<b>49</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Lecturas De Color Y Brightness</b>	<b>49</b>
<b>4.6.1.1</b>	<b>Diferencias de Color</b>	<b>49</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Presentación De La Información</b>	<b>50</b>
<b>4.6.2.1</b>	<b>Resultados del ANOVA</b>	<b>50</b>
<b>4.6.2.2</b>	<b>Tabla de las Medias Cuadráticas Mínimas con 95.0 % Intervalo de Confianza Porcentual</b>	<b>51</b>
<b>4.6.2.3</b>	<b>Tabla de variación anual del color</b>	<b>51</b>
<b>4.6.2.4</b>	<b>Tablas con la apreciación del aspecto general de acuerdo a la norma IRAM 1023</b>	<b>51</b>
<b>4.7</b>	<b>Resultados De Las Pinturas Pigmentadas Con Dióxido De Titanio</b>	<b>52</b>
<b>4.7.1</b>	<b>Variación De Color En Intemperie Real</b>	<b>52</b>
<b>4.7.2</b>	<b>Variación De Color En Intemperie Acelerada</b>	<b>57</b>
<b>4.7.3</b>	<b>Comparación De Resultados De Ambos Métodos</b>	<b>59</b>
<b>4.7.4</b>	<b>Conclusiones De Los Ensayos De Color Para Las Pinturas Pigmentadas Con Dióxido De Titanio</b>	<b>60</b>
<b>4.7.4.1</b>	<b>Intemperie Real</b>	<b>60</b>
<b>4.7.4.2</b>	<b>Intemperie Artificial</b>	<b>60</b>
<b>4.7.4.3</b>	<b>Comparación de los Métodos de Envejecimiento</b>	<b>60</b>

<b>4.7.5 Variación de Luminosidad a Intemperie Real</b>	<b>61</b>
<b>4.7.6 Variación De Brightness En Intemperie Acelerada</b>	<b>66</b>
<b>4.7.7 Comparación De Los Métodos De Envejecimieto</b>	<b>67</b>
<b>4.7.8 Conclusiones Para Las Mediciones de Brightness</b>	<b>68</b>
<b>4.7.8 Resumen De Los Datos Obtenidos De Las Observaciones Realizadas Según Norma IRAM 1023</b>	<b>69</b>
<b>4.7.9 Conclusiones Generales De Las Fórmulas De Pinturas Pigmentadas Con Dióxido De Titanio</b>	<b>71</b>
<b>4.8 Resultados De Las Pinturas Pigmentadas Con Oxido De Hierro Rojo</b>	<b>72</b>
<b>4.8.1 Variación De Color A Intemperie Real</b>	<b>72</b>
<b>4.8.2 Variación De Color En Intemperie Artificial</b>	<b>77</b>
<b>4.8.3 Comparación De Los Métodos De Envejecimiento</b>	<b>81</b>
<b>4.8.4 Conclusiones De Los Ensayos De Color Para Las Pinturas Pigmentadas Con Óxido De Hierro</b>	<b>82</b>
<b>4.8.4.2 Intemperie Artificial</b>	<b>82</b>
<b>4.8.4.3 Comparación de Métodos</b>	<b>82</b>
<b>4.8.4 Resumen De Datos Obtenidos De Las Observaciones Realizadas Según Norma IRAM 1023</b>	<b>83</b>
<b>4.8.5 Conclusiones Generales De Las Pinturas Pigmentadas Con Óxido De Hierro Rojo</b>	<b>86</b>
<b>4.9 Resultados De Las Pinturas Pigmentadas Con Azul De Ftalocianina</b>	<b>87</b>
<b>4.9.1 Variación De Color A Intemperie Real</b>	<b>87</b>
<b>4.9.2 Variación De Color A Intemperie Artificial</b>	<b>92</b>
<b>4.9.3 Comparación De Los Métodos De Envejecimiento</b>	<b>96</b>
<b>4.9.4 Conclusiones De Los Ensayos De Color Para Las Pinturas Pigmentadas Con Azul De Ftalocianina</b>	<b>97</b>



<b>4.9.4.1 Intemperie Real</b>	<b>97</b>
<b>4.9.4.2 Intemperie Artificial</b>	<b>97</b>
<b>4.9.4.3 Comparación de Métodos</b>	<b>97</b>
<b>4.9.5 Resumen De Datos Obtenidos De Las Observaciones Realizadas Según Norma IRAM 1023</b>	<b>98</b>
<b>4.9.5 Conclusiones Generales De Las Fórmulas De Pinturas Pigmentadas Con Azul Ftalocianina</b>	<b>101</b>
<b>4.10 Aplicación En Campo De Los Resultados</b>	<b>102</b>
<b>4.10.1 Grupo 1</b>	<b>102</b>
<b>4.10.2 Grupo 2</b>	<b>105</b>
<b>4.10.3 Grupo 3</b>	<b>107</b>
<b>4.10.4 Grupo 4</b>	<b>108</b>
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES</b>	<b>110</b>
<b>5.1 Resultados Obtenidos Con Las Probetas</b>	<b>110</b>
<b>5.2 Resultados Obtenidos En La Aplicación En Campo</b>	<b>110</b>
<b>5.3 Recomendaciones</b>	<b>111</b>
<b>CAPÍTULO 6. REFERENCIAS</b>	<b>114</b>
<b>6.1 Referencias Bibliográficas</b>	<b>114</b>
<b>6.2 Bibliografía</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO A - Tablas con lecturas de color, intemperie real</b>	<b>117</b>
<b>A.1 Fórmulas con Dióxido de Titanio</b>	<b>117</b>
<b>A.2 Fórmulas con Óxido de Hierro</b>	<b>118</b>
<b>A.3 Fórmulas con Azul de Ftalocianina</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO B – Tablas con Lecturas de Color, Envejecedor</b>	<b>120</b>
<b>B.1 Fórmulas con Dióxido de Titánio</b>	<b>120</b>
<b>B.2 Fórmulas con Óxido de Hierro</b>	<b>121</b>
<b>B.2 Fórmulas con Azul de Ftalocianina</b>	<b>122</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>123</b>

## **LISTADO DE TABLAS**

<b>Tabla 2.1. Características de soluciones, coloides y dispersiones</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 4.1. Fórmula base para las pinturas acrílicas y estireno acrílicas</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 4.2. Fórmula base para las pinturas de resina alquídica</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 4.3. Fórmula del fondo estireno acrílico blanco</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 4.4. Fórmula del fondo alquídico blanco</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 4.5. Delta E para Blancos después de un año de exposición</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 4.6. Resumen del análisis</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 4.7. Análisis de variancia para Delta E12G</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 4.8. Análisis de Variancia para Delta E12G</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 4.9. Medias cuadráticas mínimas para Delta E12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 4.10. Valores trimestrales de Delta E</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 4.11. Delta E para Blancos después de tres mil horas de exposición</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 4.12. Resumen del análisis</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 4.13. Análisis de variancia para Delta E</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 4.14. Valores promedio de Delta E para los dos métodos</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 4.15. Resumen del análisis</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 4.16. Análisis de variancia para Delta BG12</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 4.17. Medias cuadráticas mínimas para Delta B12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 4.18. Valores trimestrales de Brightness</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 4.19. Pérdida promedio de Brighthness en intemperie real</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 4.20. Valores promedio de Brightness después de tres mil horas de exposición</b>	<b>66</b>
<b>Tabla 4.21. Variación de Brightness para los dos métodos</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 4.22. Tizado</b>	<b>69</b>

<b>Tabla 4.23. Cuarteado/Agrietado</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 4.24. Aspecto general</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 4.25. Delta E para Rojos después de un año de exposición</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 4.26. Resumen del análisis</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 4.27. Análisis de Variancia para Delta EG12</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 4.28. Medias cuadráticas mínimas para Delta E12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 4.29. Valores trimestrales de Delta E</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 4.30. Delta E para Rojos después de tres mil horas de exposición</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 4.31. Resumen del análisis</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 4.32. Análisis de variancia para Delta E</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 4.33. Medias cuadráticas mínimas para Delta E con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 4.34. Valores Promedio de Delta E para los dos métodos</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 4.35. Tizado</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 4.36. Cuarteado/Agrietado</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 4.37. Desprendimiento</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 4.38. Aspecto General</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 4.39. Delta E para Azules después de un año de exposición</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 4.40. Resumen del análisis</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 4.41. Análisis de variancia para Delta E</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 4.42. Medias cuadráticas mínimas para Delta E12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 4.43. Valores Trimestrales de Delta E</b>	<b>91</b>
<b>Tabla 4.44. Delta E para Azules después de tres mil horas de exposición</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 4.45. Resumen del análisis</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 4.46. Análisis de variancia para Delta E</b>	<b>93</b>

<b>Tabla 4.47. Medias cuadráticas mínimas para Delta B12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 4.48. Valores promedio de Delta E para los dos métodos</b>	<b>96</b>
<b>Tabla 4.49. Tizado</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 4.50. Desprendimiento</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 4.51. Cuarteado</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 4.52. Aspecto General</b>	<b>99</b>

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Capilares formados debido a que el PVC es superior al CPVC	11
<b>Figura 2.2.</b> Elementos agresivos, los factores que influyen y los efectos de deterioro provocados en la madera	12
<b>Figura 2.3.(a).</b> Coalescencia por fuerza capilar	21
<b>Figura 2.3.(b).</b> Coalescencia por tensión superficial	21
<b>Figura 3.1.</b> Apóstoles. Pared Este de vivienda sin repintar	25
<b>Figura 3.2.</b> Apóstoles. Pared norte repintada con esmalte alquídico	26
<b>Figura 3.3.</b> Apóstoles. Pared Este repintada con esmalte alquídico	26
<b>Figura 3.4.a.</b> San Javier. Pared sur pintada con esmalte alquídico	27
<b>Figura 3.4.b.</b> San Javier. Pared norte pintada con esmalte alquídico	27
<b>Figura 3.5.</b> Guaraní. Pared este pintada con látex	28
<b>Figura 3.6.</b> Guaraní. Pared norte después de alrededor de 3 años de exposición	29
<b>Figura 3.7.</b> Guaraní. Pared norte, con 4 años de exposición	29
<b>Figura 3.8.</b> San Martín. Pared Norte pintada con esmalte alquídico	30
<b>Figura 3.9.</b> Dos de Mayo. Pared Oeste pintada con esmalte alquídico	31
<b>Figura 3.10.</b> Dos de Mayo. Casilla de informes turísticos. Pared Oeste	31
<b>Figura 3.11.</b> Eldorado. Pared noreste pintada con esmalte alquídico	32
<b>Figura 3.12.</b> Bonpland-Alem. Pared noreste con esmalte alquídico	32
<b>Figura 3.13.</b> Posadas. Pared Sur, pintada con látex texturable	33
<b>Figura 3.14.(a)</b> Posadas. Pintura al látex texturable, pared Este (izquierda)	34
<b>Figura 3.14.(b)</b> Posadas. Pintura al látex texturable, pared sur (derecha)	34

<b>Figura 3.15.</b> Posadas. Pintura al látex texturable. Pared Este	34
<b>Figuras 3.16. (a).</b> Posadas. Pintura al látex texturable. Pared norte bajo galería	35
<b>Figuras 3.16. (b).</b> Posadas. Pintura al látex texturable. Pared norte	35
<b>Figura 4.1.</b> Curva de reflectancia de anatase y rutilo para el rango de ancho de onda entre 250 y 700 nm	40
<b>Figura 4.2.</b> Perfil de reflectancia para los óxidos de hierro	42
<b>Figura 4.3.</b> Fotografía de la cámara de intemperismo acelerado	48
<b>Figura 4.4.</b> Vista transversal del equipo de envejecimiento	48
<b>Figura 4.5.</b> Medias e intervalos de confianza al 95.0 % de Delta E con respecto al factor polímero	55
<b>Figura 4.6.</b> Medias e intervalos de confianza al 95.0 % de Delta E con respecto al factor PVC	55
<b>Figura 4.7.</b> Valores trimestrales de Delta E para Blancos	56
<b>Figura 4.8.</b> Gráfico de medias e intervalos de confianza al 95.0 %	58
<b>Figura 4.9.</b> Comparación de los métodos de envejecimiento	59
<b>Figura 4.10.</b> Brightness, medias e intervalos de confianza al 95.0 %	63
<b>Figura 4.11.</b> Valores trimestrales de Brightness	64
<b>Figura 4.12.</b> Pérdida de Brightness en intemperie real	65
<b>Figura 4.13.</b> Pérdida de Brightness en intemperie acelerada	66
<b>Figura 4.14.</b> Comparación de los dos métodos de envejecimiento	67

<b>Figura 4.15. Aspecto general</b>	<b>70</b>
<b>Figura 4.16. Medias e intervalos de confianza al 95.0 %</b>	<b>75</b>
<b>Figura 4.17. Medias e intervalos de confianza al 95.0 %</b>	<b>75</b>
<b>Figura 4.18. Valores trimestrales de Delta E</b>	<b>76</b>
<b>Figura 4.19. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos polímeros</b>	
<b>Figura 4.20. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos PVC</b>	
<b>Figura 4.21. Comparación de los dos métodos de envejecimiento</b>	<b>81</b>
<b>Figura 4.22. Aspecto general</b>	<b>85</b>
<b>Figura 4.23. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos polímeros</b>	<b>90</b>
<b>Figura 4.24. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos PVC</b>	<b>90</b>
<b>Figura 4.25. Valores Trimestrales de Delta E</b>	<b>91</b>
<b>Figura 4.26. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos polímeros</b>	<b>94</b>
<b>Figura 4.27. Medias e Intervalos de Confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos PVC</b>	<b>94</b>
<b>Figura 4.28. Comparación de los dos métodos</b>	<b>96</b>
<b>Figura 4.29. Aspecto general</b>	<b>100</b>
<b>Figura 4.30. Pared este. Pintura que se desprende cuando es calentada por el sol</b>	<b>102</b>
<b>Figura 4.31. Pared oeste. Pintura ampollada por la resina que emerge de la madera</b>	<b>103</b>
<b>Figura 4.32. Cabeza de un clavo al descubierto por el desprendimiento de la masilla</b>	<b>104</b>
<b>Figura 4.33. Desprendimiento de pintura sobre un nudo</b>	<b>105</b>
<b>Figura 4.34. Tratamiento del exudado esmalte aluminio</b>	<b>106</b>
<b>Figura 4.35. Se aprecia la pintura final de la vivienda</b>	<b>106</b>
<b>Figura 4.36. Parcheo de nudos con aluminio</b>	<b>107</b>
<b>Figura 4.37. Vista de dos casas terminadas</b>	<b>108</b>

**Figura 4.38.** Parches con una mano a pincel de pintura para cubrir el aluminio

109

**Figura 4.39.** Vista de una casa terminada

109



## **LISTADO DE ABREVIATURAS**

**ASTM:** american society for testing and materials

**CPVC:** del inglés critical pigment volumetric concentration, es la **concentración** para la cual todos los huecos existentes entre las partículas **de pigmentos** son llenados con el polímero aglutinante.

**EA:** estireno acrílico.

**IR:** radiación infrarroja o radiación térmica es un tipo de radiación de mayor **longitud** de onda que la luz visible. Los infrarrojos se categorizan en **infrarrojo cercano** (0,8-2,5 nm), **infrarrojo medio** (2,5-50 nm), **infrarrojo lejano** (50-1000 nm).

**IRAM:** instituto argentino de racionalización de materiales

**PROCYP:** programa de investigación de celulosa y papel.

**PVC:** del inglés pigment volumetric concentration, es la **concentración volumétrica** de pigmento en la película de pintura seca, expresada en **porcentaje**.

**Tg:** temperatura de transición vítrea.

**TMFF:** temperatura mínima de formación de película.

**UV:** radiación ultravioleta, cuyas longitudes de onda van aproximadamente **desde los 400 nm**, hasta los 15 nm, es emitida por el sol en las formas UV-A, UV-B y UV-C.

**UVA:** fracción superior de la radiación ultravioleta que va desde 295 nm hasta 365 nm.

# **CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Panorama Económico**

Misiones se destaca como una provincia productora de madera; con una superficie forestada que ronda las 395.000 hectáreas, alcanza el 34 % de la superficie total forestada en la Argentina (1), y aporta el 61 % de las toneladas extraídas de productos forestales del bosque implantado en el país (2).

La explotación silvícola, tiene por objeto satisfacer la demanda en la industria de la pulpa de celulosa, para fabricación de papeles, cartones y afines; tableros de partículas o fibra; construcción de viviendas como elemento principal o como complemento; fabricación de muebles y carpintería en general; leña y carbón entre los más importantes.

La construcción de viviendas de madera es un aprovechamiento importante de este recurso. La disponibilidad de materia prima, tecnología y capital hacen al sector maderero misionero muy competitivo para ingresar en el mercado local, nacional e internacional como proveedor de casas de madera. Esta actividad es importante por dos razones, deja dividendos por valor agregado y por reemplazo de materias primas competencias producidas en otros lugares; como es el caso de cal, cemento y hierro utilizados en grandes cantidades en la construcción de casas de mampostería. Es éste último tipo de construcción, la competencia más importante que enfrenta esta industria en el mercado nacional. Razones culturales y tecnológicas han hecho que predomine la construcción de viviendas de mampostería frente a las de madera. Una desventaja que presentan las casas de madera es su deterioro prematuro por la acción del medio ambiente. La madera por ser un material orgánico es más propensa al ataque de los factores bióticos y abióticos, que los materiales inorgánicos, tales como ladrillos y revoques de cal, arena y cemento.

El deterioro del material celulósico se puede controlar con los procesos de impregnación y pintado. Haciendo un cálculo somero de la erogación extra, comparando con el tratamiento requerido por las casas de mampostería, se puede afirmar que no incide significativamente en los costos de producción; sin embargo

de su éxito dependerá el valor final de la casa, y sus posibilidades de ganar mercado.

El método tradicional de preservación consiste en el impregnado con sustancias de acción funguicida, bactericida y alguicida para neutralizar los agentes bióticos, y posteriormente un recubrimiento con pintura para consolidar al impregnante y ofrecer resistencia a los agentes abióticos (radiación solar, humedad, erosión, etc.).

Con el objetivo de seleccionar la pintura y el esquema adecuado de protección se han desarrollado y publicado innumerables trabajos en los que se estudió el desempeño de todo tipo de pinturas sobre madera, utilizando ensayos acelerados (en cámaras artificiales) y a intemperie real.

Los ensayos acelerados son muy útiles para la comparación entre dos o más pinturas, debido a la rapidez con que se obtienen, pero no aportan resultados concluyentes sobre el comportamiento real de la pintura en circunstancias naturales. Los ensayos de intemperie real consisten en someter a la probeta directamente al medio ambiente, jugando con los ángulos de exposición y orientación respecto al sol; son muy confiables, pero tienen en contra la gran cantidad de tiempo que demandan.

Hay lugares clásicos en el mundo como Florida o Arizona, donde las compañías envían sus probetas para ser expuestas y analizadas. Sin embargo, cada región del planeta presenta características ambientales que la identifican como tal; temperatura, precipitaciones, vientos, humedad, contaminación urbana, relieve, vegetación, fauna y suelo entre otros.

En este trabajo se hicieron pruebas de intemperie real e intemperie acelerada con el objetivo de determinar la o las fórmulas y tipos de pinturas, que brinden una mejor preservación de la vivienda de madera a costos accesibles para el sector productor.

## **1.2 Justificación Del Proyecto**

La construcción de casas de madera en la provincia de Misiones es una actividad industrial que cada año cobra mayor importancia. Esto se debe al potencial productor maderero de la zona y al impulso de organismos oficiales y empresas

privadas que ven en este rubro un importante vector de desarrollo socio económico.

Las viviendas son protegidas y decoradas con impregnantes y pinturas de diferentes tipos; pero, se ha observado con el transcurso del tiempo, deficiencias en los recubrimientos que conducen a un deterioro prematuro de las construcciones.

La ausencia de estudios sobre el tema, bajo las condiciones ambientales de Misiones, motivó la realización de este trabajo de investigación, que tiene como finalidad establecer pautas que conduzcan a una exitosa protección y decoración de maderas expuestas al clima misionero.

Se seleccionaron distintas formulaciones de pinturas, se elaboraron probetas y se las sometió a pruebas de intemperie real y acelerada.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar el o los esquemas y tipo o tipos de pinturas que ofrezcan el mejor resultado, en cuanto a protección y decoración de viviendas de madera, en la Provincia de Misiones.

### **1.3.2 Objetivos Particulares**

Identificar defectos en los paneles exteriores de las viviendas de madera construidas mediante los programas habitacionales de la provincia, puestas en servicio en los últimos diez años.

Estudiar el desempeño de las pinturas de uso común en el mercado, sometiéndolas a pruebas de intemperie natural (IRAM 1023) e intemperie acelerada (ASTM D 4587).

Estudiar el efecto producido por el tipo de pigmento, PVC y polímero en el desempeño de las pinturas. Seleccionar la o las Formulaciones que aseguren al menos 2 años de duración, sin pérdida de sus propiedades protectivas y decorativas, sin mantenimiento.

## **CAPÍTULO 2.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Generalidades**

La madera acompañó al hombre desde los albores de la civilización sin el cual no hubiese alcanzado el actual desarrollo social, económico y tecnológico. Hoy día a pesar de los nuevos materiales sintéticos desarrollados y los avances en la optimización de aleaciones, la madera sigue ocupando un lugar de privilegio en la sociedad.

La madera parece despertar en el hombre un sentimiento irremplazable, y aunque relegada en algunas áreas, permanece ligada a los entornos más íntimos.

La calidez de un hogar a leña, un piso de parquet o un ambiente revestido; o la belleza de un frente de vivienda luciendo las vetas de una madera bien trabajada, muestran que el hombre está afectivamente ligado a este material y luchará en desarrollos tecnológicos que no lo priven de sus virtudes.

La alta tecnificación del sector productor también ha puesto en el mercado alternativas para la explotación forestal, como son los compensados, vigas laminadas, tableros, revestimientos laminados y paneles aislantes por mencionar algunos, que posiciona a la madera como un material moderno, versátil y competitivo.

El punto débil de la madera es su degradación por acción del medio ambiente. Por su constitución química (celulosa, hemicelulosa, lignina, etc.) es susceptible de ser atacada por agentes bióticos y abióticos. Dentro de la primera mención se destacan especialmente los hongos e insectos. Como agentes abióticos podemos citar fuego, humedad, insolación, cambios bruscos de temperatura, el suelo, vientos y las lluvias.

Frente a la degradación que sufre la madera se deben examinar en qué condiciones será puesta en servicio y proveer las medidas de prevención y perduración que la estabilicen estructuralmente en el tiempo.

El método de tratamiento de la madera es el procedimiento por el que se le aplica un protector. El éxito de la protección de la madera depende de la calidad del protector y del método de aplicación empleado. En la práctica, la mayoría de los

protectores no resultan eficaces si no se utiliza el método de tratamiento adecuado y su correcta dosificación.

Podemos citar los siguientes métodos de tratamiento:

- *Pincelado*: el agente protector es aplicado a pincel, brocha o rodillo. Con este tratamiento y en función del tipo de protector utilizado se consigue una protección superficial (profundidad de penetración de 3 mm) contra la acción de agentes bióticos y abióticos.

Es un sistema ideal para maderas de poro grueso, que no estén en contacto con el suelo ni sufran desgastes mecánicos, así como también para madera ya puesta en servicio o para completar otros sistemas de impregnación.

- *Pulverización*: el medio protector es aplicado a la superficie de la madera por un pulverizador, accionado manual o mecánicamente en túneles de pulverización por duchas o aspersion. Con este sistema se puede recuperar el producto sobrante y se controla mejor la dosis de aplicación.

Con este tratamiento y en función del protector utilizado se consigue una protección superficial igual que el tratamiento anterior.

- *Inmersión*: consiste en bañar las piezas de madera de tinajas o depósitos adecuados, según las prescripciones y dosis que se deba para cada caso.

Los distintos tipos de inmersión dependen del tiempo de sumergido (breve si es segundos o minutos y prolongada si es horas o días) y de la temperatura que debe tener el protector (baño caliente y frío).

Con este tratamiento se consigue desde una protección superficial hasta una protección media (profundidad de penetración de 3 mm y menos del 75 % de volumen impregnable) contra los agentes bióticos y la fotodegradación.

- *Tratamientos a presión*: se hace penetrar el protector en la madera de forma forzada aplicando presión en un cilindro cerrado o autoclave.

Es el sistema más adecuado y eficaz para tratar maderas de grandes dimensiones, que deben estar en contacto con el suelo o con el agua y expuesta a condiciones desfavorables.

Es el único tratamiento de carácter industrial, en donde se puede garantizar la profundidad del tratamiento. Proporciona una protección profunda del tratamiento (75 % del volumen impregnable).

- **Inyección:** este procedimiento tiene la finalidad de introducir el producto protector en el interior de la madera. Se emplea, fundamentalmente, en tratamientos curativos cuando la madera ya está atacada por hongos xilófagos e insectos.

Tras taladrar la madera con broca fina se inyecta el producto con jeringa.

## **2.2 Categorías De Riesgo**

El riesgo de ataque por agentes bióticos a que puede estar sometido un elemento de madera depende de las condiciones de su puesta en servicio y de su grado de resistencia natural o artificial, que posea el elemento de madera. El riesgo de ataque depende principalmente del grado de humedad que pueda llegar a alcanzar durante su vida de servicio.

Para cada categoría de riesgo se recomienda un método de tratamiento en la madera que la proteja de los agentes bióticos y abióticos a los que va a estar expuesta.

En la normativa europea se definen las siguientes clases de riesgo:

- **Clase 1:** el elemento está bajo cubierta protegido de la intemperie y no está en contacto con humedad. En estas circunstancias el elemento de madera puede alcanzar un 20 % de contenido de humedad.

No hay peligro de ataque por hongos y en cuanto a los ataques por insectos se admite que ocasionalmente pueda ser atacada por termitas y coleópteros (dependiendo de la ubicación geográfica).

Elementos típicos de esta clase de riesgo son los correspondientes a muebles, escaleras, paredes internas de madera, estructuras de centros comerciales, etc.

- **Clase 2:** el elemento está bajo cubierta y protegido de la intemperie pero ocasionalmente puede alcanzar una humedad ambiental elevada superando ocasionalmente el 20 % de contenido de humedad en parte o en toda la pieza.

Existe riesgo de ataque de hongos xilófagos. El riesgo de ataque de insectos es el mismo de la clase 1.

Ejemplo de esto son los elementos de madera colocados cerca de desagües o de instalaciones sanitarias, cubiertas, estructuras de una piscina cubierta, etc.

- Clase 3: el elemento se encuentra al descubierto (a la intemperie y descubierto), no está en contacto con el suelo y está sometido a humidificación frecuente. En estas condiciones el elemento de madera puede sobrepasar el contenido de humedad del 20 %.

El riesgo de ataque de hongos cromógenos y xilófagos es mayor que en el de la clase 2.

El riesgo de ataque de insectos xilófagos es similar al de la clase 1.

Ejemplo. Carpintería expuesta, revestimientos exteriores, puertas, pórticos, etc.

- Clase 4: el elemento está en contacto con el suelo o con agua dulce y está expuesto a una humidificación en la que supera permanentemente el 20 % de humedad.

Existe un riesgo permanente de pudrición y de ataque de termitas.

Ejemplo: postes, pilares, empalizadas, cercas, pilotes, etc.

- Clase 5: el elemento está permanentemente en contacto con agua salada. En estas circunstancias el contenido de humedad de la madera es permanentemente superior al 20 %.

Además de los riesgos de ataque de la clase 4 se añade el originado por xilófagos marinos.

Ejemplo. Construcciones en agua salada, embarcaciones, etc.

## **2.3 Productos Protectores**

Son aquellos que aplicados en la dosis y forma adecuada, protegen la madera contra uno o varios agentes destructores.

El uso de productos protectores, se remonta a la antigüedad. Hasta el siglo XIX era común el uso de breas, betunes, aceites naturales y demás sustancias, que impregnadas en la madera, retardaban el desarrollo de insectos y hongos. En la actualidad y sobre la base del desarrollo de la química moderna, se dispone de protectores eficaces que garantizan una total protección de todos los elementos de madera, sea cual fuese su utilización.

Por el tipo de protección que brindan se clasifican en:

- Protectores hidrófugos: protegen de la acción de la humedad. Entran en su composición resinas y ceras que repelen el agua.



- **Protectores insecticidas:** protegen frente a la acción de insectos xilófagos. Los tipos de insecticidas más usados están basados en el lindano u otros productos órgano-clorados de grave acción sobre el medio ambiente.
- **Protectores funguicidas:** protegen frente a la acción de hongos xilófagos. Los funguicidas más utilizados se basan en sales de cromo y arsénico, también de grave acción sobre el medio ambiente.
- **Protectores ignífugos:** son protectores cuyos componentes tienen un efecto retardante en la combustión de la madera elevando el punto de inflamación. Basados en derivados de amonio, que reaccionan con el calor, emitiendo sustancias que acaparan el oxígeno del aire y ofrecen una resistencia a que la madera se quemé.

Estos trabajan de dos formas distintas: por formación de pantalla protectora de baja conductividad térmica (esta pantalla protectora proporciona un aporte menor de oxígeno y la ralentización de los procesos de combustión), son llamados *protectores ignífugos de capa*, otros producen una emisión de gases incombustibles o bien mediante procesos de catálisis modifican las reacciones de combustión, son los llamados *protectores ignífugos totales*.

Las materias activas que se utilizan son: fosfato amónico y sulfato amónico, cloruro de zinc, ácido bórico y bórax.

- **Protectores de luz y aislantes de humedad:** suelen ser pinturas con pigmentos metálicos que tapan totalmente la veta de la madera, barnices que forman una película transparente cristalina y tiene incorporado un protector contra la radiación UV o lasures (barnices pigmentados) que no forman capa, sino que impregnan superficialmente la madera; estos dos últimos mantienen la veta de la madera aunque se oscurece. Protegen de la acción de los rayos solares y proveen una capa impermeable a la humedad. (3)

## **2.4 Definición De Pintura Y Sus Componentes**

### **2.4.1 Pintura**

Es una composición líquida, generalmente viscosa, constituida por uno o más pigmentos dispersos en un aglomerante líquido que, al sufrir un proceso de curado cuando es extendida en una película fina, forma un film opaco y adherente al sustrato. Ese film tiene la finalidad de proteger y embellecer las superficies.

### **2.4.2 Polímero**

El polímero forma parte del contenido no volátil de la pintura, que sirve para aglomerar las partículas de pigmentos. La resina también caracteriza al tipo de pintura o revestimiento empleado. Así, por ejemplo, tenemos las pinturas acrílicas, alquídicas, epoxidicas, etc. Todas llevan el nombre de la resina básica que las compone.

Antiguamente las resinas eran a base de compuestos naturales, vegetales o animales. Hoy en día son obtenidas a través de la industria química o petroquímica por medio de reacciones complejas, originando polímeros que confieren a las pinturas propiedades de resistencia y durabilidad muy superiores a las antiguas.

La formación del film de pintura está relacionado con un mecanismo de reacciones químicas del sistema polimérico, además otros componentes, como solventes, pigmentos, aditivos, tienen influencia en el sentido de retardar, acelerar e incluso inhibir esas reacciones.

### **2.4.3 Pigmentos Y Cargas**

Material sólido finamente dividido, insoluble en el medio. Utilizado para aportar color, opacidad, ciertas características de resistencia y otros efectos.

Se los puede clasificar en pigmentos colorantes (proveen color), no colorantes y anticorrosivos (proveen protección a los metales ferrosos).

La cobertura es el resultado de la dispersión y absorción de la luz. La dispersión de la luz ocurre a través del mecanismo de refracción y difracción. Refracción es el cambio de dirección o desvío que la onda de luz hace, cuando cambia de velocidad al pasar de un medio a otro, por ejemplo, del aire para un látex, del látex para una partícula de dióxido de titanio y de este para el látex, etc. El grado de desvío de la onda de luz es determinado por la diferencia entre el índice de refracción (IR) de los medios. Cuando la diferencia de refracción es muy grande, por ejemplo la diferencia entre dióxido de titanio de 2,73 y del látex de 1,49; el desvío es tan grande que la luz vuelve reflejada a los ojos, y la pintura se muestra opaca. Cuando la diferencia es muy pequeña, por ejemplo, el caolín 1,64 y el látex a 1,49; la onda de luz pasa a través de los medios hasta ser absorbida o reflejada por el sustrato y el film de la pintura se muestra transparente.

#### **2.4.3.1 Concentración Volumétrica De Pigmentos**

Uno de los parámetros más útiles empleados en la formulación de una pintura es la Concentración Volumétrica de Pigmentos (PVC, del inglés pigment volumetric concentration), es la fracción volumétrica (porcentual) del pigmento sobre el volumen total de sólidos del film seco. Otro concepto importante es la Concentración Crítica de Pigmento en Volumen (CPVC, del inglés critical pigment volumetric concentration), que es la concentración para la cual todos los huecos existentes entre las partículas de pigmentos son llenados con ligante, es decir, la demanda de ligante por el pigmento está exactamente satisfecha. Esta concentración se denomina crítica porque por arriba de la misma, las propiedades de la película cambian drásticamente. En la figura 2.1 se observa que cuando el PVC es superior al CPVC, las partículas de pigmentos (más pequeñas) y cargas (más grandes) no están completamente rodeados por el polímero. Esto promueve la formación de capilares que permiten el ingreso de agua u otros contaminantes que atacan luego al sustrato.

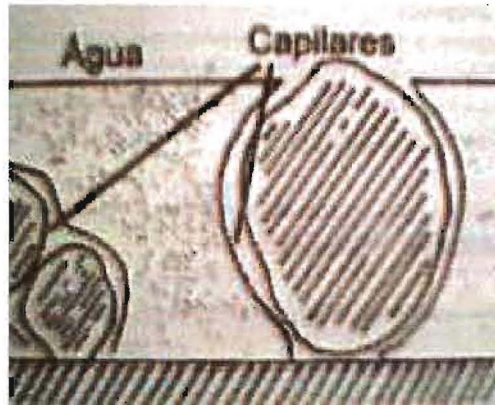


Figura 2.1. Capilares formados debido a que el PVC es superior al CPVC (4)

#### 2.4.4 Aditivos

Son ingredientes que se utilizan para modificar propiedades en las distintas fases de fabricación y conferir características necesarias para la aplicación. Como ejemplo podemos secantes, anticapas, antisedimentantes, niveladores, antiespumantes, entre otros.

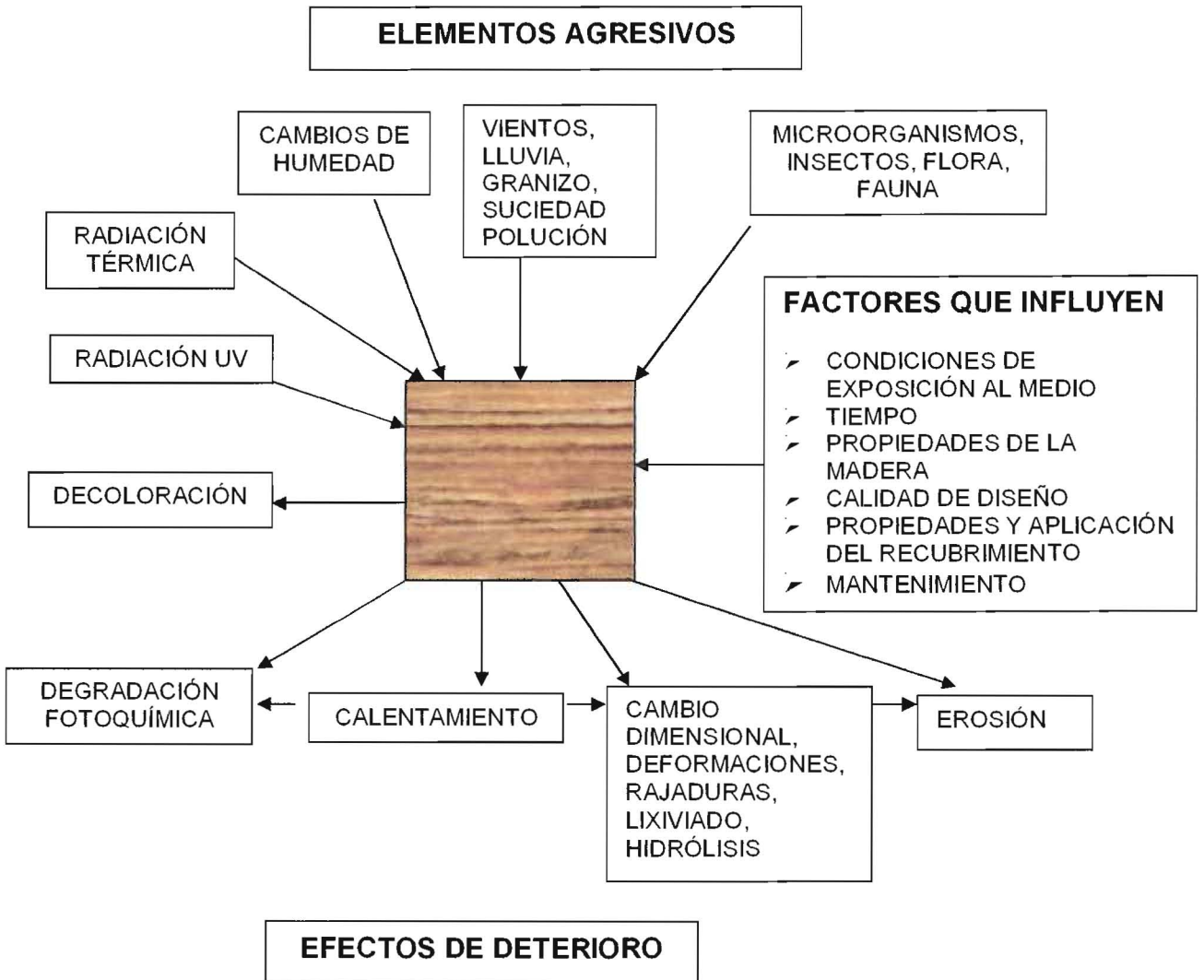
#### 2.4.5 Solventes

Líquido volátil, generalmente de bajo punto de ebullición, utilizado en las pinturas y afines para disolver la resina. Son clasificados en: solventes activos o verdaderos, latentes e inactivos.

### 2.5 Deterioro De La Madera

La apariencia estética y la expectativa de vida útil de la madera son afectadas por acción de la intemperie. La exposición previa de madera sin proteger del sol y la humedad afecta la adhesión posterior de una pintura, aunque sea en tiempos tan cortos como de 5 a 30 días, esto se debe a la fotodegradación de la lignina que deja libre las fibras de celulosa en la superficie (5). La madera debe ser tratada con preservantes antes de ser expuesta al medio ambiente; incluso antes de empezar el ensamble de piezas, para evitar la putrefacción en los encastres y rendijas. Estos puntos son críticos debido a que la humedad presente es mayor.

En la figura 2.2 se esquematizan los elementos agresivos que atacan a la madera, los factores que influyen y los efectos de deterioro provocados por estos.



**Figura 2.2.** Elementos agresivos, los factores que influyen y los efectos de deterioro provocados en la madera (6)

## **2.6 Uso De Pinturas En Maderas Expuestas Al Exterior**

Pintar el exterior de una vivienda de madera tiene por misión crear una agradable apariencia y proveer una barrera contra los agentes ambientales.

La resistencia de un recubrimiento al medio ambiente depende del tipo de polímero, de los pigmentos utilizados y de la concentración en volumen de los pigmentos en la pintura seca.

El recubrimiento ideal para madera es un sistema que sea hidrófobo, permeable al vapor, resistente a la luz del sol (radiación UV); flexible, capaz de acompañar el movimiento del sustrato; con buena adhesión y propiedades de cohesión.

Entre las fallas más comunes observadas en las películas de pinturas en exterior podemos citar el tizado (“chalking” en inglés), que consiste en la fotodegradación del film de pintura por la radiación solar. Se cree que hay dos mecanismos responsables que actúan para producir el tizado: degradación directa por UV sobre el polímero; y el pigmento actuando como un catalizador de la oxidación química. El resultado del tizado es un polvo removible en o cerca de la superficie del recubrimiento. Puede ocurrir en todos los tipos de pinturas.

La circulación de agua hacia adentro y afuera de la madera genera ciclos de dilatación y contracción que producen rajaduras, lixiviado de los preservantes, resquebrajado y desprendimiento de pintura.

Una función importante del recubrimiento es la retención de los componentes activos de los impregnantes protectores contra agentes bióticos. Mediciones hechas del lixiviado de sales de CCA muestran una gran eficiencia en este sentido tanto de pinturas al látex como los esmaltes alquídicos (7).

Respecto a la aplicación se puede decir que una mala preparación de la superficie, defectos de cobertura (dejando zonas desprotegidas), acondicionado deficiente del sustrato (sellado de los poros para uniformizar la absorción) y escaso espesor de película afectan la durabilidad del recubrimiento.

Examinando los Manuales Técnicos de las fábricas más conocidas de pinturas se encuentra que, para maderas expuestas al exterior, los esquemas apuntan en primer lugar al barnizado con productos alquídicos combinados con filtros de radiación UV, buscando preservar la belleza natural del sustrato; en una segunda instancia aparecen los Esmaltes Alquídicos con colores intensos en versiones

brillantes y satinadas, y en algunos casos aparecen sugerencias de pintado con Látex Acrílicos (8, 9, 10 y 11).

Una versión más moderna de pinturas para madera la constituyen los lasures. Estos están formulados con resinas alquídicas de alto contenido de aceite y baja viscosidad para favorecer la penetración. Se les incorpora absorbedores de UV, inhibidores de radicales libres y pigmentos de óxido de hierro transparentes que aportan mucho a la resistencia a la radiación UV y poco color. Los lasures vienen provistos de agentes funguicidas, bactericidas e insecticidas; trabajan por impregnación, casi sin formar película, y alcanzan un buen desempeño. Son fáciles de repintar, pero con ciclos más cortos que los esmaltes color. Constituyen una opción interesante cuando se busca preservar la belleza natural de una madera de calidad. Como defecto podemos decir que no controlan adecuadamente la absorción de agua en exteriores; se deben emplear en sustratos en los que el movimiento de contracción y dilatación sea aceptable.

### **2.6.1 Esmaltes Alquídicos De Secado Oxidativo**

Las pinturas a base de resinas alquídicas son transformadas en los respectivos recubrimientos, siguiendo diferentes mecanismos que dependen fundamentalmente del tipo de alquídica usada; esto significa que la selección de la resina debe ser hecha en función de cómo la pintura será transformada en recubrimiento. Hay varias maneras de formar el film después de aplicada la pintura, puede ser secado oxidativo por contacto con el aire y catalizado por secantes metálicos, por reacción con polisocianatos, por calentamiento en estufa, etc.

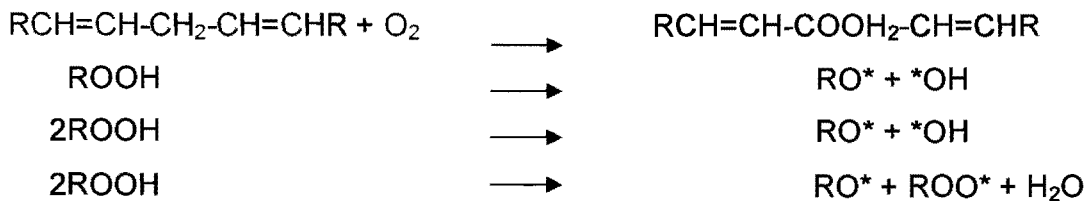
Para nuestro caso vamos a analizar los alquídicos de secado oxidativo. Los esmaltes de este tipo, base solvente brillante (formulada a PVC no mayor a 15), largos en aceite y esterificados con pentaeritritol presentan un excelente comportamiento. Durante décadas se estudió la estructura polimérica que conforman estos productos y se alcanzó un óptimo balance entre sus propiedades. Estas pinturas normalmente proveen la mejor protección contra el agua en estado líquido o vapor. Sin embargo, no necesariamente son las más durables porque con el tiempo se vuelven quebradizas. Aunque esté bien sellada, la madera

todavía se mueve con la humedad ambiental, generando esfuerzos y eventualmente la pintura se cuartea y desprende.

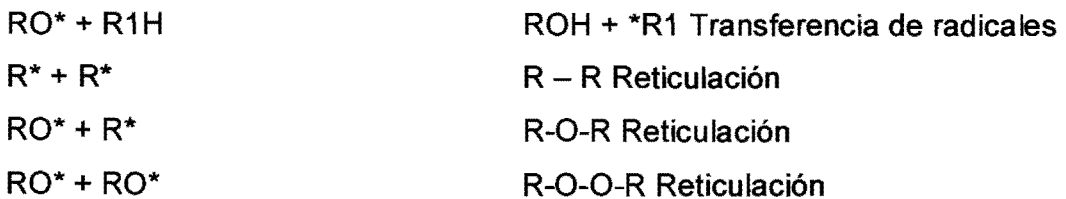
Este mejor desempeño del polímero alquídico como así su tendencia final a descascararse, se debería al mecanismo de secado que experimenta.

El secado oxidativo depende del aceite o de los ácidos grasos usados en su preparación, por ser los responsables de la presencia de puntos reactivos en su estructura, y a través de los cuales se efectúa la reticulación, que transforma la estructura polimérica lineal en una tridimensional. El proceso químico es provocado por la acción del oxígeno del aire, catalizado por secantes (sales orgánicas de cobalto, manganeso, estroncio, calcio entre los más usados).

En los sistemas no conjugados, la descomposición de los hidroperóxidos resultantes de la oxidación forman radicales libres que, a su vez, inician una polimerización en cadena. Esta descomposición y esta polimerización ocurre en una forma todavía no muy bien esclarecida; un esquema simplificado posible podría ser el siguiente:

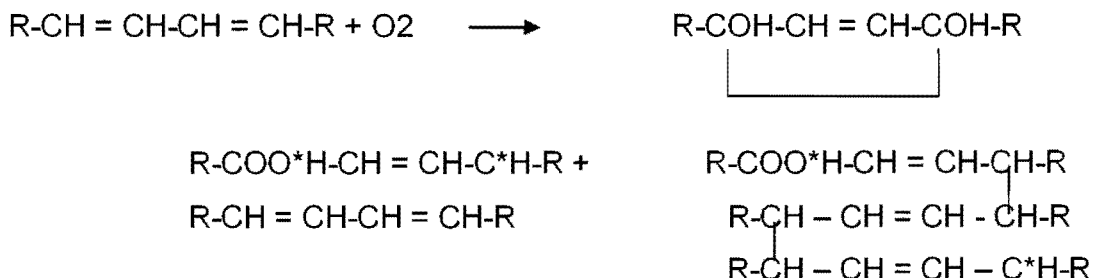


Por tanto:





En los sistemas con doble ligaduras conjugadas, la descomposición del peróxido cíclico conduce a la formación de radicales libres que inician la polimerización conforme al siguiente esquema (12):



En los aceites con dobles enlaces conjugados la macromolécula es formada a través de ligaduras de grupos metilenos y, por eso, los revestimientos resultantes presentan una mejor resistencia general.

La presencia de secantes metálicos está obligada por el hecho de que la reacción con el oxígeno del aire ocurre muy lentamente sin ellos. Un inconveniente que presenta este sistema es que los secantes después de endurecida la pintura siguen reaccionando con las macromoléculas contribuyendo a su descomposición. Al aumentar el entrecruzamiento se rigidiza la película y con el tiempo se vuelve quebradiza y se desprende.

No obstante, la velocidad de descomposición es bastante lenta, permitiendo al revestimiento proteger al sustrato por períodos razonables desde el punto de vista económico.

Es importante resaltar que la velocidad de secado de una pintura por vía oxidativa también depende de la estructura polimérica de la resina; así, las alquílicas cortas secan más rápidamente que las largas siendo formuladas con las mismas materias primas.

Por lo explicado en uso exterior es conveniente el uso de resinas largas en aceite, retrasando así el mecanismo de degradación propio de este tipo de polímero, logrando así mayor elasticidad y durabilidad.

## 2.6.2 Látices

Estudios realizados sobre la durabilidad de ligantes en fachadas han determinado que para madera, el polímero acrílico, a PVC % entre 20 y 35 tiene mejor desempeño que el estireno acrílico; y entre 35 y 40 no se halló diferencia entre polímero acrílico y estireno acrílico. Respecto a los pigmentos y cargas se estableció como una buena relación pigmento–carga 30:70 en peso, con los mejores resultados para barita, calcita y dolomita como cargas. (13)

Las pinturas al látex son generalmente más fáciles de usar que las de base alquídica porque se diluyen con agua; la limpieza de herramientas también se simplifica por el uso de agua y detergente.

Los látex tienen una alta capacidad aglomerante, permitiendo formulaciones con alto contenido de pigmentos y cargas en relación con un esmalte alquídico, y logrando una gran durabilidad en exteriores a costos más bajos.

La película formada por un látex es porosa y permite el equilibrio de humedad de la madera con el medio sin provocar sobre tensiones en el film. En comparación, las pinturas con resinas alquídicas requieren solventes orgánicos para dilución y limpieza, y mayormente no son porosas. Una película de pintura no porosa retarda la penetración de humedad hacia el interior de la madera y reduce el problema de decoloración ocasionada por extractivos; como contra presenta descascarado, agrietado y ampollado.

Las dispersiones vinílicas y acrílicas constituyen una clase muy importante de vehículos para pinturas, pues combinan las ventajas de los monómeros acrílicos y vinílicos (bajo costo, gran variedad de especies químicas permitiendo obtener polímeros para una enorme gama de aplicaciones, facilidad de aplicación, facilidad de polimerización, etc.) con el uso de agua en sustitución de los solventes orgánicos. Las consecuencias del uso de dispersiones son traducidas en ventajas económicas, seguridad y menor capacidad contaminante, facilidad de aplicación, etc.

La estructura química de los monómeros constituyentes del polímero y la proporción en que participan del mismo definen la temperatura de transición vítrea del polímero. Esta propiedad designada con las letras Tg se define como la temperatura a la cual un material pierde sus características que lo hacen similar a

la goma y pasan a un estado en el que se comportan como un de vidrio. La temperatura de transición vítrea nos da la idea de cuan elástico es el recubrimiento a la temperatura ambiente; así, el Tg actúa sobre la pegajosidad de la película seca en relación inversa y sobre la tendencia al cuarteo en relación directa.

La composición química del polímero en dispersión influye sobre la resistencia al agua, la alcalinidad, la radiación UV y la luz, así también como la tendencia al tizado. Las emulsiones acrílicas son las que posibilitan pinturas con superior comportamiento en relación a estas propiedades; las pinturas basadas en emulsiones estireno acrílicas presentan excelente resistencia al agua y la alcalinidad, siendo inferiores a las acrílicas en términos de luz y radiación UV, presentando también mayor tendencia al tizado. Se debe mencionar que las emulsiones estireno acrílicas aunque son inferiores a las acrílicas, permiten obtener pinturas con excelentes propiedades.

En pinturas, la diferencia entre una solución acuosa de un polímero y una dispersión es sencilla. En la solución la molécula del polímero constituye la menor unidad, esto es, está rodeada por solvente, que en este caso es agua. En la dispersión, la menor unidad es una partícula, en estado sólido, que es constituida por un gran número de moléculas poliméricas y que está rodeada por una superficie conformada por emulsionantes, dispersantes, protectores coloidales, etc que le confieren estabilidad. Entre la solución y la dispersión existe una forma denominada coloide, donde las partículas son tan pequeñas que a ojo parece una solución.

En la tabla siguiente se relaciona comparativamente las principales características de las soluciones, coloides y dispersiones, siempre en medio acuoso.

**Tabla 2.1. Características de soluciones, coloides y dispersiones**

PROPIEDAD	SOLUCIÓN	COLOIDE	DISPERSIÓN
Peso Molecular	20.000 a 50.000	20.000 a 200.000	100.000 a 2.000.000
Viscosidad	Depende del peso molecular	Depende del peso molecular y del pH	Baja, depende del peso molecular
Tenor de sólidos a la viscosidad de aplicación	Lo más bajo	Intermedio	Lo más alto
Propiedades reológicas	Newtoniana	Próxima a newtoniana	Pseudoplástica
Resistencia química (no reticulado)	Mala	Media	Excelente
Flexibilidad	Mala	Media	Excelente

### 2.6.2.1 Dispersiones Acuosa de Polímeros Termoplásticos

La gran mayoría de los polímeros en dispersiones acuosas son de tipo termoplásticos, esto es, no ocurren reacciones químicas durante la formación del film (secado). En otras palabras, no ocurre la formación de una estructura tridimensional, pues no hay reticulación.

La formación de la película durante el secado ocurre a través de la coalescencia: a medida que el agua se va evaporando, las partículas toman contacto entre si y se funden formando una película continua. Para que esta fusión ocurra el polímero debe encontrarse a una temperatura igual o mayor que la temperatura de formación de película, que es una característica de su composición. Es frecuente el uso de solventes que favorecen este importante fenómeno, siendo los más comunes: etilenglicol, propilenglicol, hexametilenglicol, éteres del etilenglicol y del propilenglicol. Es importante aclarar que las dispersiones acuosas de polímero, se las suele llamar emulsiones porque la síntesis se efectúa con los monómeros en emulsión.

La naturaleza termoplástica de las dispersiones acrílicas puede favorecer la

fijación de suciedad con una remoción dificultosa. Esto ocurre porque la temperatura ambiente supera al Tg del polímero, el cual funde e incorpora las partículas en contacto. Un recubrimiento para exteriores debe tener una composición polimérica que balancee un Tg apropiado para las temperaturas ambientales predominantes y una elasticidad efectiva para su desempeño.

### **2.6.2.2 Mecanismo De Formación De Film**

La formación del film o de la película es un fenómeno importantísimo en la tecnología de las emulsiones usadas en las pinturas, pues de ese film dependen muchas de las propiedades de los revestimientos correspondientes; en otras palabras, una emulsión con una composición polimérica adecuada puede presentar resultados negativos si no presenta una película, durante el secado, con propiedades satisfactorias.

La formación de la película ocurre por medio de la coalescencia que, siendo un proceso físico, no envuelve transformaciones de naturaleza química como ocurre en el caso de las alquídicas. También difiere del secado de las lacas, ya que estas se encuentran disueltas en un sistema solvente, mientras que en las dispersiones las partículas de polímero, insolubles en agua, en estado sólido, se encuentran dispersadas en agua y estabilizadas por emulsionantes y coloides protectores.

Factores relevantes en la formación del film:

- Temperatura Mínima de Formación de Film (TMFF) debajo de la cual el film no se obtiene en forma adecuada. La TMFF depende de la composición polimérica, esto es, de la Tg del polímero, de la presencia de plastificantes, coalescentes, coloides, etc.
- La formación del film se produce por eliminación del agua del sistema a través de la evaporación (fenómeno de superficie), absorción por el sustrato que está siendo revestido, y las partículas poliméricas tienden a fundirse entre sí (coalescer).

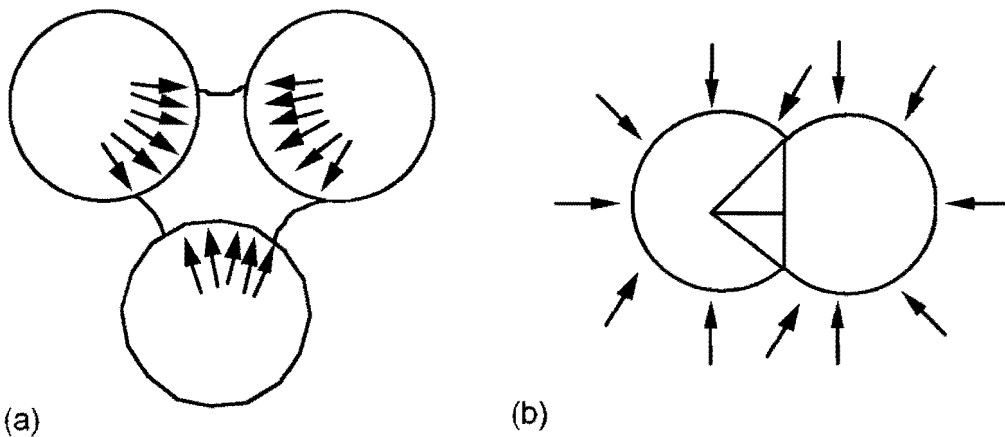
Con la salida del agua, las partículas se aproximan hasta tocarse y fundirse (figura 2.3a). Las fuerzas electrostáticas de superficie debidas a los emulsionantes provocan una repulsión, fuerza que es neutralizada por los iones disueltos en el agua.

Cuando la mayor parte del agua dejó el sistema, la dispersión toma la estructura de gel, en el cual las partículas están muy próximas e inmóviles. A partir de este punto la modificación es irreversible, esto es, el sistema no puede ser redispersado con adición de agua. Comienza entonces la coalescencia propiamente dicha, cuando la velocidad de salida del agua restante disminuye sensiblemente.

- La coalescencia ocurre debido a fuerzas capilares y de tensión superficial (figura 2.3b). Se produce la salida del agua que está dentro de las partículas poliméricas.

Las dispersiones de polímeros más duros necesitan de fuerzas mayores para coalescer que las dispersiones de polímeros más blandos.

- El tamaño de partícula influye en la formación del film, pues afecta la capilaridad. En cambio no tiene influencia sobre la TMFF.



**Figura 2.3.** (a) Coalescencia por fuerza capilar; (b) Coalescencia por tensión superficial

### **2.6.2.3 Consideraciones De Orden Práctico**

Al aplicar la pintura sobre un sustrato se debe tener en cuenta factores de orden práctico que intervienen en la correcta formación del film.

Un sustrato muy absorbente retira agua y coalescentes del sistema compitiendo con la evaporación. La absorción ocurre principalmente en la aplicación de la primera capa, y a veces en forma tan pronunciada que exige la aplicación previa de un sellador. Una absorción desmedida disminuye bruscamente la movilidad de las partículas que componen la pintura y dificulta su ordenamiento y empaquetamiento, factor decisivo para la obtención de un film satisfactorio.

Las condiciones ambientales también afectan la formación del film, principalmente la humedad relativa y la temperatura, pues regulan la evaporación del agua y coalescentes.

Una evaporación rápida provoca la formación de una capa delgada superficial que atrapa agua en el interior de la película. Para evitar esto se incorporan solventes miscibles con el agua como el etilenglicol o propilenglicol que aumentan el tiempo de película abierta y aseguran una completa eliminación de agua y solventes.

Cuando se presenta una humedad relativa alta y baja temperatura la presencia de estos solventes y los coalescentes dificultan el secado, produciendo incluso chorreado y descuelgue de la pintura. Un caso típico es cuando se pintan chapas de techos en el interior o exterior de un edificio, cerca de la hora de comenzar el punto de rocío; seguramente al otro día la pintura aparecerá en el piso o en las canaletas. Esto ocurre porque, lejos de secar, la pintura comienza a ser diluida por el agua de condensación del aire y escurre libremente.

Hoy en día, aumenta el interés en los ligantes solubles en agua o en dispersiones acuosas motivados en la preservación del medio ambiente; se busca disminuir e incluso eliminar el uso de solventes y compuestos orgánicos volátiles por su efecto nocivo. El avance de la química orgánica en este sentido ha desarrollado una gran cantidad de polímeros solubles o dispersos en agua de muy buenas propiedades. Los más destacados por su bajo costo y buen desempeño son los acrílicos y los estireno acrílicos.

En general, las pinturas en dispersión acuosa presentan mayor permeabilidad al

vapor y satisfactoria flexibilidad, tanto inicial como luego de la exposición. Presentan menor brillo inicial, pero tienen menor disminución del mismo en el tiempo de exposición.

## **2.7 Evaluación De La Resistencia A La Intemperie**

La evaluación de la durabilidad de un recubrimiento a la intemperie se realiza básicamente por dos métodos:

### **2.5.2 Ensayos De Intemperismo Real**

Consiste en la exposición directa de la probeta al medio ambiente. Para aumentar la dosificación de energía, se mantiene un ángulo perpendicular a la radiación solar (14). La provincia de Misiones se encuentra ubicada próximo al trópico de Capricornio, entre los  $25^{\circ} 28'$  y los  $28^{\circ} 10'$  de Latitud Sur y los  $53^{\circ} 38'$  y  $56^{\circ} 03'$  de Longitud Oeste. Como el eje de rotación de nuestro planeta está inclinado  $23^{\circ} 27'$ , en verano, día 21 de diciembre, el sol alcanza un cenit muy alto, el plano en el cual describe su trayectoria se ubica, en la ciudad de Posadas ( $27^{\circ} 23' S$ ), aproximadamente a  $4^{\circ}$  de inclinación del plano vertical, siendo la hora del medio día la de mayor irradiancia por encontrarse el sol a la distancia más corta. Entonces, las muestras expuestas en nuestra ciudad con un ángulo de  $4^{\circ}$  de la horizontal, orientadas al Norte, reciben la mayor cantidad de energía. En invierno, para el día 21 de junio, el ángulo de mayor irradiación en Posadas es aproximadamente el de  $51^{\circ}$  de la horizontal, mirando hacia el Norte.

El ángulo de exposición y la orientación, tienen un fuerte impacto sobre la respuesta de la muestra a su ambiente. Esta posición no solo influye en la dosificación de energía solar, sino también, en la temperatura a la que es sometida la probeta, tiempo que permanece húmeda debido a la formación de rocío, lluvias o vientos secos. Estos ensayos implican períodos que van desde uno a varios años, con testeos periódicos, donde se hace un seguimiento de los cambios que va sufriendo la probeta.



### **2.5.3 Ensayos De Intemperismo Artificial**

Las cuantiosas pérdidas anuales que son provocadas por la exposición a la intemperie, a llevado a que se desarrollen equipos de última tecnología, que permiten anticipar el desenvolvimiento de los materiales.

Hay en el mercado una gama de productos y servicios para responder a las distintas situaciones que se plantean en el desarrollo de materiales durables. Lamentablemente no hay una única técnica de prueba que sea perfecta para todos los materiales y aplicaciones. El enfoque que se elige depende de lo que se necesita llevar a cabo, su disponibilidad de tiempo y su presupuesto.

En general, la técnica consiste en que se sometan las muestras a condiciones de intemperie simuladas en una cámara. El efecto de la radiación UV, la humedad y la temperatura se potencian para lograr la degradación de años, en días. Permiten en poco tiempo hacer una evaluación de las variables a ajustar, pero para obtener resultados concluyentes debe ir acompañado de ensayos a intemperie real. Las exposiciones naturales en exteriores proveen una sólida línea básica, mientras que las pruebas aceleradas proveen datos rápidos para los nuevos desarrollos (15, 16, 17, 18, 19).

## CAPÍTULO 3: RELEVAMIENTO DE DEFECTOS DE VIVIENDAS DE MADERA

### 3.1 Informe General

El siguiente relevamiento se hizo en agosto del año 2004, con el fin de reunir información del desempeño de los esquemas utilizados para pintar las viviendas.

#### 3.1.1 Apóstoles

**Obra:** 50 Viviendas (Peón Rural).

**Recepción de la obra:** año 1993.

**Viviendas analizadas:** 4.

La pintura original de estas viviendas es látex, exceptuando las barandas de entrada, donde se pintó con esmalte alquídico. De acuerdo a las entrevistas realizadas a los moradores de las mismas, luego de tres años de entregadas, se había perdido totalmente la pintura, figura 3.1.



**Figura 3.1.** Apóstoles. Pared Este de vivienda sin repintar

En la Figura 3.2 se ve una vivienda repintada con esmalte alquídico brillante. Presenta buen aspecto general; aparecen desprendimientos debido a la mala adherencia de la pintura vieja que se sigue descascarando. Aproximadamente 3 años de repintada.



**Figura 3.2.** Apóstoles. Pared norte repintada con esmalte alquídico

En la Figura 3.3 se observa que se aplicó esmalte directamente sobre la madera sin fondo. El estado general es malo, hay rajado longitudinal y desprendimiento del film. Se repintó hace aproximadamente 4 años.



**Figura 3.3.** Apóstoles. Pared Este repintada con esmalte sintético

### 3.1.2 San Javier

**Obra:** 10 Viviendas.

**Recepción de la obra:** año 2001.

**Viviendas analizadas:** 2.

Este grupo fue pintado con esmalte sintético y mantienen la pintura original. Las Figuras 3.4 a y 3.4 b muestran la vivienda ubicada en la calle Paraguay N° 36 con tres años de antigüedad. La pared sur se ve buen estado general. En la pared norte se aprecia pérdida de color, tizado, disminución de brillo, rajadura longitudinal del film y desprendimiento.



**Figura 3.4.a.** San Javier. Pared sur pintada con esmalte alquídico



**Figura 3.4.b.** San Javier. Pared norte pintada con esmalte alquídico

### 3.1.3 Guaraní

**Obra:** 10 Viviendas.

**Recepción de la obra:** año 2001.

**Viviendas analizadas:** 7.

En este barrio de viviendas se encuentran dos grupos, de las mismas características y que todavía mantienen su pintura original, pero que según los moradores fueron pintadas en distintas épocas.

#### Grupo N° 1

En la figura 3.5 se presenta una vivienda pintada con látex, sin aplicación de fondo. Aproximadamente 1,5 años de exposición.



**Figura 3.5.** Guaraní. Pared este pintada con látex

En la Figura 3.6 se puede observar el estado de una vivienda, con la aplicación previa de fondo y luego de látex.

El aspecto general es muy superior al anterior. No obstante se aprecia un tizado importante.



**Figura 3.6.** Guaraní. Pared norte después de alrededor de 3 años de exposición

### **Grupo N° 2**

En la Figura 3.7 se ve una casa pintada en el 2000 y entregadas en el 2003. La pintura es esmalte sintético.



**Figura 3.7.** Guaraní. Pared norte, con 4 años de exposición.

La zona expuesta al sol y la lluvia se observa muy destruida. Hay desprendimiento general del film, no así bajo galerías donde la pintura está en buenas condiciones. Es interesante notar que en los nudos, la pintura se desprende antes y totalmente.

### 3.1.4 San Martín

Obra: 10 Viviendas.

Viviendas analizadas: 2.

En la figura 3.8 se muestra una vivienda pintada con esmalte sintético, sobre fondo alquídico blanco.



**Figura 3.8.** San Martín. Pared Norte pintada con esmalte alquídico

No se sabe si la pintura era mate originalmente o si perdió el brillo. Se observa desprendimiento de film sobre los nudos.

### 3.1.5 Dos De Mayo

**Obra:** Viviendas Varias.

**Recepción de la obra:** año 2001.

**Viviendas analizadas:** 5.

En la vivienda de la figura 3.9 se ve la pintura original, esmalte sintético. Se observa tizado, agrietado y algo de desprendimiento. Comparando con la pared bajo alero se nota leve pérdida de color.



**Figura 3.9.** Dos de Mayo. Pared Oeste pintada con esmalte alquídico

En la figura 3.10 se puede apreciar un esquema que incluye fondo alquídico blanco y esmalte sintético, con una antigüedad aproximada de 4 años.



**Figura 3.10.** Dos de Mayo. Casilla de informes turísticos. Pared Oeste

Se observa buen estado general, excepto la zona cercana al piso que aparece agrietado y desprendimiento del film por acción de la elevada humedad.



### 3.1.6 Eldorado

**Obra:** Viviendas Facultad de Ciencias Forestales.

**Recepción de la obra:** año 2001.

**Viviendas analizadas:** 3.

La vivienda de la figura 3.11 se pintó con esmalte alquídico, 4 años atrás.



**Figura 3.11.** Eldorado. Pared noreste pintada con esmalte alquídico

### 3.1.7 Zona Bonpland-Alem

**Obra:** Viviendas Dispersas.

**Recepción de la obra:** año 1988.

**Viviendas analizadas:** 4.

En la figura 3.12 se muestra una vivienda del grupo. Mantienen su pintura original, esmalte sintético aplicado sobre fondo alquídico blanco.



**Figura 3.12.** Bonpland-Alem. Pared noreste con esmalte alquídico

Se aprecia un desgaste general del film, pero considerando que consta de 16 años de antigüedad se puede decir que tuvo un buen comportamiento. La vivienda se encuentra protegida por sombra de varios árboles.

### **3.1.8 Posadas**

**Obra:** Viviendas Créditos Individuales.

**Viviendas analizadas:** 6.

En las Figuras 3.13 a 3.16 pueden observarse viviendas protegidas con pintura texturable, finalizadas en el 2001. La primera está ubicada en la calle 110-A N° 3749. Se aprecia una importante pérdida de color en las cuatro caras, aún en la sur donde no recibe radiación solar directa. El aspecto general es bueno, se observa una capa de pintura en espesor importante, texturizada.



**Figura 3.13.** Posadas. Pared Sur, pintada con látex texturable

Las figuras 3.14 muestran el salón de reuniones del INTA, ubicado sobre la Ruta 12. Se pintó con pintura texturable, después de 3 años de exposición. Mantiene su pintura original. Se observa el mismo caso de pérdida de color que la anterior analizada. En la parte inferior sur se ve presencia de moho. La pared este muestra un leve rajado longitudinal.



**Figura 3.14. (a) y (b).** Posadas. Pintura al látex texturable, pared este (izquierda). Pared sur (derecha)

En la Figura 3.15 y 3.16 se observan las oficinas de APICOFON ubicadas sobre la Av. Rademacher de Posadas, finalizadas en el año 2001. Mantienen su pintura original del tipo Texturable. Donde se encuentran clavos el recubrimiento se desprende más rápido, dejando la madera libre.



**Figura 3.15.** Posadas. Pintura al látex texturable. Pared Este

Las figuras 3.16 a y b son de la cara norte de una de las oficinas, la diferencia se debe a que la de la izquierda (a) está protegida por una galería y la otra (derecha) no.



**Figuras 3.16.(a) y (b).** Posadas. Pintura al látex texturable. Pared norte bajo galería (izquierda). Pared norte, expuesta (derecha)

### **3.2 Resumen De Las Observaciones**

Para la protección de los paneles se han utilizando pinturas al látex de base acuosa y esmaltes alquídicos base solvente. Las aberturas y molduras se han pintando con esmaltes alquídicos brillantes.

Los látex utilizados son de PVC alto, y su desempeño no es bueno; se observan paneles totalmente despintados, maderas agrietadas y absorción de humedad. El mejor desempeño en látex fue de los texturables, no obstante hay una importante pérdida de color aún en paneles que dan al sur. Estos defectos son característicos de pinturas formuladas con alto nivel de cargas minerales, pierden elasticidad, son permeables y los pigmentos al estar en baja proporción respecto a las cargas minerales se vuelven inestables y reaccionan químicamente perdiendo sus propiedades ópticas originales.

El mejor desempeño se pudo apreciar en esquemas con esmalte alquídico. No obstante, se registraron casos como las viviendas de la Facultad de Ciencias

Forestales de Eldorado, pintadas hace 3 años con esmalte alquídico que estaban muy deterioradas. Un motivo de esta variación es el medio que rodea a la casa (vegetación, humedad, exposición al sol). Otro factor que afecta la durabilidad de un esmalte, pero que nos es imposible determinar, es el tipo de resina alquídica utilizada en la formulación.

Otra observación importante es la diferencia de durabilidad manifestada entre esquemas con y sin fondo, siendo el segundo esquema de muy baja eficiencia.

Entre los defectos se observó caleo o entizado, rajado de la película en sentido longitudinal, desprendimiento de la película, principalmente en los nudos y zonas próximas a estos. El caleo o entizado es propio de las pinturas alquídicas, esto consiste en la oxidación de la resina dejando libre el pigmento en forma de polvo superficial removible fácilmente por fricción

Respecto a los látex es muy difícil sacar una conclusión técnica sobre lo observado. Lo que si podemos afirmar es que las pinturas utilizadas eran de PVC alto y el resultado fue malo.

El aporte más concreto lo obtuvimos con pinturas texturables; su PVC ronda entre 60 y 70, y lograron una protección de 3 años pero aplicados a elevados espesores. Se registró en este tipo de pinturas una fuerte decoloración, que la atribuimos a la interacción pigmento-carga en presencia de humedad; ya que en la pared sur, donde no hay radiación solar directa, también apareció el defecto.

A partir de los tres años comienza la aparición de agrietado y desprendimiento de pintura.

### **3.3 Conclusiones**

Los tipos de pinturas utilizados son principalmente recubrimientos acrílicos texturables acuosos (PVC: 60 - 70), esmaltes sintéticos alquídicos base solvente brillantes (PVC menor a 15) y látex en general de PVC alto. El mejor desempeño se da en los alquídicos, en segundo término los recubrimientos acrílicos texturables. El uso de látex de PVC alto está motivado en su menor costo, pero los resultados obtenidos en madera al exterior son pésimos.

Los daños observados son agrietamiento longitudinal, desprendimiento del film de pintura, caleo y pérdida del color.

# **CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **4.1 Introducción**

Se tiene por meta lograr una protección efectiva, sin aparición de defectos en el film por un tiempo mínimo dos años, sin mantenimiento. De acuerdo a las conclusiones obtenidas en la inspección de las viviendas en servicio y la investigación bibliográfica realizada, se han seleccionado formulaciones de pinturas con valores de PVC entre 15 y 45.

Como fondo se han formulado dos, uno alquídico y otro estireno acrílico.

Se formularon 27 pinturas combinando tres niveles de PVC, tres polímeros y tres pigmentos. Se realizaron 54 esquemas de pintado utilizando las 27 pinturas por quintuplicado, dos fueron a cámara, dos a exposición directa y la restante quedó como control.

Para los ensayos en cámara se siguió la norma ASTM 4587; para los ensayos a intemperie real se siguió la norma IRAM 1023.

## **4.2 Preparación De Muestras**

Se utilizó madera de *Pinus elliotti*, cepillado en ambas caras, impregnada con CCA. Se utilizaron tablas de 20 x 75 x 150 mm (espesor, ancho y largo) para cámara y 25 x 20 x 30 mm (espesor, ancho y largo) para intemperismo natural, las cuales se dejaron una semana a 25 °C y 50 % de humedad relativa para su estabilización antes de pintar.

Una vez preparadas las pinturas se dejaron estabilizar 24 horas y se procedió al pintado aplicando en la cara a exponer un fondo de 50 micrómetros de espesor y 50 micrómetros para la pintura de terminación (en ambos casos corresponde a película seca). Los bordes y parte trasera se sellaron con esmalte alquídico aluminio para evitar el ingreso de humedad a la pieza y eliminar toda influencia que no tenga que ver con el ensayo específico.

Una vez terminado el esquema se dejan las probetas en un ambiente a temperatura y humedad controlados (23 – 25 °C y aproximadamente 50 %

humedad) por una semana y entonces se sometieron a su respectivo tratamiento (20, 21, 22, 23, 24).

### **4.3 Materias Primas Utilizadas En La Elaboración De Las Pinturas**

#### **4.3.1 Polímeros**

##### **4.3.1.1 Resina Alquídica Al Solvente**

- Larga en aceite secante ( contenido aproximado de 60 % en peso).
- Esterificada con pentaeritritol.
- 70 % sólidos.
- Viscosidad (Gardner, 25 °C) Z4 - Z6.
- Acidez sobre sólidos 10,7 (el índice de acidez es el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos libres en 1 gramo de muestra).
- Color Helliage 3.
- Densidad 0,97 kg/lt.

##### **4.3.1.2 Dispersión Acuosa Estireno Acrílica**

- Exenta de plastificantes.
- Aspecto blanco azulado.
- Película transparente, dura y sin tack residual.
- 50 % sólidos.
- pH 7,5-9,2.
- Viscosidad (Brookfield RVT) 3000-5000 cp, R 5, a 20 rpm, a 25 °C.
- Tamaño de partícula aproximadamente 1 micrómetro.
- Densidad 1,05 kg/lt.
- Temperatura mínima de formación de película aproximadamente 17 °C.
- Temperatura de transición vítrea aproximadamente 20 °C.
- Absorción de agua después de 24 hs de inmersión aproximadamente 10 %.

#### **4.3.1.3 Dispersión Acuosa Estireno Acrílica Elástica**

- Exenta de plastificantes.
- Aspecto blanco azulado.
- Película transparente, dura con leve tack residual.
- 50% sólidos.
- pH 7,5 - 9,2.
- Viscosidad (Brookfield RVT) 2000 – 3000 cp, R 5, a 20 rpm, a 25 °C.
- Tamaño de partícula aproximadamente 1 micrómetro.
- Densidad 1,05 kg/lt.
- Temperatura mínima de formación de película aproximadamente 10 °C.
- Temperatura de transición vítrea aprox. 5 °C.
- Absorción de agua después de 24 hs de inmersión aproximadamente 10 %.

#### **4.3.1.4 Dispersión Acuosa Acrílica**

- Exenta de plastificantes.
- Aspecto blanco azulado.
- Película transparente, semi dura sin tack residual.
- 50 % sólidos.
- pH 7,5 – 8.
- Viscosidad (Brookfield RVT) 300-900 cp, R 3, a 20 rpm, a 25 °C.
- Tamaño de partícula fino.
- Densidad 1,05 kg/lt.
- Temperatura mínima de formación de película aprox. 20 °C.
- Temperatura de transición vítrea aproximadamente 17 °C.
- Absorción de agua después de 24 hs de inmersión aproximadamente 10 %.

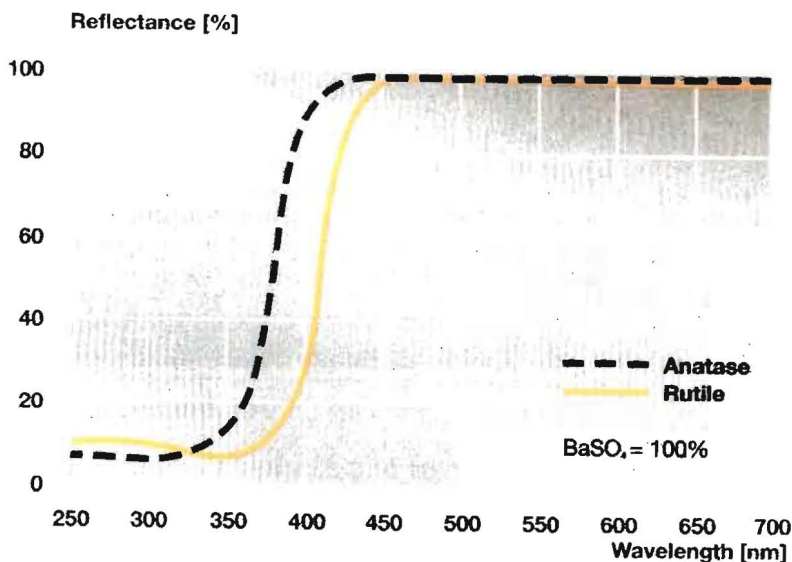


## 4.3.2 Pigmentos Y Cargas

### 4.3.2.1 Dióxido de Titanio

El dióxido de titanio presenta tres variedades cristalográficas: rutilo, anatase (ambas tetragonales) y brookita (ortorrómbica, la menos abundante, inexplorada). La más utilizada es el rutilo, debido a que, a igualdad de condiciones, desarrolla un poder cubriente de 20 % mayor que el anatase. El anatase prácticamente no se utiliza en pinturas salvo casos especiales (pinturas artísticas, por ejemplo debido a su mayor blancura).

El dióxido de titanio absorbe radiación electromagnética en la zona del UV, por debajo de los 385 nm para el anatase y de los 415 nm para el rutilo. Por ello la reflexión difusa (curva de reflectancia) para el anatase en el visible es menos amarillenta que la del rutilo: este refleja menos efectivamente las longitudes de onda del extremo azul del espectro.



**Figura 4.1.** Curva de reflectancia de anatase y rutilo para el rango de ancho de onda entre 250 y 700 nm (25)

Dicha absorción en el UV indica que ambos pigmentos son buenos protectores de los sustratos sobre los que se aplican e inclusive protegen al vehículo de la pintura; que en exposición al sol recibe radiación UV solamente en los primeros

micrones desde la superficie. Esto ayuda a que la degradación fotoquímica del vehículo sea de unos pocos micrones por año, en usos exteriores y además, le da a la pintura efecto autolimpiante.

Características:

- Dosificación 20 % en peso sobre el total de la formulación.
- Densidad 4,1 kg/lt.
- Absorción de aceite 21 (mililitros de aceite de lino necesarios para empastar 100 gramos de pigmento).
- Tipo Rutilo.
- Color Blanco.

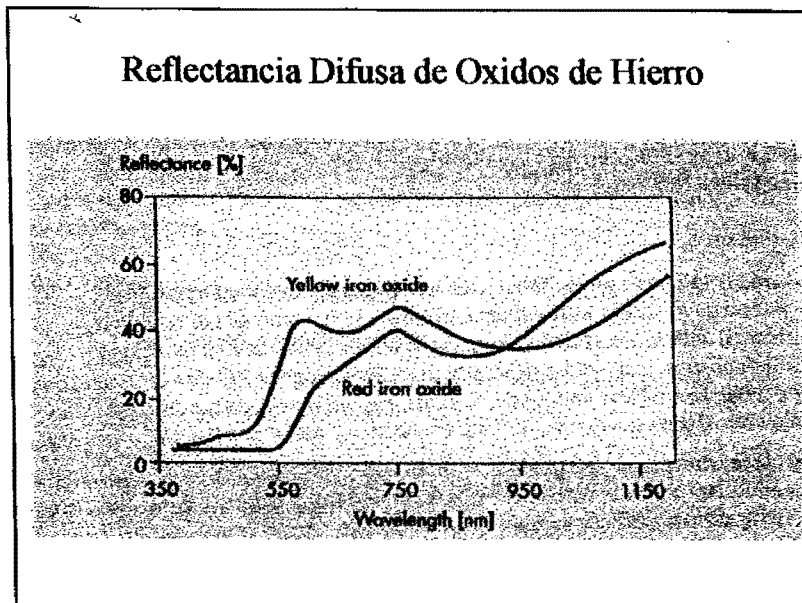
#### **4.3.2.2 Óxidos de Hierro Rojo**

Los óxidos de hierro poseen una gran importancia en el mercado de pigmentos por su amplia variedad de colores, bajo costo, estabilidad y por su naturaleza no tóxica.

Los óxidos de hierro rojo son utilizados en plásticos, caucho, cerámicas y muchas otras aplicaciones por causa de su resistencia a ácidos y álcalis, pureza, estabilidad al calor, etc. (26).

Características:

- Dosificación 8 % en peso sobre el total de la formulación.
- Densidad 4,8 kg/lt.
- Absorción de aceite 19 (mililitros de aceite de lino necesarios para empastar 100 gramos de pigmento).
- Contenido de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  92 - 99 %.
- Tipo sintético.
- Color Rojo.



**Figura 4.2.** Perfil de reflectancia para los óxidos de hierro (27)

### 4.3.2.3 Azul de Ftalocianina

Los azules de ftalocianina son pigmentos orgánicos de mayor grado de solidez en general, superando en algunos casos a ciertos pigmentos inorgánicos.

Debido a su alto poder de tinción y cobertura, sumado a un proceso económico de obtención, se ha convertido en el pigmento azul por excelencia para pinturas arquitectónicas (28).

Características:

- Dosificación al 4 % en peso sobre el total de la formulación.
- Densidad 1,6 kg/lt.
- Absorción de aceite 70 (mililitros de aceite de lino necesarios para empastar 100 gramos de pigmento).
- Color Azul index PB 15:3.

## 4.4 PVC

El PVC se reguló con el contenido óptimo de pigmento, dolomita (carbonato de calcio y magnesio) micronizada como carga de relleno, contenido de solvente y polímero.

Para una pintura con un nivel adecuado de opacidad se recomiendan los siguientes porcentajes de pigmento en peso sobre el total de la formulación (29, 30):

- Dióxido de titanio: 20 %
- Óxidos de hierro : 8 %
- Pigmentos orgánicos (azul ftalo en nuestro caso): 4 %

**Tabla 4.1. Fórmula base para las pinturas acrílicas y estireno acrílicas**

<b>Recubrimiento Plástico Blanco, PVC 15</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (%)</b>
AGUA	13,90
DISPERSANTE POLIACRILICO	0,37
EMULSIONANTE NO IONICO	0,10
ANTIESPUMANTE	0,20
ESPESANTE CELULOSICO	0,44
HEXAMETA FOSFATO 30 %	0,15
DOLOMITA MICRONISADA	1,70
DIOXIDO DE TITANIO	20,00
DISPERSIÓN DE POLIMERO 50 % SÓLIDOS	59,64
BACTERICIDA CONSERVANTE	0,15
FUNGUICIDA PARA PELICULA	0,25
COALESCENTES	3,12
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
	<b>PVC</b>
	15
	<b>% Sólidos</b>
	50,00
	<b>% Sólidos Vehículo</b>
	28,327

**Tabla 4.2. Fórmula base para las pinturas de resina alquídica**

<b>Esmalte Alquídico Blanco, PVC 15</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (%)</b>
RESINA ALQUIDICA MEDIANA 50 % SÓLIDOS	58,00
HUMECTANTE DISPERSANTE	0,20
DIÓXIDO DE TITANIO	20,00
DOLOMITA MICRONIZADA	1,00
AGUARRAS	19,74
OCTOATO DE COBALTO 6 %	0,20
OCTOATO DE CALCIO 4 %	0,29
OCTOATO DE PLOMO 24 %	0,47
ANTICAPA	0,10
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
<b>PVC</b>	<b>15,00</b>
<b>% Sólidos</b>	<b>50,00</b>
<b>% Sólidos Vehículos</b>	<b>29,00</b>

Para obtener las formulas de PVC 30 y 45 se disminuyó la cantidad de emulsión y resina y se aumentó cargas y solvente, de manera que el contenido de sólidos permanezca constante.

**Tabla 4.3. Fórmula del fondo estireno acrílico blanco**

<b>Fondo Estireno Acrílico Blanco</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (%)</b>	
AGUA	16,80	
DISPERSANTE POLIACRILICO	0,36	
EMULSIONANTE NO IONICO	0,10	
ANTIESPUMANTE	0,19	
ESPELANTE CELULOSICO	0,43	
HEXAMETA FOSFATO 30 %	0,14	
CARBONATO CALCIO	10,00	
CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO	16,00	
TALCO	13,00	
DIÓXIDO DE TITANIO	6,00	
DISPERSIÓN DE POLIMERO 50 % SÓLIDOS	35,00	
BACTERICIDA CONSERVANTE	0,14	
COALESCENTES	1,83	
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	
	<b>PVC</b>	<b>46,20</b>
	<b>% Sólidos</b>	<b>61,627</b>
	<b>% Sólidos Vehículo</b>	<b>16,626</b>

**Tabla 4.4. Fórmula del fondo alquídico blanco**

<b>Fondo Alquídico Blanco</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (%)</b>
RESINA MEDIANA 50 % SÓLIDOS	40,00
DIOXIDO DE TITANIO	6,00
HUMECTANTE DISPERSANTE	0,45
TALCO	13,00
CARBONATO DE CALCIO	10,00
CARBONATO DE CALCIO PRECIPITADO	16,00
AGUARRAS	13,46
OCTOATO DE COBALTO 6 %	0,21
OCTOATO DE CALCIO 4 %	0,31
OCTOATO DE PLOMO 24 %	0,48
ANTICAPA	0,09
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
	<b>PVC</b> 43,00
	<b>% Sólidos Resina</b> 20,00
	<b>% TiO<sub>2</sub></b> 6,00
	<b>Sólidos Totales</b> 65,00
	<b>% Sólidos Inertes</b> 45,00

## 4.5 Cámara De Envejecimiento

Se realizó una búsqueda en internet sobre equipos de intemperismo acelerado, se contactó a los proveedores y se solicitó cotización de los mismos. Siendo que los montos superaron las posibilidades económicas de las partes intervinientes en este proyecto se decidió recabar información con vista a fabricar el equipo. Se adquirieron las normas con las especificaciones técnicas, se obtuvo información a través de internet y se realizó la construcción del mismo.

Se eligió para el trabajo el diseño de equipo propuesto por la norma ASTM G53 (31). Este equipo trabaja básicamente en dos ciclos; uno es de radiación UV con temperatura que ronda los 60 a 70 °C; el otro es de condensación de humedad en la superficie de las probetas, en oscuridad y con temperatura comprendida entre 40 y 60 °C.

Para esto el equipo viene provisto de 8 tubos fluorescentes de radiación UVA, un sistema de calentamiento para regular la temperatura a la que son sometidas las muestras durante el ciclo de radiación UV, una bandeja porta agua dotada de un sistema de calentamiento que permite la deposición de agua sobre la superficie en examen durante el ciclo de condensación.

El equipo se dotó de un sistema de operación manual, un control por termostatos para los dos sistemas de calentamiento y un sistema automático de control por computadora donde se puede programar los ciclos y obtener un registro.

La radiación UV: se obtiene de 8 tubos fluorescentes ultravioleta ubicados en las caras del recinto de la máquina que se enfrentan a las muestras expuestas. Se colocaron cuatro tubos por lado para tal fin. Los tubos utilizados son de la firma Philips de Holanda, modelo R-UVA 60W TL/10-R.

Para llegar a una temperatura del aire cercana a los 80 °C se montaron resistencias calefactoras de 1500 W, ubicadas dentro del recinto, y para uniformizar el calentamiento se utiliza un ventilador.

Para alcanzar la humedad necesaria en el punto de saturación, se utiliza una resistencia de 1250 W ubicadas en la batea con agua, en la parte inferior externa del recinto.

Para la adquisición de los datos y control se utiliza una computadora con placa adquisidora de datos y se realizó un programa para la operación y



registro (32, 33). En las figuras 4.3 y 4.4 se aprecia el equipo construido, que incluye sistema de control y adquisición de datos automáticos. Las caras transversales están destapadas para mostrar la disposición de los tubos. Las muestras se montan en las puertas.



**Figura 4.3.** Fotografía de la cámara de intemperismo acelerado



**Figura 4.4.** Vista transversal del equipo de envejecimiento

## **4.6 Ensayos Realizados Y Presentación De La Información**

Se efectuaron los ensayos a recomendados en la norma IRAM 1023 los cuales son:

- Color: utilizando un espectrofotómetro.
- Brillo: observación visual y comparativa con las muestras control.
- Aspecto general.
- Tizado.
- Arrugado.
- Ampollado.
- Cuarteado.
- Agrietado.
- Desprendimiento de película.

### **4.6.1 Lecturas De Color Y Brightness**

Las lecturas de color y brightness se hicieron en el laboratorio del PROCyP (Programa de Investigación de Celulosa y Papel) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Misiones. El equipo de medición utilizado es marca Color Touch, Modelo ISO de la Technodyne Corporation. El mismo posee tres tipos de detectores, uno para cada componente primario azul, verde y bermellón, que captan proporcionalmente la cantidad de cada uno de ellos en la composición del color y convierte esas sensaciones luminosas en valores de triestímulos o valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Este método de evaluación del color se denomina CIE  $L^*a^*b^*$ .

#### **4.6.1.1 Diferencias de Color**

La diferencia entre dos colores (Delta E) se obtiene de la sustracción de los valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  de una muestra versus un patrón. Con algún conocimiento sobre el espacio CIE  $L^*a^*b^*$ , un técnico puede decir a través de los valores de Delta E si una muestra es más clara, oscura, azulada, rojiza, verdosa o amarillenta que el patrón.

Delta  $L^*$ + la muestra esta más clara que el patrón.

Delta L\*- la muestra esta más oscura que el patrón.

Delta a\*+ la muestra esta más rojiza que el patrón.

Delta a\*- la muestra esta más verde que el patrón.

Delta b\*+ la muestra esta más amarilla que el patrón.

Delta b\*- la muestra esta más azul que el patrón.

Las diferencias de color en cada eje pueden ser transformadas en la diferencia total de color Delta E por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Delta E} = ((\text{Delta L}^*)^2 + (\text{Delta a}^*)^2 + (\text{Delta b}^*)^2)^{0.5}$$

Los valores de Delta E entre 0,2 y 0,3 representan aproximadamente el límite de la percepción humana de una diferencia entre dos colores (34).

## **4.6.2 Presentación De La Información**

Los esquemas se agruparon para su comparación y análisis por color. Se realizó un análisis de variancia de varios factores para la variable Delta E12G, que representa la diferencia de color a los doce meses de exposición con el color original; y Delta B12G que representa la variación de Brightness en los blancos a los doce meses. Los factores que intervienen son el tipo de Polímero, nivel de PVC y se introduce número de Muestra a los efectos de discriminar si hay variabilidad por las diferencias de superficie que puedan presentar las tablas de madera (rugosidad, porosidad, etc).

### **4.6.2.1 Resultados del ANOVA**

Se realizó el análisis estadístico de los datos utilizando un programa de computadora específico. Se comparó el valor "p-value" que arroja el programa en la tabla de análisis de varianza (ANOVA). A valores de "p", menores a 0.05 (nivel de significación elegido) implica que hay influencia del factor en cuestión. Si en cambio, el valor arrojado es mayor a 0.05, indica que no hay influencia significativa del factor en la variable.

#### **4.6.2.2 Tabla de las Medias Cuadráticas Mínimas con 95.0 Intervalo de Confianza Porcentual**

Esta tabla es calculada por el programa de estadísticas y muestra la media de Delta E12G para cada color, y Delta B12G para los blancos, para cada nivel de los factores. También muestra el error estándar de cada media, el cual es calculado de su variación muestral.

Las dos columnas más a la derecha muestran los intervalos de confianza al 95.0 % para cada media, el límite superior y el límite inferior. Estos intervalos se pueden apreciar en los gráficos de medias.

#### **4.6.2.3 Tabla de variación anual del color**

En estas tablas se muestra los valores medios para cada trimestre tomado entre trimestres. Seguidamente se grafican los datos.

#### **4.6.2.4 Tablas con la apreciación del aspecto general de acuerdo a la norma IRAM 1023**

Se tabulan los valores de las observaciones relevantes y por último se grafica la variación del aspecto general según una categorización por percepción visual, siguiendo los lineamientos de la norma.

## 4.7 Resultados De Las Pinturas Pigmentadas Con Dióxido De Titanio

### 4.7.1 Variación De Color En Intemperie Real

Tabla 4.5. Delta E para Blancos después de un año de exposición

Polímero	PVC	Muestra	Delta E 12G
Alquídico	15	1	1,85
Alquídico	15	1	1,61
Alquídico	15	2	1,61
Alquídico	15	2	1,79
Alquídico	30	1	1,49
Alquídico	30	1	3,45
Alquídico	30	2	4,84
Alquídico	30	2	2,07
Alquídico	45	1	6,11
Alquídico	45	1	4,22
Alquídico	45	2	6,07
Alquídico	45	2	4,89
EA*	15	1	9,85
EA	15	1	7,76
EA	15	2	8,09
EA	15	2	7,38
EA	30	1	7,64
EA	30	1	8,50
EA	30	2	7,28
EA	30	2	8,50
EA	45	1	9,73
EA	45	1	8,97
EA	45	2	9,78
EA	45	2	8,02
Acrílico	15	1	25,77
Acrílico	15	1	20,91
Acrílico	15	2	24,24
Acrílico	15	2	20,77
Acrílico	30	1	17,03
Acrílico	30	1	13,97
Acrílico	30	2	16,49
Acrílico	30	2	15,19
Acrílico	45	1	16,56
Acrílico	45	1	10,92
Acrílico	45	2	14,49
Acrílico	45	2	10,24

\*EA = estireno acrílico

Delta E 12G se calculó con los valores de la tabla A1.

**Tabla 4.6. Resumen del análisis**

Variable Dependiente	Factores	Número de Casos
Delta E12G	Polímero	36
	PVC	
	Muestra	

**Tabla 4.7. Análisis de variancia para Delta E12G**

Factores	p-value
A: Polímero	0,0000
B: PVC	0,0070
C: Muestra	0,6358
<b>Interacciones</b>	
AB	0,0000

Delta E12G representa la diferencia de color global entre el original y el final, luego de doce meses de exposición. Los factores Polímero y PVC afectan significativamente la variable color. Además, la interacción Polímero PVC es significativa (efecto aditivo de factores).

Como Muestra no es un factor que afecte significativamente la variable Delta E, se la excluye del análisis y se incorpora como repeticiones. Los resultados se expresan en la tabla siguiente.

**Tabla 4.8. Análisis de Variancia para Delta E12G**

Factores	p-value
A: Polímero	0,0000
B: PVC	0,0060
<b>Interacciones</b>	
AB	0,0000

En la tabla 4.9 se presentan los valores de las medias de los distintos grupos para los valores de Delta E.

Se observa que la fórmula con menor variación de color fue el alquídico con PVC 15 (remarcado con celeste). El peor valor correspondió a la fórmula de Acrílico PVC 15 (remarcado con amarillo). Estos valores representan el cambio entre el color de inicio y el leído a los 12 meses de exposición.

**Tabla 4.9. Medias cuadráticas mínimas para Delta E12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual**

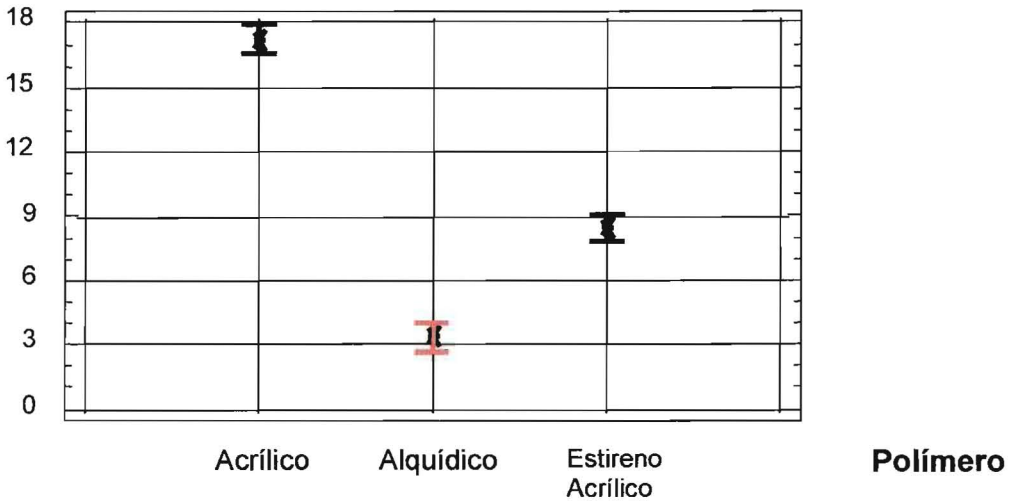
Nivel	Cantidad	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite superior
<b>Polímero</b>					
Acrílico	12	17,21	0,45	16,28	18,15
Alquídico	12	3,33	0,45	2,40	4,27
Estireno Acrílico	12	8,46	0,45	7,52	9,39
<b>PVC</b>					
15	12	10,97	0,45	10,03	11,90
30	12	8,87	0,45	7,97	9,80
45	12	9,17	0,45	8,24	10,10
<b>Polímero vs PVC</b>					
Acrílico 15	4	22,92	0,79	21,30	24,54
Acrílico 30	4	15,67	0,79	14,05	17,29
Acrílico 45	4	13,05	0,79	11,43	14,67
Alquidico 15	4	1,71	0,79	0,10	3,33
Alquidico 30	4	2,96	0,79	1,34	4,58
Alquidico 45	4	5,32	0,79	3,70	6,94
EA*15	4	8,27	0,79	6,65	9,89
EA 30	4	7,98	0,79	6,36	9,60
EA 45	4	9,12	0,79	7,51	10,74

\*EA = Estireno Acrílico

En la figuras 4.5 se aprecia que el tipo de polímero influyó significativamente al color. En las fórmulas con alquídico se observa menor variación.

**Figura 4.5. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % de Delta E con respecto al factor polímero**

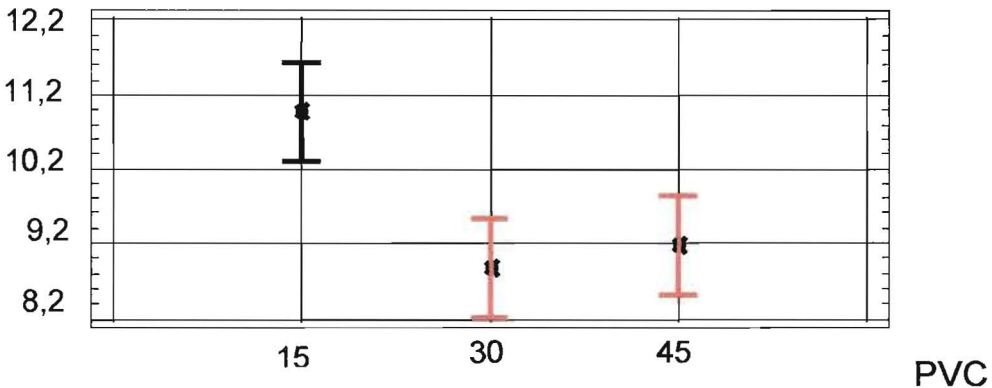
**Delta E12 Meses**



En la figura 4.6 se observa la influencia del PVC. El valor 15 manifestó una diferencia significativa con 30 y 45.

**Figura 4.6. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % de Delta E con respecto al factor PVC**

**Delta E 12 Meses**





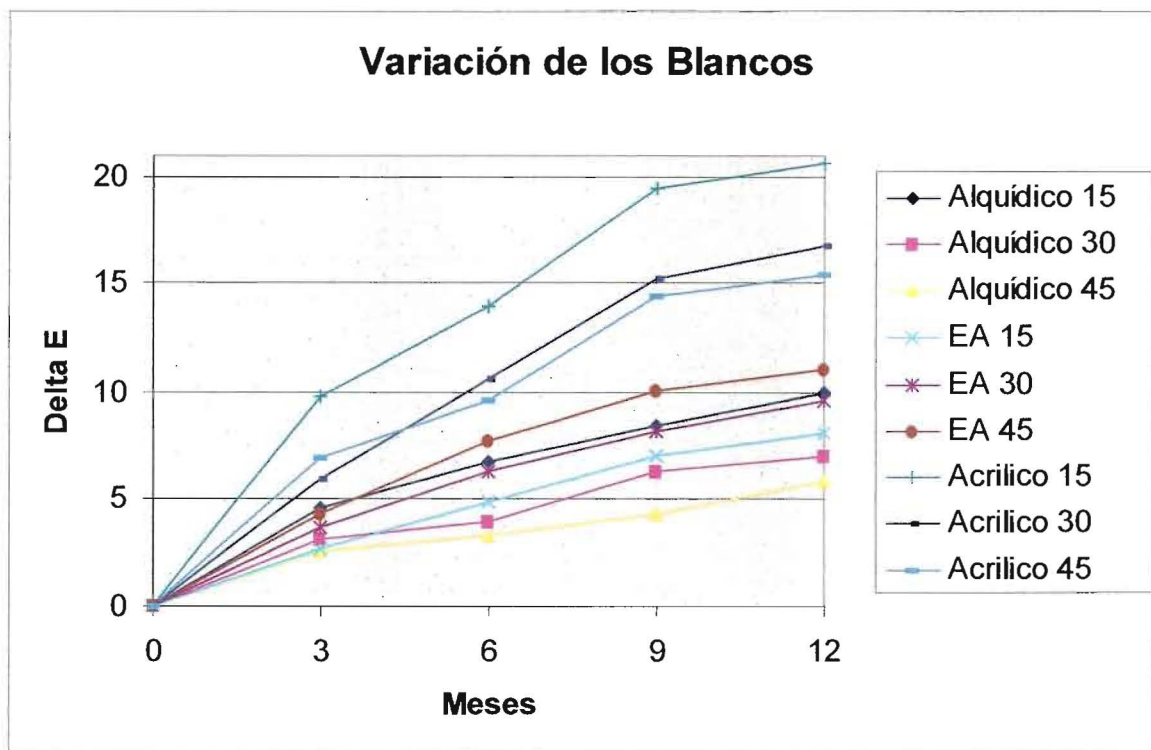
Se calculó Delta E entre trimestres. Las diferencias obtenidas se tomaron como incrementos de variación y se sumaron. En celeste se remarca la fórmula de menor variación; en amarillo se remarca la fórmula de mayor variación. Los valores se representan en la figura 4.7.

**Tabla 4.10. Valores trimestrales de Delta E**

Fórmula	Meses de Exposición				
	0	3	6	9	12
Alquídico 15	0	4,5	6,68	8,39	9,99
Alquídico 30	0	3,09	3,88	6,26	6,99
Alquídico 45	0	2,52	3,3	4,21	5,78
EA* 15	0	2,65	4,77	6,95	8,03
EA 30	0	3,66	6,29	8,18	9,56
EA 45	0	4,21	7,67	10,01	11,08
Acrílico 15	0	9,8	13,91	19,46	20,65
Acrílico 30	0	5,87	10,56	15,19	16,77
Acrílico 45	0	6,91	9,59	14,35	15,38

\*EA = estireno acrílico

**Figura 4.7. Valores trimestrales de Delta E para Blancos**



#### 4.7.2 Variación De Color En Intemperie Acelerada

Tabla 4.11. Delta E para Blancos después de tres mil horas de exposición

Polímero	PVC	Muestra	Delta E
Alquídico	15	1	0,90
Alquídico	15	1	2,24
Alquídico	15	2	0,89
Alquídico	15	2	2,21
Alquídico	30	1	1,58
Alquídico	30	1	2,59
Alquídico	30	2	1,45
Alquídico	30	2	2,67
Alquídico	45	1	2,88
Alquídico	45	1	3,15
Alquídico	45	2	3,12
Alquídico	45	2	2,83
EA*	15	1	9,75
EA	15	1	13,12
EA	15	2	8,78
EA	15	2	12,57
EA	30	1	11,56
EA	30	1	11,84
EA	30	2	8,16
EA	30	2	12,80
EA	45	1	11,75
EA	45	1	14,19
EA	45	2	11,32
EA	45	2	15,35
Acrílico	15	1	8,80
Acrílico	15	1	9,15
Acrílico	15	2	7,62
Acrílico	15	2	6,72
Acrílico	30	1	5,80
Acrílico	30	1	8,40
Acrílico	30	2	7,16
Acrílico	30	2	8,18
Acrílico	45	1	8,87
Acrílico	45	1	7,91
Acrílico	45	2	7,69
Acrílico	45	2	7,92

\*EA = estireno acrílico

Delta E se calculó con los valores de la tabla B1, entre el valor inicial de color y el final después de 3000 horas de exposición.

Se determinó que sólo el factor polímero presenta influencia significativa. Se presentan a continuación las tablas del análisis de variancia.

**Tabla 4.12. Resumen del análisis**

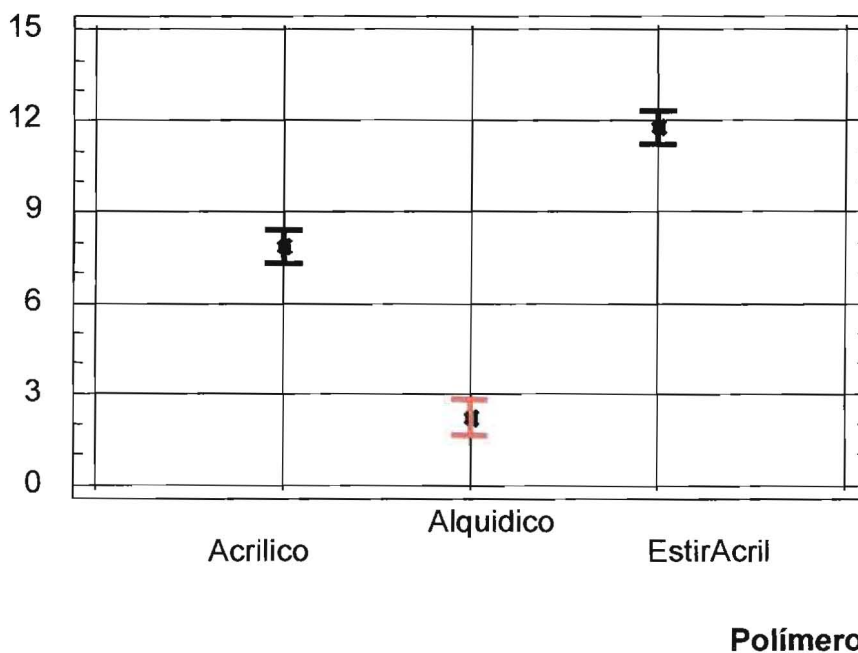
Variable Dependiente	Factores	Número de Casos
Delta E	Polímero	36

**Tabla 4.13. Análisis de variancia para Delta E**

Factores	p-value
Polímero	0,0000

**Figura 4.8. Gráfico de medias e intervalos de confianza al 95.0 %**

Delta\_E



### 4.7.3 Comparación De Resultados De Ambos Métodos

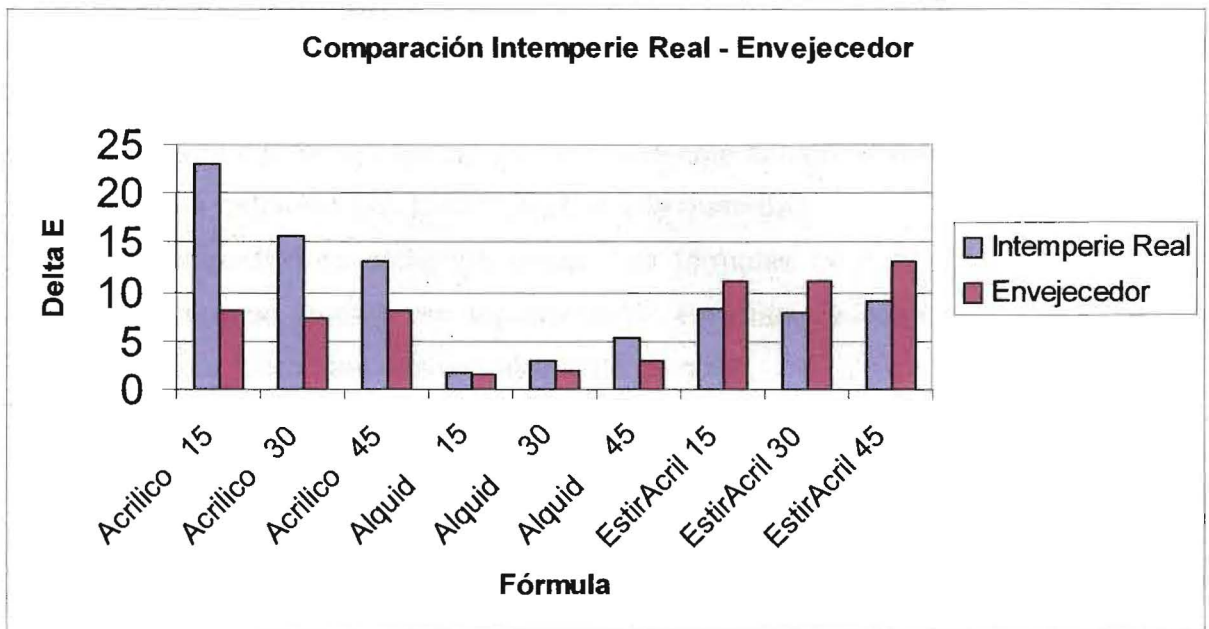
Los promedios calculados corresponden a un año de intemperie real y a tres mil horas en cámara para intemperie artificial.

Tabla 4.14. Valores promedio de Delta E para los dos métodos

	Real	Artificial
Acrílico 15	22,92	8,07
Acrílico 30	15,67	7,39
Acrílico 45	13,05	8,10
Alquídico 15	1,71	1,56
Alquídico 30	2,96	2,07
Alquídico 45	5,32	3,00
EA 15	8,27	11,05
EA 30	7,98	11,09
EA 45	9,12	13,15

Los valores de la tabla 4.14 se grafican en la figura 4.9.

Figura 4.9. Comparación de los métodos de envejecimiento



## **4.7.4 Conclusiones De Los Ensayos De Color Para Las Pinturas Pigmentadas Con Dióxido De Titanio**

### **4.7.4.1 Intemperie Real**

Por el análisis de variancia se determinó que hay influencia en el color de los factores Polímero y PVC, con interacción entre los mismos.

El mejor resultado se obtuvo con la pintura alquídico 15, presentando las superficies lustrosas y limpias.

La fórmula acrílico 15 fue la de peor desempeño. Hay un pronunciado ensuciamiento de las probetas por la presencia de pegajosidad superficial. Este efecto es propio de los polímeros que tienen un Tg bajo y son sometidos a altas temperaturas ambientales. La pegajosidad residual disminuye con el aumento de PVC, lo que se aprecia en una disminución del ensuciamiento por la tierra adherida y por ende un aumento de la blancura en las muestras.

La dispersión Estireno Acrílico se ubico en niveles intermedios. No se observó el efecto de pegajosidad superficial y las muestras se aprecian claramente más blancas y mucho menos percudidas que las de acrílico puro.

### **4.7.4.2 Intemperie Artificial**

Por el análisis de variancia se determinó que hay influencia en el color solo del factor Polímero. El efecto de ensuciamiento superficial no aparece en la cámara ya que está aislada del medio. Se puede decir que este ensayo mide directamente la influencia de la radiación UV, la temperatura y la humedad.

El polímero Alquídico se comportó mejor. Las fórmulas de Acrílico ahora sin el efecto de la tierra se ubicaron en segundo lugar. En cuanto a las muestras de Estireno Acrílico fueron las mayor corrimiento de color.

### **4.7.4.3 Comparación de los Métodos de Envejecimiento**

Por ambos métodos se demuestra el mejor desempeño de los alquídicos, en especial el de PVC 15.

Como información adicional podemos destacar la influencia de la tierra sobre la película de pintura. La influencia del factor PVC en el color, a intemperie real está vinculada directamente a como responde cada fórmula al ensuciamiento. Además de las previsiones que se hacen para enfrentar la degradación del film por acción del sol, el calor y el agua, se deberá poner atención a como evitar el percudido que provoca la tierra misionera. En este aspecto los Alquídicos son menos afectados por la suciedad.

#### 4.7.5 Variación de Luminosidad a Intemperie Real

La luminosidad, conocida técnicamente con el término en ingles brightness no contiene en su calculo componente cromática, se le atribuye el valor 100 al blanco perfecto y cero al negro perfecto. Entre estos dos valores se establece una escala porcentual comparativa con el blanco perfecto.

La variable Delta B12G representa la diferencia global entre la luminosidad original y la final, luego de los 12 meses de exposición. Los valores utilizados en el análisis se encuentran en la tabla A1. Se le atribuye el valor 100 al blanco y 0 al negro

**Tabla 4.15. Resumen del análisis**

Variable Dependiente	Factores	Número de Casos
Delta B12G	Polímero	36
	PVC	

**Tabla 4.16. Análisis de variancia para Delta BG12**

Factores	p-value
A: Polímero	0,0000
B: PVC	0,8857
<b>Interacciones</b>	
AB	0,0305

El factor Polímero afecta significativamente el valor de brightness. PVC y Muestras no afectaron significativamente la variable Delta E. Se excluye Muestras, no así PVC ya que la interacción con Polímero es relevante.

Se tabulan seguidamente las medias de los distintos grupos para los valores de Delta B12G. El signo menos significa que hay disminución de Brightness.

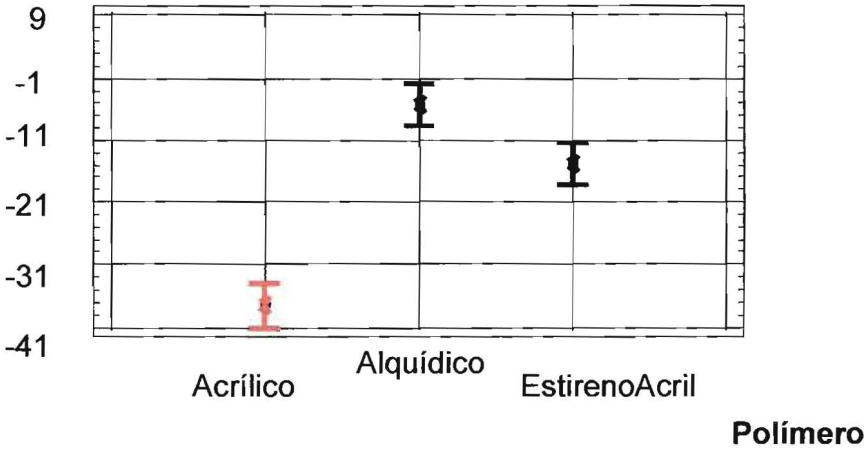
Se aprecia que la fórmula con menor variación fue el alquídico con PVC 15 (remarcado en celeste). El peor valor corresponde a la fórmula de Acrílico PVC 15 (remarcado en amarillo). Estos datos concuerdan con la variable Delta E.

**Tabla 4.17. Medias cuadráticas mínimas para Delta B12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual**

Nivel	Cantidad	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite superior
<b>Polímero</b>					
Acrílico	12	-37,54	2,37	-42,41	-32,67
Alquídico	12	-5,31	2,37	-10,19	-0,44
Estireno Acrílico	12	-14,70	2,37	-19,58	-9,83
<b>PVC</b>					
15	12	-18,23	2,37	-23,10	-13,36
30	12	-19,63	2,37	-24,50	-14,76
45	12	-19,7	2,37	-24,57	-14,83
<b>Polímero vs PVC</b>					
Acrílico 15	4	-44,24	4,11	-52,68	-35,80
Acrílico 30	4	-39,15	4,11	-47,59	-30,71
Acrílico 45	4	-29,24	4,11	-37,68	-20,80
Alquídico 15	4	-1,14	4,11	-9,58	7,29
Alquídico 30	4	-3,79	4,11	-12,23	4,64
Alquídico 45	4	-11,01	4,11	-19,45	-2,57
EA*15	4	-9,31	4,11	-17,75	-0,88
EA 30	4	-15,94	4,11	-24,38	-7,50
EA 45	4	-18,86	4,11	-24,38	-7,50

**Figura 4.10. Brightness, medias e intervalos de confianza al 95.0 %**

**Delta B12G**



En la tabla 4.18 se expresan las lecturas de brightness que se realizaron cada tres meses de exposición. El cambio global es la diferencia entre el valor inicial y el final del experimento. Estos valores se grafican en la figura 4.11. Se remarca en celeste la fórmula de menor variación y en amarillo la fórmula de mayor variación.

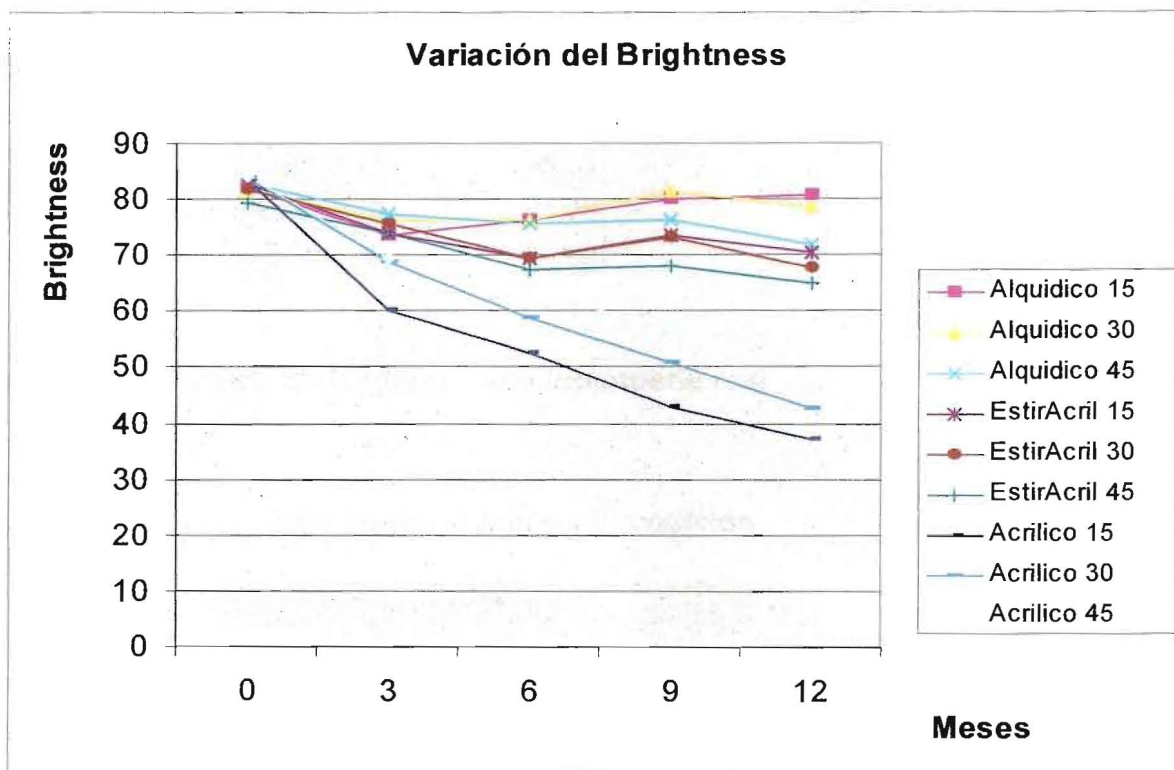
**Tabla 4.18. Valores trimestrales de Brightness**

Formulación	Meses de Exposición					Cambio Global
	0	3	6	9	12	
Alquídicico 15	81,97	73,55	76,18	80,05	80,83	1.14
Alquídicico 30	81,84	76,19	76,18	81,51	78,70	3.14
Alquídicico 45	82,77	77,28	75,67	76,14	71,92	10,85
EA 15	82,93	73,98	69,34	73,35	70,34	12,59
EA 30	81,73	75,44	69,51	73,27	67,55	14,18
EA 45	79,33	73,87	67,26	68,04	65,03	14,30
<b>Acrílico 15</b>	<b>83,49</b>	<b>60,16</b>	<b>52,52</b>	<b>42,96</b>	<b>37,12</b>	<b>46,37</b>
Acrílico 30	83,95	68,59	58,62	50,69	42,67	41,28
Acrílico 45	84,08	69,27	63,58	56,55	55,40	28,68



En la figura 4.11 se aprecia el comportamiento de las distintas fórmulas, como se agrupan por el tipo de polímero. Los alquídicos 15 y 30 se ubican arriba, los siguen Alquídico 45 junto con los estireno acrílicos. Debajo aparecen los tres acrílicos.

**Figura 4.11. Valores trimestrales de Brightness**



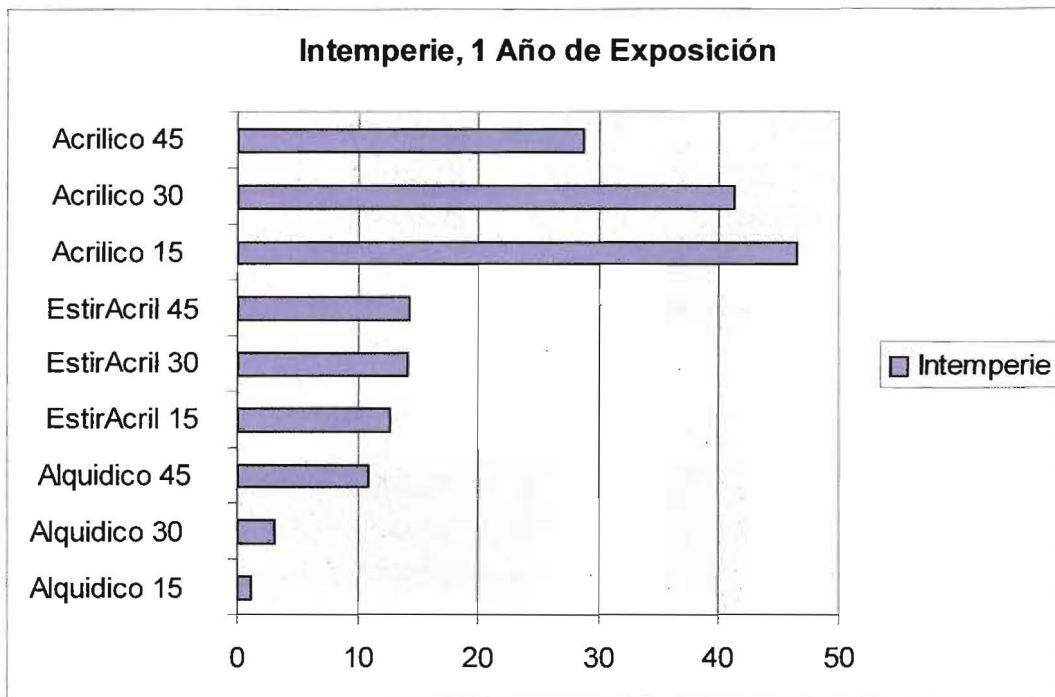
Se produjo muy poca pérdida de Brightness en los Alquídicos, correspondiendo el mínimo para PVC 15; en la medida que aumenta el PVC, el Brightness disminuye. En los Acrílicos se sufrió la mayor caída de Brightness, siendo el peor resultado para PVC 15. Contrariamente a los Alquídicos, en la medida que aumenta el PVC, el Brightness disminuye. Este comportamiento se debe al ensuciamiento superficial por la pegajosidad residual del polímero a valores de PVC bajos.

Se tabulan los valores de pérdida de brightness en la tabla 4.19 y se representan en la figura 4.12.

**Tabla 4.19. Pérdida promedio de Brighness en intemperie real**

Formulación	Variación Total
Alquídico 15	1,14
Alquídico 30	3,14
Alquídico 45	10,85
EA 15	12,59
EA 30	14,18
EA 45	14,3
Acrílico 15	46,37
Acrílico 30	41,28
Acrílico 45	28,68

**Figura 4.12. Pérdida de Brighness en intemperie real**



#### 4.7.6 Variación De Brightness En Intemperie Acelerada

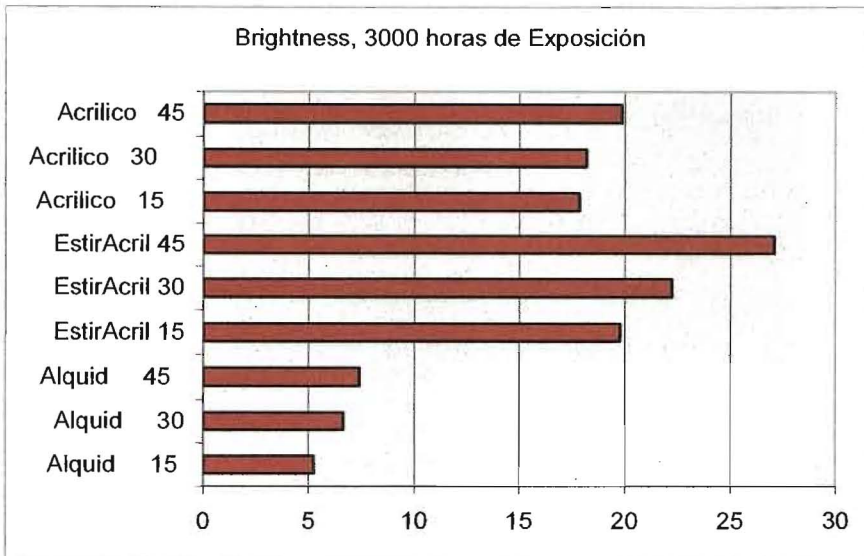
En la tabla 4.20 se presentan las lecturas de brightness inicial y final, y la diferencia entre ambas. Los valores se representan en la figura 4.13 (los datos originales están en la tabla B1).

En los alquídicos se experimentó la menor caída (remarcado en celeste). En tanto que acrílicos y estireno acrílicos se comportaron en forma similar. La fórmula de mayor variación se remarca en amarillo.

**Tabla 4.20. Valores promedio de Brightness después de tres mil horas de exposición**

Brightness, 3000 horas de Exposición				
Esquema		Inicial	Final	Diferencia
Alquidico	15	81,975	76,72	5,255
Alquidico	30	82,495	75,875	6,62
Alquidico	45	82,93	75,525	7,405
EA	15	79,6575	59,91	19,7475
EA	30	83,8875	61,6675	22,22
EA	45	83,4925	56,4125	27,08
Acrílico	15	81,3575	63,5275	17,83
Acrílico	30	81,8225	63,67	18,1525
Acrílico	45	84,6425	64,805	19,8375

**Figura 4.13. Pérdida de Brightness en intemperie acelerada**



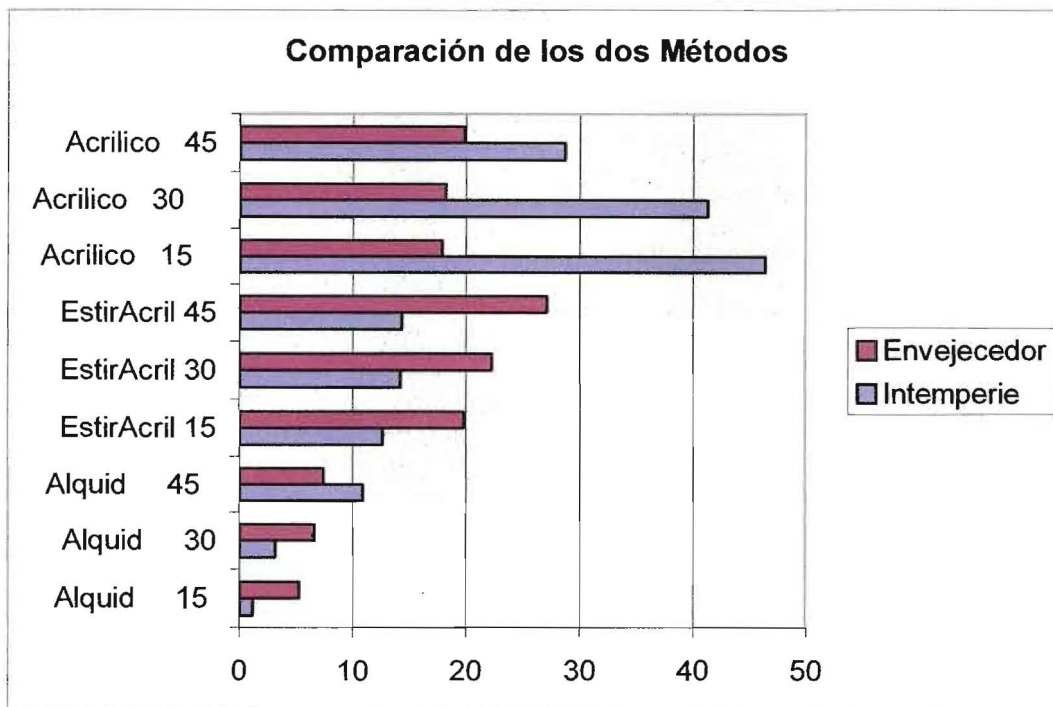
### 4.7.7 Comparación De Los Métodos De Envejecimiento

En la tabla 4.21 y en la figura 4.14 se comparan los valores de pérdida de Brightness de los dos métodos de envejecimiento.

**Tabla 4.21. Variación de Brightness para los dos métodos**

Formulación	Intemperie	Envejecedor
Alquidico 15	1,14	5,255
Alquidico 30	3,14	6,62
Alquidico 45	10,85	7,405
EA 15	12,59	19,7475
EA 30	14,18	22,22
EA 45	14,3	27,08
Acrílico 15	46,37	17,83
Acrílico 30	41,28	18,1525
Acrílico 45	28,68	19,8375

**Figura 4.14. Comparación de los dos métodos de envejecimiento**



#### **4.7.8 Conclusiones Para Las Mediciones de Brightness**

Las conclusiones obtenidas para Delta E se mantienen para brightness.

En la cámara de envejecimiento la influencia de la suciedad es baja y podemos decir que la pérdida de brightness se debe al deterioro del polímero por acción de la radiación UV. En base a esto queda en evidencia que la caída de brightness en Acrílico en exteriores es en gran parte por ensuciamiento.

Los Estireno Acrílico se comportaron mejor en exteriores posiblemente al efecto protector del polvo en la superficie que lo aisló de la radiación UV. La presencia de polvo suelto no incidió en las lecturas de color y brightness porque se lo removió antes de efectuar la medición.

#### 4.7.8 Resumen De Los Datos Obtenidos De Las Observaciones Realizadas Según Norma IRAM 1023

Solo se apreció tizado en la pintura de la fórmula Alquídico 45.

Tabla 4.22. Tizado

Tizado					
PINTURA	MUESTRA	Meses			
		3	6	9	12
Alquídico 45	1	1	1	2	2
	2	1	1	1	2

No se aprecia 1, Poco 2, Mucho 3.

Respecto a Cuarteado y Agrietado se observó en todas las pinturas a PVC 45. La clasificación de defectos (A2, B6, etc.) se realiza por comparación con gráficos especificados en la norma IRAM 1023 (22).

Tabla 4.23. Cuarteado/Agrietado

Cuarteado/Agrietado					
PINTURA	MUESTRA	Meses			
		3	6	9	12
Alquídico 45	1	A2	A2	A2	A4
	2	A2	A2	A2	A4
EA 45	1	A2	A2	A8	B6
	2	A2	A2	A2	A2
Acrílico 45	1	A2	C6	C8	C10
	2	A2	C2	C2	C2

El aspecto general del Alquídico 15 se destaca sobre los demás.

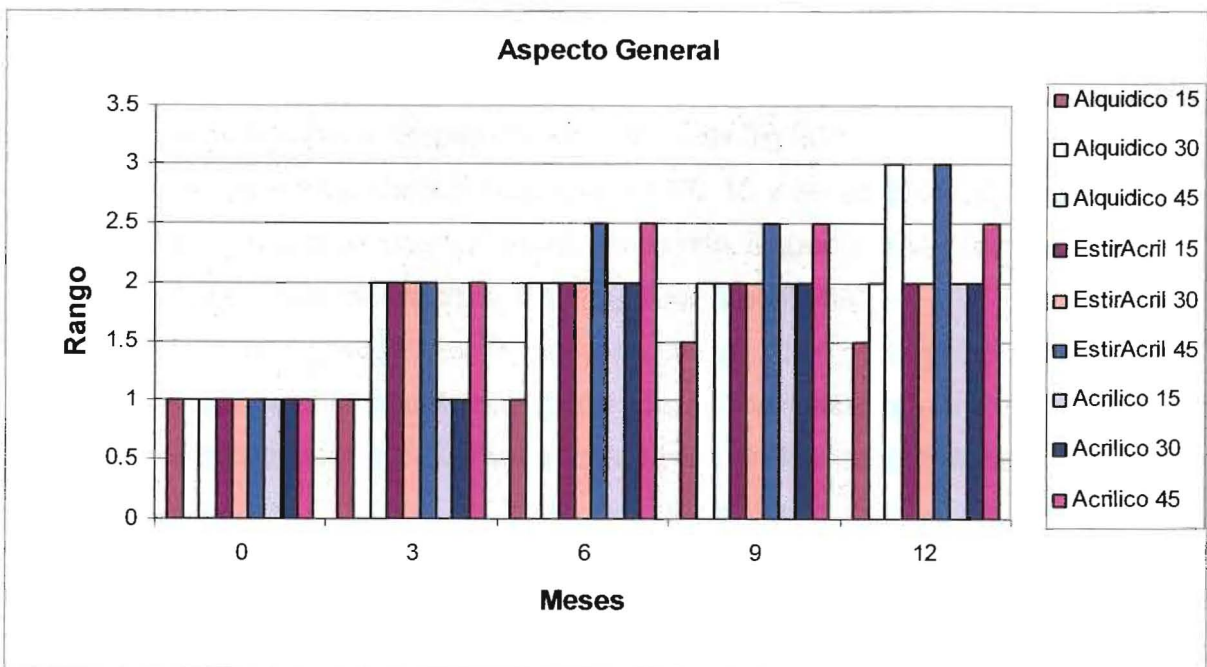
**Tabla 4.24. Aspecto general**

Aspecto general					
PINTURA	Meses				
	0	3	6	9	12
Alquídico 15	1	1	1	1.5	1.5
Alquídico 30	1	1	2	2	2
Alquídico 45	1	2	2	2	3
EA 15	1	2	2	2	2
EA 30	1	2	2	2	2
EA 45	1	2	2.5	2.5	3
Acrílico 15	1	1	2	2	2
Acrílico 30	1	1	2	2	2
Acrílico 45	1	2	2.5	2.5	2.5

Excelente 1, Muy Bueno 2, Bueno 3, Regular 4, Malo 5.

La altura de las barras en la figura 4.15 indica el deterioro.

**Figura 4.15. Aspecto general**



#### **4.7.9 Conclusiones Generales De Las Fórmulas De Pinturas Pigmentadas Con Dióxido De Titanio**

Se determinó que la fórmula de alquídico largo en aceite de PVC 15 da el mejor resultado. Esto se debe a la combinación de la resina alquídica con el Dióxido de Titanio. El polímero aporta alta elasticidad, excelente nivelación, brillo e impermeabilidad al agua. El dióxido de titanio aporta absorción de radiación UV y reflexión de radiación calórica (los esquema blancos son más fríos que los de color).

Para los alquídicos, a medida que aumenta el PVC, el Brightness disminuye en el tiempo por acción del medio ambiente, esto es producto de que, al aumentar el PVC, aumenta la porosidad y el brightness cae por ensuciamiento.

El contraste aparece con las fórmulas de Acrílicos, correspondiendo el peor resultado a la fórmula de PVC 15. Es común en las formulaciones a base de polímeros de bajo Tg en dispersión acuosa, a PVC bajos, que se presente una pegajosidad superficial. Esto contrariamente al efecto autolimpiante, retiene la suciedad que se deposita en la superficie.

La pegajosidad residual disminuye al aumentar el PVC. Por eso la pérdida de Brightness es menor y el blanco aumenta para Acrílico con el aumento del PVC.

El caso de las fórmulas con estireno acrílico no aparece la pegajosidad residual. Para evitar esta falla se combinó con la emulsión elastomerizada Tg 5 °C (con tendencia a producir pegajosidad superficial) en una relación 70:30 con una emulsión estireno acrílica sin plastificado interno de Tg 20 °C.

En el aspecto general podemos decir que a PVC 15 y 30 las pinturas de polímero estireno acrílico tuvieron una excelente respuesta respecto a la protección, pero carecen del lustre característico de los alquídicos a bajo PVC.

El hecho de que los alquídicos al solvente, de bajo PVC presenten un aspecto lustroso se debe a su excelente nivelación y su película libre de poros. Además, el alquídico blanco expuesto al sol sufre tizado pero en forma controlada; gracias al efecto de absorción de radiación UV del dióxido de titánio, solo afecta unos pocos micrones, las partículas sueltas son retiradas junto con la suciedad por las lluvias y la superficie se renueva.



## 4.8 Resultados De Las Pinturas Pigmentadas Con Oxido De Hierro Rojo

### 4.8.1 Variación De Color A Intemperie Real

Tabla 4.25. Delta E para Rojos después de un año de exposición

Polímero	PVC	Muestra	Delta E12G
Alquídico	15	1	10,76
Alquídico	15	1	8,84
Alquídico	15	2	8,22
Alquídico	15	2	8,05
Alquídico	30	1	3,71
Alquídico	30	1	3,65
Alquídico	30	2	3,16
Alquídico	30	2	3,08
Alquídico	45	1	4,12
Alquídico	45	1	4,64
Alquídico	45	2	4,48
Alquídico	45	2	4,90
EA	15	1	4,92
EA	15	1	4,25
EA	15	2	5,08
EA	15	2	4,14
EA	30	1	1,65
EA	30	1	0,74
EA	30	2	1,52
EA	30	2	0,84
EA	45	1	1,83
EA	45	1	2,04
EA	45	2	1,44
EA	45	2	1,50
Acrílico	15	1	8,92
Acrílico	15	1	8,86
Acrílico	15	2	8,95
Acrílico	15	2	8,71
Acrílico	30	1	5,55
Acrílico	30	1	3,90
Acrílico	30	2	4,85
Acrílico	30	2	3,99
Acrílico	45	1	4,24
Acrílico	45	1	3,80
Acrílico	45	2	4,35
Acrílico	45	2	3,94

EA: estireno acrílico.

Delta E 12G se calculó con los valores de la tabla A2.

La variable Delta E12G representa la diferencia entre los colores original y final, luego de los 12 meses de exposición.

**Tabla 4.26. Resumen del análisis**

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Factores</b>	<b>Número de Casos</b>
Delta E12G	Polímero	36
	PVC	

**Tabla 4.27. Análisis de Variancia para Delta EG12**

<b>Factores</b>	<b>p-value</b>
A: Polímero	0,0000
B: PVC	0.0000
<b>Interacciones</b>	
AB	0,0017

En la tabla 4.28 se representan los valores del cambio entre los colores inicial y final, a los 12 meses de exposición.

Las formulas de Estireno Acrílico experimentaron menor corrimiento de color, correspondiendo el mejor resultado para Estireno Acrílico 30 (remarcado en celeste). Las fórmulas de acrílico y alquídicos tuvieron similar corrimiento, siendo el peor valor para PVC 15 (remarcado en amarillo).

Todas las fórmulas se oscurecieron levemente y los subtonos se corrieron ganando azul y verde y perdiendo rojo y amarillo (ver lecturas de colores en la tabla A 2).

**Tabla 4.28. Medias cuadráticas mínimas para Delta E12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual**

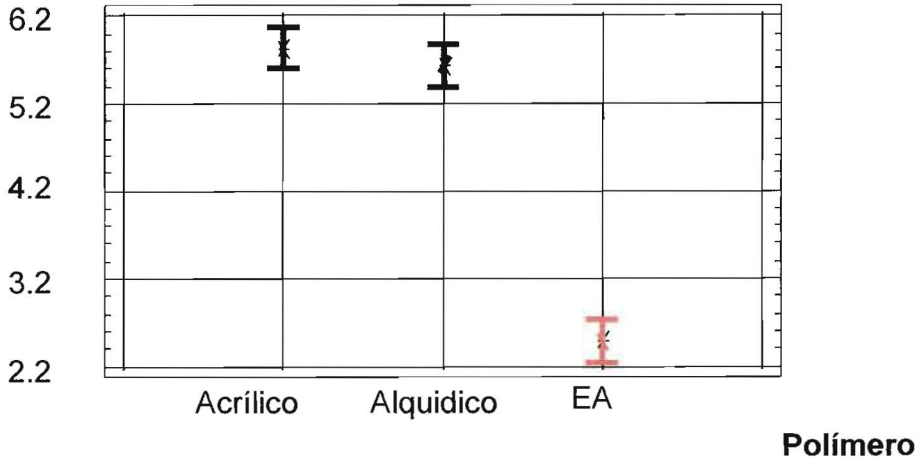
Nivel	Cantidad	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite superior
<b>Polímero</b>					
Acrílico	12	5,84	0,16	5,50	6,18
Alquídico	12	5,63	0,16	5,29	5,97
Estireno Acrílico	12	2,49	0,16	2,16	2,83
<b>PVC</b>					
15	12	7,47	0,16	7,13	7,81
30	12	3,05	0,16	2,71	3,39
45	12	3,44	0,16	3,10	3,78
<b>Polímero vs PVC</b>					
Acrílico 15	4	8,86	0,29	8,27	9,45
Acrílico 30	4	4,57	0,29	3,98	5,16
Acrílico 45	4	4,08	0,29	3,49	4,67
Alquídico 15	4	8,97	0,29	8,38	9,55
Alquídico 30	4	3,40	0,29	2,81	3,99
Alquídico 45	4	4,53	0,29	3,95	5,12
EA 15	4	4,60	0,29	4,01	5,18
EA 30	4	1,19	0,29	0,60	1,77
EA 45	4	1,70	0,29	1,11	2,29

En la figura 4.16 se representan las medias y los intervalos de confianza expresados en la tabla anterior para el factor polímero. En la figura 4.17 se grafican los valores para el factor PVC.

Las fórmulas de PVC 30 y 45 tuvieron menor corrimiento de color que las de PVC 15, pero aparecen en ellas defectos de película que se detallan más adelante.

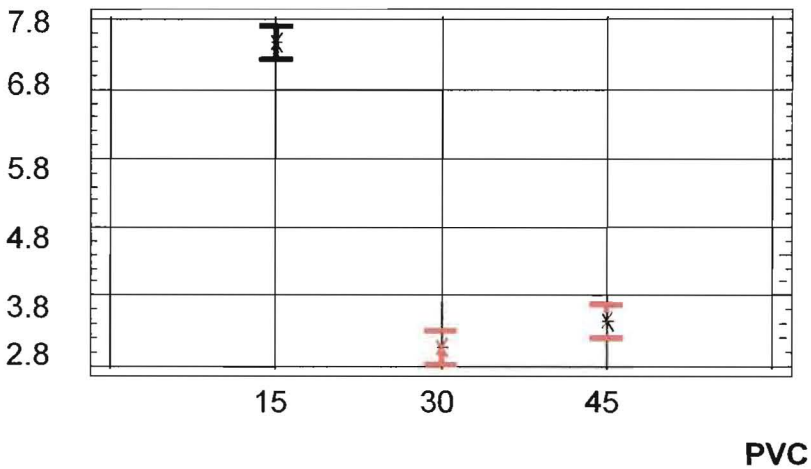
**Figura 4.16. Medias e intervalos de confianza al 95.0 %**

**Delta E12 Meses**



**Figura 4.17. Medias e intervalos de confianza al 95.0 %**

**Delta E 12 Meses**



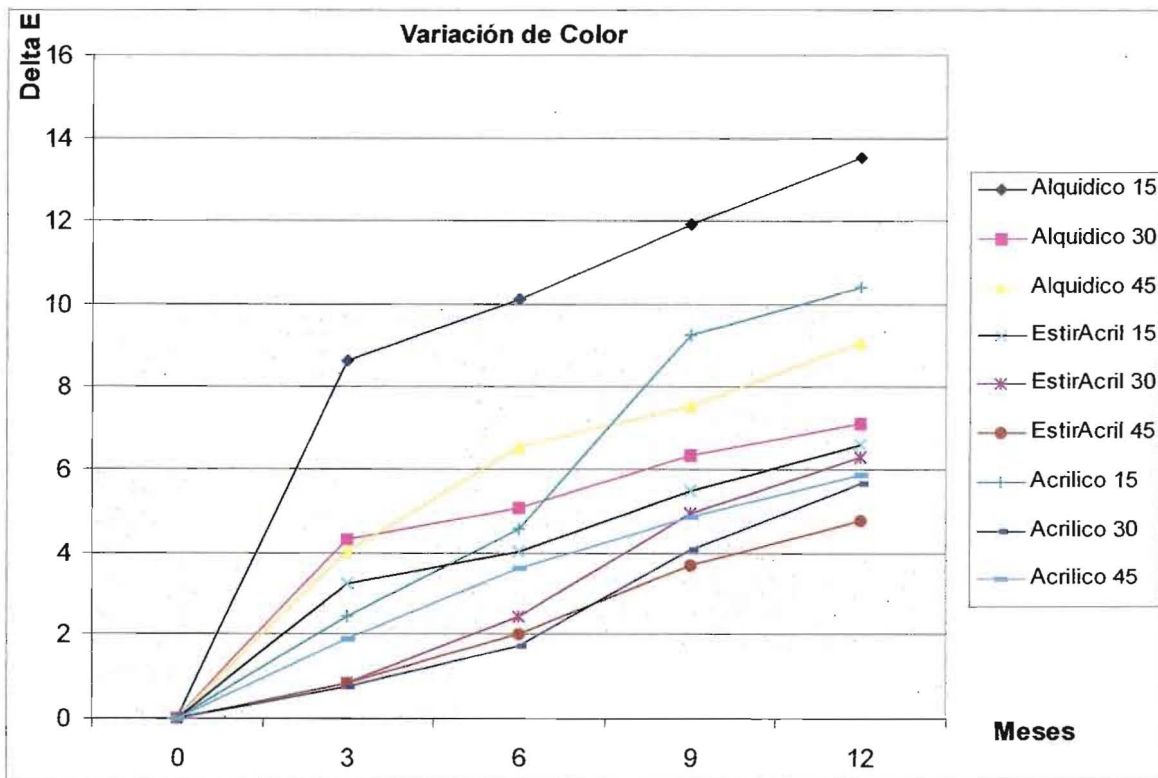
Se calculó Delta E entre trimestres. Las diferencias obtenidas se tomaron como incrementos de variación y se sumaron al valor del trimestre anterior. De esta forma se evalúa la variación total del esquema durante el proceso de exposición. Los datos aparecen en la tabla 4.29 y se graficaron en la figura 4.18.

**Tabla 4.29. Valores trimestrales de Delta E**

Esquema	0	3	6	9	12
Alquídico 15	0	8,61	10,12	11,92	13,52
Alquídico 30	0	4,34	5,09	6,36	7,09
Alquídico 45	0	4,04	6,57	7,52	9,09
EA* 15	0	3,22	4,03	5,50	6,58
EA 30	0	0,84	2,44	4,94	6,32
EA 45	0	0,82	2,03	3,70	4,77
Acrílico 15	0	2,43	4,59	9,23	10,42
Acrílico 30	0	0,74	1,74	4,08	5,66
Acrílico 45	0	1,90	3,63	4,87	5,90

EA\*: estireno acrílico

**Figura 4.18. Valores trimestrales de Delta E**



## 4.8.2 Variación De Color En Intemperie Artificial

Tabla 4.30. Delta E para Rojos después de tres mil horas de exposición

Polímero	PVC	Muestra	Delta E
Alquídico	15	1	9,44
Alquídico	15	1	8,97
Alquídico	15	2	7,89
Alquídico	15	2	7,65
Alquídico	30	1	4,84
Alquídico	30	1	4,55
Alquídico	30	2	4,11
Alquídico	30	2	4,89
Alquídico	45	1	5,04
Alquídico	45	1	4,85
Alquídico	45	2	4,79
Alquídico	45	2	3,01
EA*	15	1	5,70
EA	15	1	6,17
EA	15	2	6,65
EA	15	2	6,41
EA	30	1	3,61
EA	30	1	1,97
EA	30	2	3,07
EA	30	2	1,88
EA	45	1	3,88
EA	45	1	3,78
EA	45	2	3,43
EA	45	2	3,52
Acrílico	15	1	6,31
Acrílico	15	1	6,57
Acrílico	15	2	5,79
Acrílico	15	2	7,72
Acrílico	30	1	3,91
Acrílico	30	1	4,00
Acrílico	30	2	4,73
Acrílico	30	2	4,39
Acrílico	45	1	4,66
Acrílico	45	1	4,02
Acrílico	45	2	4,98
Acrílico	45	2	4,17

\*EA: estireno acrílico.

Delta E 12G se calculó con los valores de la tabla B2.

La variable Delta E representa la diferencia entre los colores original y final, luego de 3000 horas de exposición en cámara.

Como Muestras no es un factor que afecte significativamente la variable color se la excluye del análisis y se incorpora como repeticiones.

**Tabla 4.31. Resumen del análisis**

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Factores</b>	<b>Número de Casos</b>
Delta E12G	Polímero	36
	PVC	

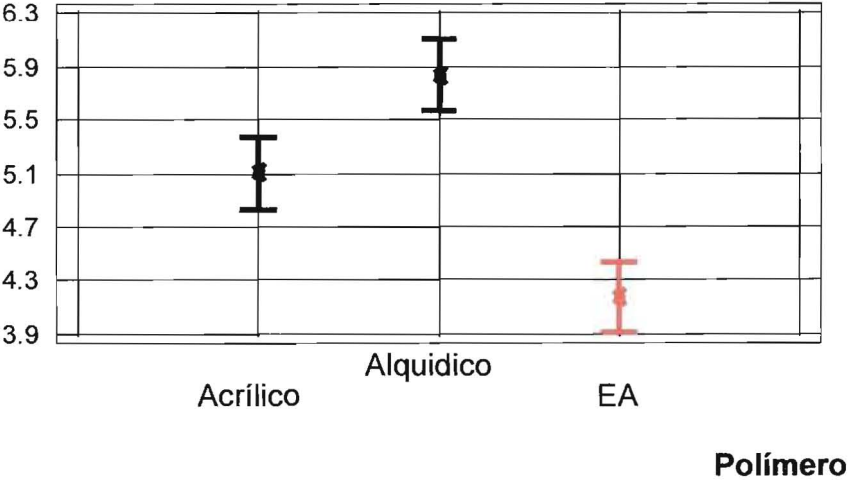
**Tabla 4.32. Análisis de variancia para Delta E**

<b>Factores</b>	<b>p-value</b>
A: Polímero	0,0000
B: PVC	0.0000
<b>Interacciones</b>	
AB	0,0233

En las figuras 4.19 y 4.20 se grafican los valores medios y sus intervalos de confianza para los factores polímero y PVC, respectivamente.

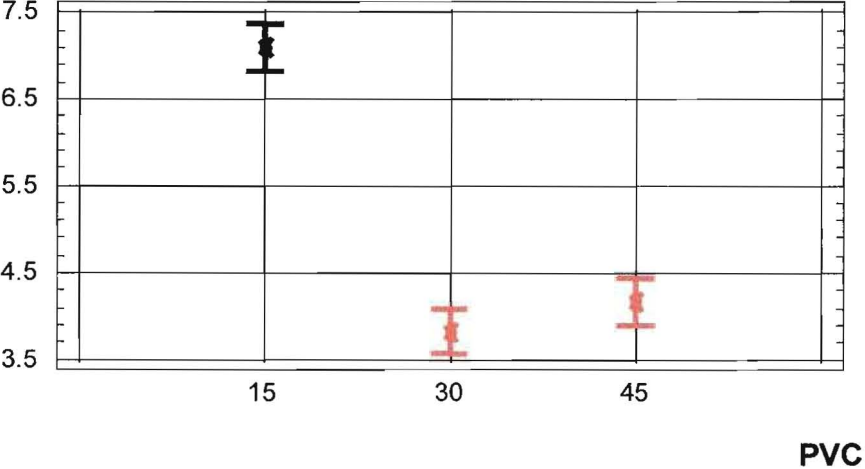
**Figura 4.19. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos polímeros**

**Delta E**



**Figura 4.20. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos PVC**

**Delta E**





Al igual que en el experimento a intemperie real acelerada, se determinó que las formulas de Estireno Acrílico experimentaron el menor corrimiento de color, correspondiendo el mejor resultado para Estireno Acrílico 30 (remarcado en celeste). Las fórmulas de acrílico y alquídicos tuvieron similar corrimiento, siendo el peor valor para PVC 15 (remarcado en amarillo).

**Tabla 4.33. Medias cuadráticas mínimas para Delta E con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual**

Nivel	Cantidad	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite superior
<b>Polímero</b>					
Acrílico	12	5,104	0,18	4,72	5,48
Alquídico	12	5,834	0,18	5,46	6,21
Estireno Acrílico	12	4,174	0,18	3,79	4,55
<b>PVC</b>					
15	12	7,10	0,18	6,73	7,48
30	12	3,83	0,18	3,45	4,21
45	12	4,18	0,18	3,80	4,56
<b>Polímero vs PVC</b>					
Acrílico 15	4	6,60	0,32	5,94	7,25
Acrílico 30	4	4,26	0,32	3,60	4,91
Acrílico 45	4	4,46	0,32	3,80	5,11
Alquidico 15	4	8,49	0,32	7,83	9,14
Alquidico 30	4	4,60	0,32	3,94	5,25
Alquidico 45	4	4,42	0,32	3,76	5,08
EA*15	4	6,23	0,32	5,57	6,89
EA 30	4	2,63	0,32	1,97	3,29
EA 45	4	3,65	0,32	2,99	4,31

EA\*: estireno acrílico.

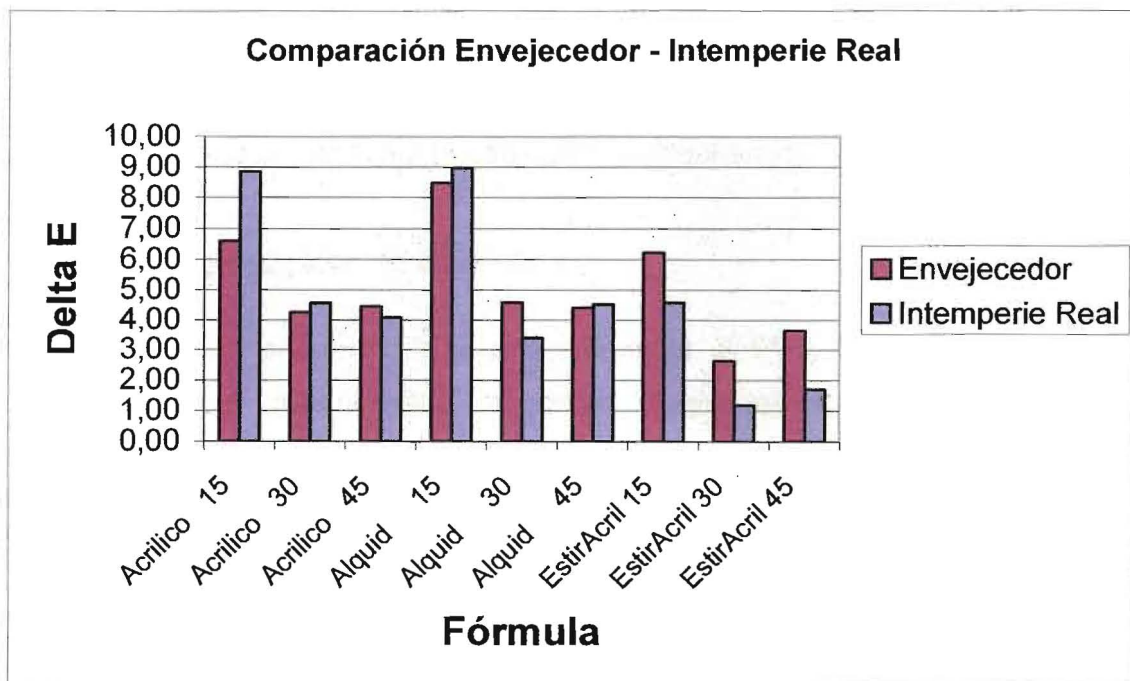
### 4.8.3 Comparación De Los Métodos De Envejecimiento

Tabla 4.34. Valores Promedio de Delta E para los dos métodos

Polímero, PVC	Intemperie Real, 1 Año	Envejecedor, 3000 hs
Acrílico 15	8,86	6,60
Acrílico 30	4,57	4,26
Acrílico 45	4,08	4,46
Alquídico 15	8,97	8,49
Alquídico 30	3,40	4,60
Alquídico 45	4,53	4,42
EA 15	4,60	6,23
EA 30	1,19	2,63
EA 45	1,70	3,65

Los promedios calculados corresponden a un año de intemperie real y a tres mil horas en cámara para intemperie artificial.

Figura 4.21. Comparación de los dos métodos de envejecimiento



## **4.8.4 Conclusiones De Los Ensayos De Color Para Las Pinturas Pigmentadas Con Óxido De Hierro**

### **4.8.4.1 Intemperie Real**

Por el análisis de variancia se determinó que hay influencia en el color de los factores Polímero y PVC, con interacción entre los mismos.

En cuanto a los polímeros el mejor resultado fue para Estireno Acrílico, seguido por Acrílico. Las fórmulas de Alquídico fueron las peores.

Respecto al PVC hubo menor corrimiento de color para PVC 30 y 45.

El mejor desempeño se observó en Estireno Acrílico 30.

### **4.8.4.2 Intemperie Artificial**

Se comprobó que hay variación de color significativa por influencia de los factores Polímero y PVC; también que hay interacción entre ellos. La menor variación de color fue en Estireno Acrílico. En segundo lugar se ubicó Acrílico y en tercer lugar Alquídico.

A PVC 30 y 45 no hubo diferencias y se aprecia una estabilización del color.

Se observó ensuciamiento por pegajosidad residual en Acrílico 15.

### **4.8.4.3 Comparación de Métodos**

Los dos ensayos presentan la misma tendencia. A PVC 15 los corrimientos de color fueron más pronunciados. En Acrílico 15, y a intemperie se justifica por la suciedad adherida a su superficie; lo mismo ocurrió en Estireno Acrílico, pero en menor medida. Se debe recordar que el Tg de esta combinación de polímeros debe rondar los 16 a 20 °C, y fue sometido a un ambiente que registró temperaturas de hasta 45 °C en la sombra. Esto facilita la incorporación de suciedad a la pintura.

El Alquídico 15, por ser termo resistente y tener terminación brillante, no permite que se adhiera el polvo; entonces, la variación es directamente por degradación del pigmento.

#### 4.8.4 Resumen De Datos Obtenidos De Las Observaciones Realizadas Según Norma IRAM 1023

**Tabla 4.35. Tizado**

PINTURA	Tizado			
	3	6	9	12
Alquídico 15	1	1	2	3
Alquídico 30	2	1	2	3
Alquídico 45	1	1	2	3
EA 15	1	1	2	2
EA 30	1	1	2	2
EA 45	1	1	2	2
Acrílico 15	1	1	1	1
Acrílico 30	1	1	2	2
Acrílico 45	1	1	2	2

No se aprecia 1, Poco 2, Mucho 3

La codificación de las tabla 4.36 surge por comparación visual con modelos de deterioro de la película de pintura que se grafican en la Norma IRAM 1023.

**Tabla 4.36. Cuarteado/Agrietado**

PINTURA	MUESTRA	Cuarteado/Agrietado			
		3	6	9	12
Alquídico 15	1	NO	NO	NO	NO
	2	NO	NO	A2	A4
Alquídico 45	1	A4	B4	M8	M10
	2	A6	B2	M6	M6
EA 45	1	A4	B6	B8	B8
	2	A4	B6	B8	B8
Acrílico 45	1	NO	B2	B2	B2
	2	NO	B2	B2	B2

NO: significa ausencia de cuarteado y agrietado.

**Tabla 4.37. Desprendimiento**

PINTURA	MUESTRA	Desprendimiento			
		3	6	9	12
Alquídico 15	1	NO	NO	NO	NO
	2	NO	NO	NO	SI
Alquídico 30	1	NO	NO	NO	SI
	2	NO	NO	NO	SI
Alquídico 45	1	NO	SI	SI	SI
	2	NO	NO	SI	SI

NO: significa ausencia de desprendimiento.

SI: significa presencia de desprendimiento

**Tabla 4.38. Aspecto General**

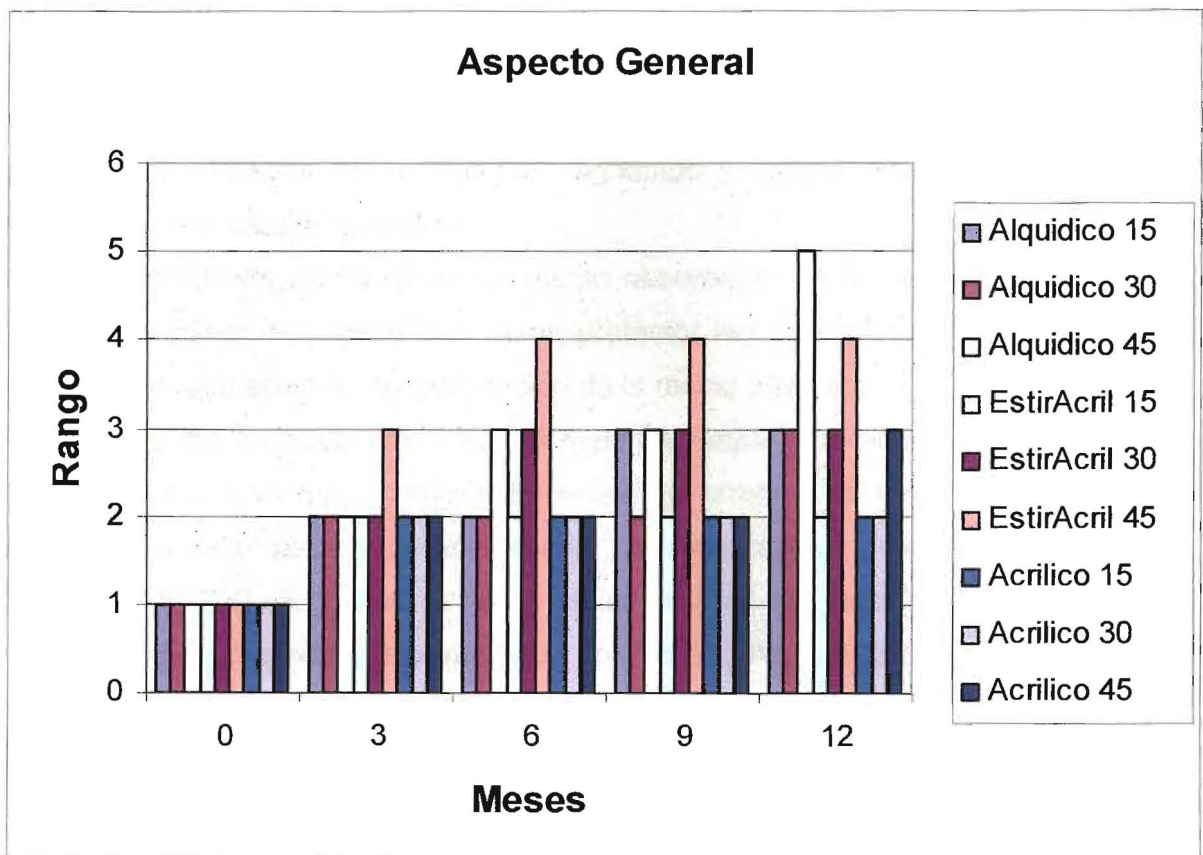
PINTURA	Aspecto General				
	0	3	6	9	12
Alquídico 15	1	2	2	3	3
Alquídico 30	1	2	2	3	3
Alquídico 45	1	2	3	4	5
EA 15	1	2	2	2	2
EA 30	1	2	3	3	3
EA 45	1	3	4	4	4
Acrílico 15	1	2	2	2	2
Acrílico 30	1	2	2	2	2
Acrílico 45	1	2	2	2	3

Excelente 1, Muy Bueno 2, Bueno 3, Regular 4, Malo 5.

En la figura 4.22 se observa que el mejor desempeño corresponde a las fórmulas de acrílico, manteniendo buena performance aún a PVC 45. Las fórmulas de Estireno Acrílico tuvieron buen desempeño pero presentan tizado y, a PVC 45, se observa cuarteado sin desprendimiento de película.

Los esquemas con alquídico presentan mucho tizado; además, desprendimiento de película, leve en los bordes a PVC 30, pero muy pronunciado a PVC 45.

**Figura 4.22. Aspecto general**



#### **4.8.5 Conclusiones Generales De Las Pinturas Pigmentadas Con Óxido De Hierro Rojo**

Entre PVC 15 y 30 las fórmulas de estireno acrílico y acrílico presentaron un desempeño similar. Las estirenadas tuvieron mejor respuesta de color, mientras que las acrílicas respondieron mejor al tizado y resistencia en general, siendo menos influenciadas por el PVC. El defecto de pegajosidad residual superficial también se presentó en Acrílico 15, mostrándose más percutida por la tierra.

Para alquídico corresponde el peor resultado. Alquídico 15 perdió brillo y experimento tizado a tal punto que no hay diferencia visual en el Aspecto General con Alquídico 30, incluso la Muestra 2 presentó cuarteado con desprendimiento de película. En Alquídico 45 se observó agrietado y desprendimiento de película pronunciado en toda la superficie.

Si bien el óxido de hierro es un excelente absorbedor de radiación UV como el dióxido de titanio, sus beneficios como protector del vehículo no se apreciaron; más aun, parece acelerar la degradación de la resina alquídica.

En general, las fórmulas con PVC 15 tuvieron mayor intensidad de color inicial pero son las que más corrimiento experimentaron. Las de PVC 30 y 45 mantuvieron mejor el color durante el año, pero aparecieron defectos de película. En las de PVC 30 se observó tizado y en las de PVC 45 mostraron agrietamiento muy leve (B2) en acrílico, más marcado en Estireno Acrílico (B8) y Agrietamiento con desprendimiento del film marcado (M6-M10) en alquídico.

## 4.9 Resultados De Las Pinturas Pigmentadas Con Azul De Ftalocianina

### 4.9.1 Variación De Color A Intemperie Real

Tabla 4.39. Delta E para Azules después de un año de exposición

Polímero	PVC	Muestra	Delta E12G
Alquídico	15	1	12,16
Alquídico	15	1	13,59
Alquídico	15	2	11,49
Alquídico	15	2	11,61
Alquídico	30	1	6,21
Alquídico	30	1	5,02
Alquídico	30	2	6,90
Alquídico	30	2	4,60
Alquídico	45	1	9,02
Alquídico	45	1	9,40
Alquídico	45	2	8,54
Alquídico	45	2	8,35
EA*	15	1	9,61
EA	15	1	9,49
EA	15	2	9,62
EA	15	2	9,92
EA	30	1	5,91
EA	30	1	5,39
EA	30	2	8,07
EA	30	2	8,13
EA	45	1	7,60
EA	45	1	9,80
EA	45	2	4,59
EA	45	2	5,20
Acrílico	15	1	22,37
Acrílico	15	1	18,12
Acrílico	15	2	20,90
Acrílico	15	2	18,98
Acrílico	30	1	14,55
Acrílico	30	1	14,36
Acrílico	30	2	15,88
Acrílico	30	2	15,11
Acrílico	45	1	12,61
Acrílico	45	1	10,08
Acrílico	45	2	12,14
Acrílico	45	2	9,97

\*EA: estireno acrílico.

Delta E 12G se calculó con los valores de la tabla A3.



La variable Delta E12G representa la diferencia entre los colores original y final, luego de los 12 meses de exposición.

Como Muestras no es un factor que afecte significativamente la variable color se la excluye del análisis y se incorpora como repeticiones.

**Tabla 4.40. Resumen del análisis**

<b>Variable Dependiente</b>	<b>Factores</b>	<b>Número de Casos</b>
Delta E12G	Polímero	36
	PVC	

**Tabla 4.41. Análisis de variancia para Delta E**

<b>Factores</b>	<b>p-value</b>
A: Polímero	0,0000
B: PVC	0.0000
<b>Interacciones</b>	
AB	0,0000

En la tabla 4.42 se representan los valores de delta E calculado entre los colores inicial y final, a los 12 meses de exposición. El menor corrimiento corresponde a estireno acrílico y alquídico. El valor más bajo corresponde a Alquídico 30, el valor más alto a Acrílico 15.

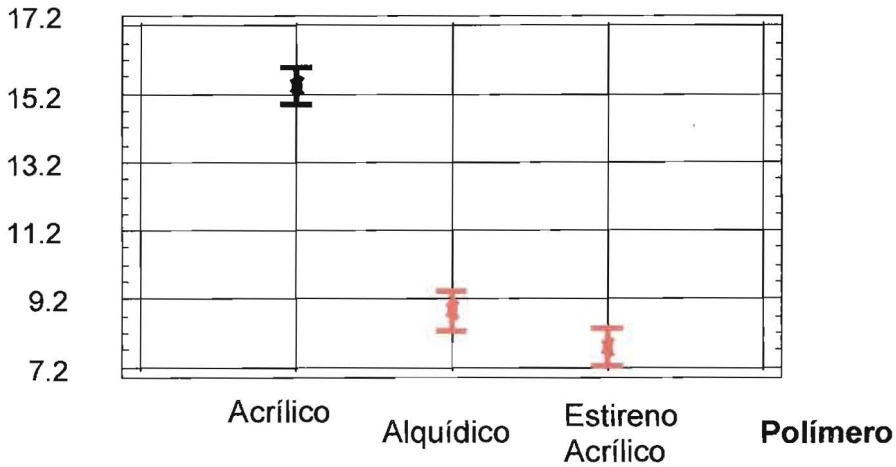
En las figuras 4.23 y 4.24 se grafican los valores medios y sus intervalos de confianza para los factores polímero y PVC, respectivamente.

**Tabla 4.42. Medias cuadráticas mínimas para Delta E12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual**

Nivel	Cantidad	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite superior
<b>Polímero</b>					
Acrílico	12	15,42	0,38	14,64	16,20
Alquídico	12	8,85	0,38	8,07	9,63
Estireno Acrílico	12	7,78	0,38	7,00	8,56
<b>PVC</b>					
15	12	13,99	0,38	13,21	14,77
30	12	9,12	0,38	8,34	9,90
45	12	8,94	0,38	8,16	9,72
<b>Polímero vs PVC</b>					
Acrílico 15	4	20,09	0,66	18,74	21,44
Acrílico 30	4	14,97	0,66	13,62	16,32
Acrílico 45	4	11,20	0,66	9,85	12,55
Alquidico 15	4	12,21	0,66	10,86	13,56
Alquidico 30	4	5,50	0,66	4,15	6,85
Alquidico 45	4	8,83	0,66	7,48	10,18
EA*15	4	9,66	0,66	8,31	11,01
EA 30	4	6,87	0,66	5,52	8,23
EA 45	4	6,80	0,66	5,45	8,15

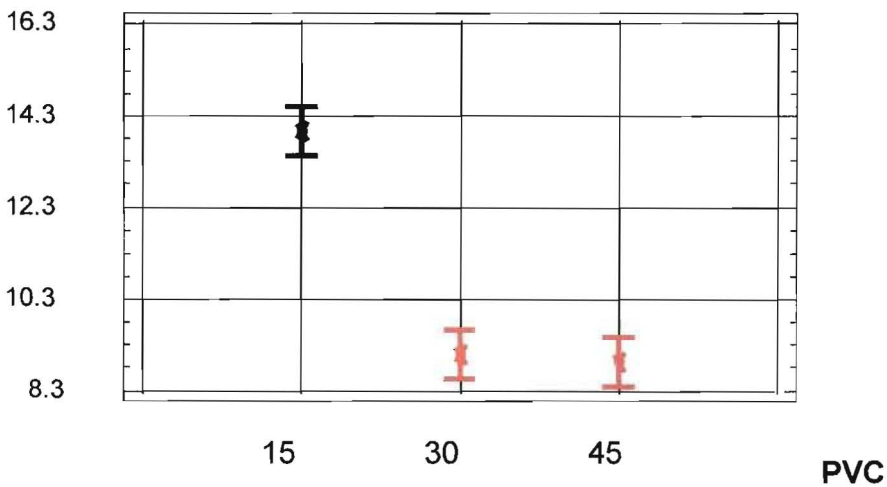
**Figura 4.23. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos polímeros**

**Delta E**



**Figura 4.24. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos PVC**

**Delta E**



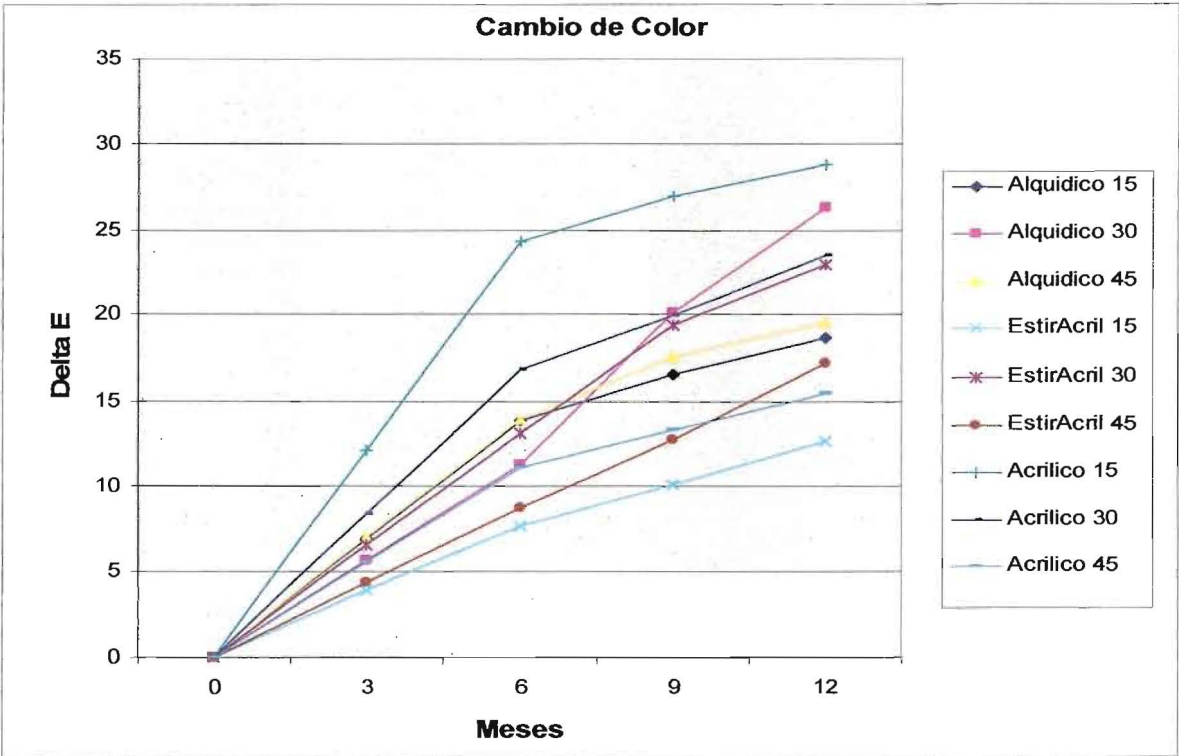
En la tabla 4.43 se detallán los valores de Delta E que se calcularon entre trimestres. Las diferencias obtenidas se toman como incrementos de variación y se suman al valor del trimestre anterior. De esta forma se evalúa la variación total

del esquema durante el proceso de exposición. En la figura 4.25, se grafican los valores tabulados anteriormente.

**Tabla 4.43. Valores Trimestrales de Delta E**

Esquema	0	3	6	9	12
Alquídico 15	0	6,93	13,86	16,55	18,64
Alquídico 30	0	5,64	11,28	20,14	26,34
Alquídico 45	0	7,00	14,00	17,54	19,54
EstirAcril 15	0	3,82	7,64	10,12	12,65
EstirAcril 30	0	6,55	13,10	19,41	23,01
EstirAcril 45	0	4,35	8,70	12,80	17,14
Acrílico 15	0	12,16	24,32	26,99	28,85
Acrílico 30	0	8,40	16,80	19,94	23,55
Acrílico 45	0	5,54	11,08	13,28	15,47

**Figura 4.25. Valores Trimestrales de Delta E**



## 4.9.2 Variación De Color A Intemperie Artificial

Tabla 4.44. Delta E para Azules después de tres mil horas de exposición

Polímero	PVC	Muestra	Delta E
Alquídico	15	1	10,88
Alquídico	15	1	12,62
Alquídico	15	2	9,20
Alquídico	15	2	10,14
Alquídico	30	1	4,58
Alquídico	30	1	3,58
Alquídico	30	2	4,36
Alquídico	30	2	4,48
Alquídico	45	1	2,29
Alquídico	45	1	3,44
Alquídico	45	2	2,48
Alquídico	45	2	2,54
EA*	15	1	10,32
EA	15	1	7,23
EA	15	2	8,37
EA	15	2	7,79
EA	30	1	7,19
EA	30	1	7,29
EA	30	2	8,38
EA	30	2	8,63
EA	45	1	7,63
EA	45	1	7,70
EA	45	2	4,80
EA	45	2	5,32
Acrílico	15	1	10,99
Acrílico	15	1	11,76
Acrílico	15	2	9,35
Acrílico	15	2	11,66
Acrílico	30	1	8,90
Acrílico	30	1	10,56
Acrílico	30	2	9,51
Acrílico	30	2	9,39
Acrílico	45	1	7,98
Acrílico	45	1	6,60
Acrílico	45	2	8,57
Acrílico	45	2	8,26

\*EA: estireno acrílico.

Delta E 12G se calculó con los valores de la tabla B3.

La variable Delta E representa la diferencia entre los colores original y final, luego de tres mil horas de exposición.

Como Muestras no es un factor que afecte significativamente la variable color se la excluye del análisis y se incorpora como repeticiones.

**Tabla 4.45. Resumen del análisis**

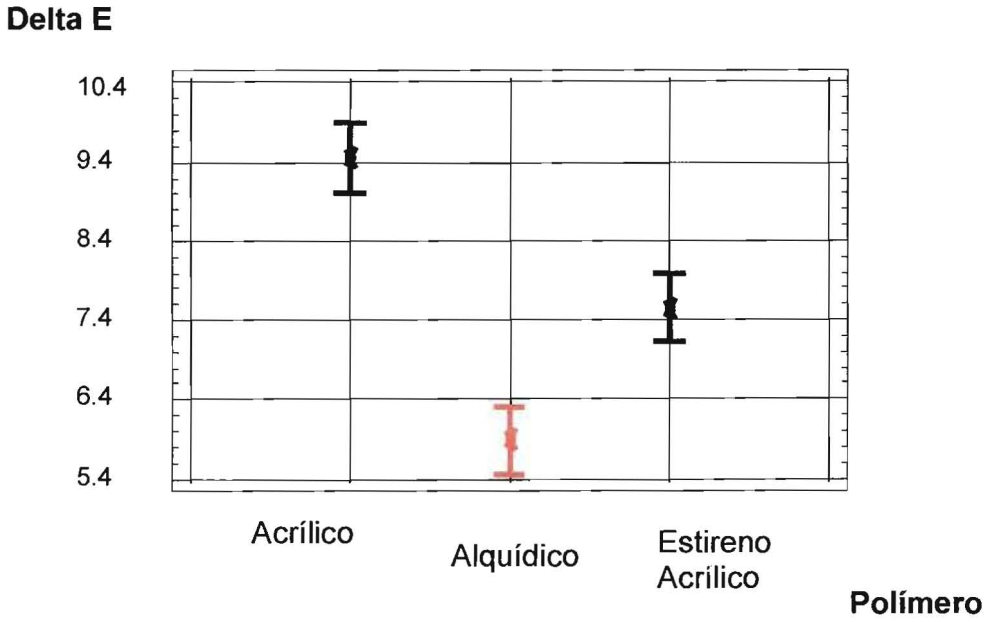
<b>Variable Dependiente</b>	<b>Factores</b>	<b>Número de Casos</b>
Delta E12G	Polímero	36
	PVC	

**Tabla 4.46. Análisis de variancia para Delta E**

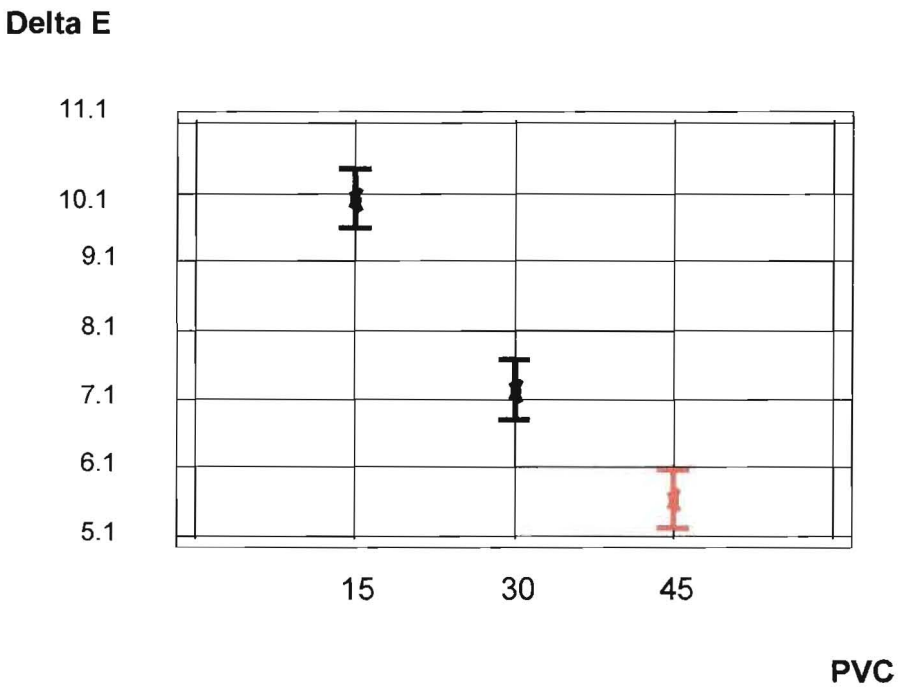
<b>Factores</b>	<b>p-value</b>
A: Polímero	0,0000
B: PVC	0.0000
<b>Interacciones</b>	
AB	0,0000

En las figuras 4.26 y 4.27 se grafican los valores medios y sus intervalos de confianza para los factores polímero y PVC, respectivamente.

**Figura 4.26. Medias e intervalos de confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos polímeros.**



**Figura 4.27. Medias e Intervalos de Confianza al 95.0 % para Delta E para los distintos PVC**



En la tabla 4.47 se remarca en celeste y en amarillo el valor de variación a PVC 15 más bajo y más alto respectivamente, debido a que son las fórmulas que más nos interesan. Esto se debe a que a mayor PVC aparecen, especialmente en alquídico, agrietamiento y desprendimiento de pintura, que nos lleva a desestimar las fórmulas como aptas o a considerarlas menos apropiadas para aplicar en exteriores.

**Tabla 4.47. Medias cuadráticas mínimas para Delta B12G con 95.0 % de intervalo de confianza porcentual**

Nivel	Cantidad	Media	Error Estándar	Límite Inferior	Límite superior
<b>Polímero</b>					
Acrílico	12	9,46	0,30	8,84	10,08
Alquídico	12	5,88	0,30	5,27	6,50
Estireno Acrílico	12	7,55	0,30	6,94	8,17
<b>PVC</b>					
15	12	10,02	0,30	9,41	10,64
30	12	7,24	0,30	6,62	7,85
45	12	5,63	0,30	5,02	6,25
<b>Polímero vs PVC</b>					
Acrílico 15	4	10,94	0,52	9,87	12,00
Acrílico 30	4	9,59	0,52	8,52	10,65
Acrílico 45	4	7,85	0,52	6,79	8,92
Alquídico 15	4	10,71	0,52	9,64	11,77
Alquídico 30	4	4,25	0,52	3,18	5,31
Alquídico 45	4	2,69	0,52	1,62	3,75
EA*15	4	8,43	0,52	7,36	9,49
EA 30	4	7,87	0,52	6,81	8,94
EA 45	4	6,36	0,52	5,30	7,43

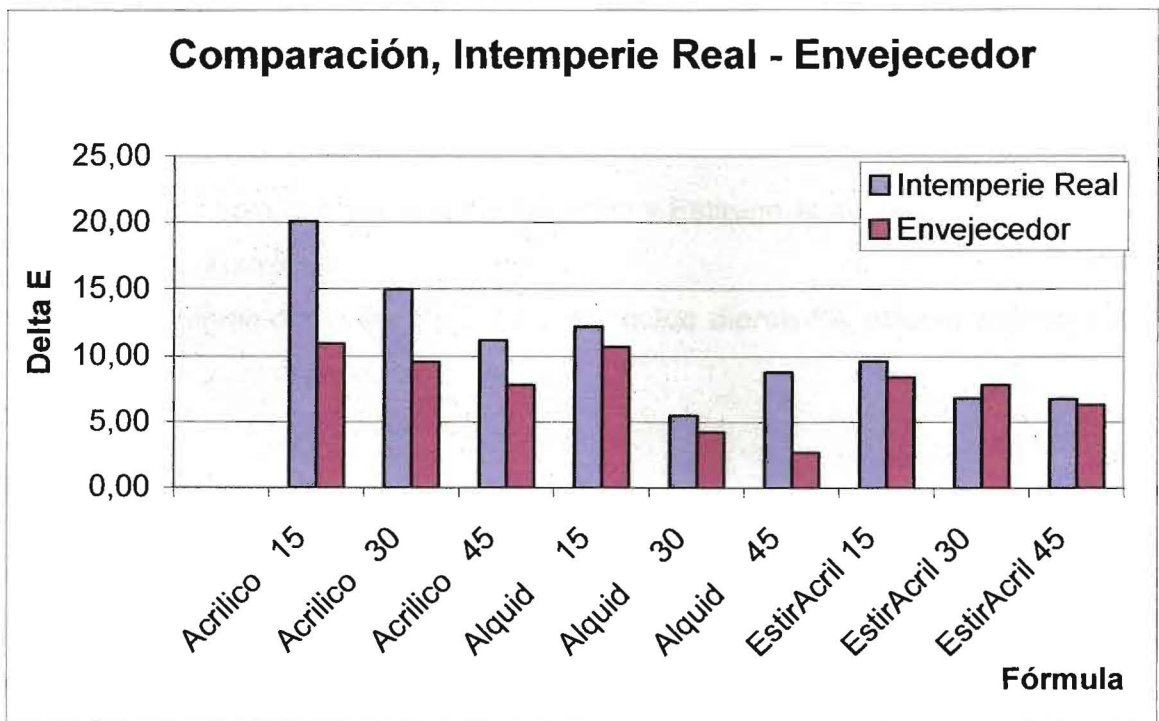


### 4.9.3 Comparación De Los Métodos De Envejecimiento

Tabla 4.48. Valores promedio de Delta E para los dos métodos

Polímero, PVC	Intemperie Real, 1 Año	Envejecedor, 3000 hs
Acrílico 15	20,09	10,94
Acrílico 30	14,98	9,59
Acrílico 45	11,20	7,85
Alquid 15	12,21	10,71
Alquid 30	5,51	4,25
Alquid 45	8,83	2,69
EstirAcril 15	9,66	8,43
EstirAcril 30	6,88	7,87
EstirAcril 45	6,80	6,36

Figura 4.28. Comparación de los dos métodos



## **4.9.4 Conclusiones De Los Ensayos De Color Para Las Pinturas Pigmentadas Con Azul De Ftalocianina**

### **4.9.4.1 Intemperie Real**

Se determinó que hay variación significativa por incidencia del Polímero y del PVC, y que hay interacción entre estos factores.

El mejor resultado estuvo con los polímeros Alquídico y Estireno Acrílico. La fórmula de menor variación de color fue la de Alquídico 30.

En cuanto a Acrílico sigue presentando el defecto de pegajosidad superficial, presentando el peor resultado a PVC 15.

Se repite que a mayor PVC, menor variación de color; sin embargo, se verá más adelante que aparecen defectos más importantes a PVC alto.

### **4.9.4.2 Intemperie Artificial**

También se halló variación significativa por Polímero y PVC con interacción entre los factores.

Tampoco se obtuvo diferencia entre Alquídico y Estireno Acrílico; los cuales dieron el mejor comportamiento.

No se halló diferencia entre PVC 30 y 45; estos dieron los valores menores de corrimiento.

### **4.9.4.3 Comparación de Métodos**

Los dos ensayos presentan la misma tendencia a excepción de las fórmulas de Alquídico 45 que no concuerdan. Hay que destacar que las probetas de Alquídico 45 en intemperie real presentaron un desprendimiento de película importante, que dificultó las lecturas de color.

## 4.9.5 Resumen De Datos Obtenidos De Las Observaciones Realizadas Según Norma IRAM 1023

Tabla 4.49. Tizado

PINTURA	Tizado			
	3	6	9	12
Alquídico 15	1	1	2	3
Alquídico 30	1	1	2	3
Alquídico 45	1	1	2	3
EstirAcril 15	1	1	2	2
EstirAcril 30	1	1	2	2.5
EstirAcril 45	2	1	3	3
Acrílico 15	1	2	2	2
Acrílico 30	1	2	2	2.5
Acrílico 45	1	2	2	2.5

No se aprecia 1, Poco 2, Mucho 3

Se pudo apreciar mejor el tizado en estas fórmulas por el color intenso del azul. Alquídico presentó mucho tizado para los tres PVC, Estireno Acrílico y Acrílico a partir de PVC 30 pero más pronunciado para PVC 45.

Tabla 4.50. Desprendimiento

PINTURA	Desprendimiento			
	3	6	9	12
Alquídico 30	NO	NO	NO	SI
	NO	SI	SI	SI
Alquídico 45	NO	NO	NO	SI
	NO	NO	SI	SI
EstirAcril 45	NO	SI	SI	SI
	NO	NO	NO	NO

**Tabla 4.51. Cuarteado**

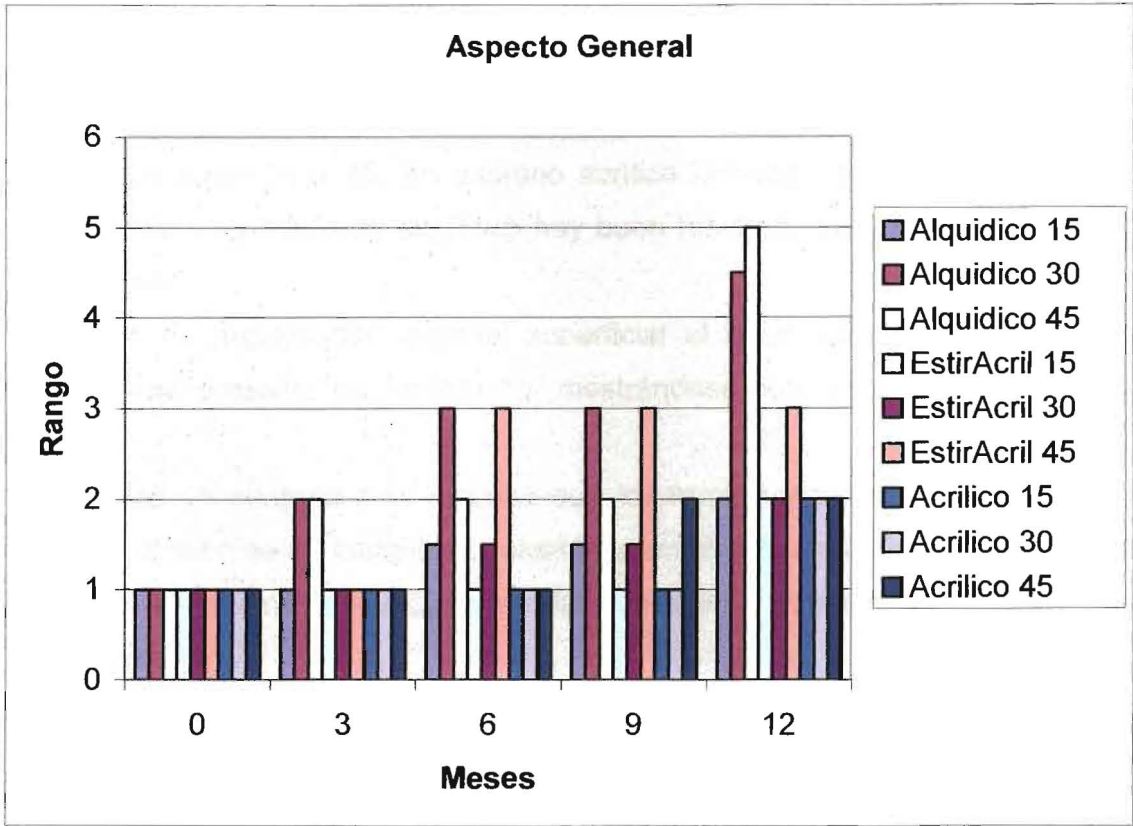
PINTURA	Cuarteado			
	3	6	9	12
Alquídico 30	NO	A2	NO	B8
	NO	NO	A4	A8
Alquídico 45	NO	NO	B2	B8
	NO	NO	A2	B8
EstirAcril 30	A2	B6	C8	C8
	A2	B6	B8	A6

**Tabla 4.52. Aspecto General**

Aspecto General					
PINTURA	0	3	6	9	12
Alquídico 15	1	1	1.5	1.5	2
Alquídico 30	1	2	3	3	4.5
Alquídico 45	1	2	2	2	5
EstirAcril 15	1	1	1	1	2
EstirAcril 30	1	1	1.5	1.5	2
EstirAcril 45	1	1	3	3	3
Acrílico 15	1	1	1	1	2
Acrílico 30	1	1	1	1	2
Acrílico 45	1	2	1	1	2

Excelente 1, Muy Bueno 2, Bueno 3, Regular 4, Malo 5.

Figura 4.29. Aspecto general



En el gráfico podemos ver las tres fórmulas de acrílico con la misma puntuación. Estireno acrílico mantuvo las propiedades hasta PVC 30, mientras que alquídico solo a PVC 15.

#### **4.9.5 Conclusiones Generales De Las Fórmulas De Pinturas Pigmentadas Con Azul Ftalocianina**

Respecto a las probetas se observa muy buen desempeño de las fórmulas de acrílico aún hasta PVC 45. En estireno acrílico el buen desempeño llega hasta PVC 30, mientras que para alquídico hay buen resultado para PVC 15, pero con mucho tizado.

El defecto de pegajosidad residual superficial al igual que con los pigmentos anteriores se presentó en Acrílico 15, mostrándose más percutida por la tierra adherida.

El Alquídico 15 aparece más lustroso que los otros por característica propia de brillo y nivelación de un esmalte al solvente, pero si lo comparamos con la probeta de control se ve una pronunciada pérdida de brillo y cambio de color en forma despareja.

Los estireno acrílicos 15 y 30 aparecen con buen aspecto, menos percutidas y un color más estable, aunque con tizado marcado a PVC 30.

## 4.10 Aplicación En Campo De Los Resultados

Con la experiencia recogida en este estudio se hizo el seguimiento de la pintura exterior de cuatro grupos de viviendas de madera de *Pinus elliotii*. A continuación se detalla los esquemas, productos utilizados y experiencias recogidas.

### 4.10.1 Grupo 1

Las aberturas y cenefas se pintaron con fondo alquídico blanco y esmalte alquídico blanco.

Las paredes, debido a que la madera presentaba alta exudación de resina, se aplicó como sellador un Acrílico al solvente. Como terminación se utilizó un estireno acrílico elastomérico de PVC 20 de varios colores, similar al ensayado en las probetas.

Al cabo de un año las superficies pintadas con esmalte alquídico blanco se encontraron en excelente estado.

Respecto a la pintura de las paredes se registraron los siguientes defectos:

*Craqueado*: desprendimiento masivo de la película de pintura al no adherirse por el sellador; al recibir temperatura por acción del sol se ablandó y se desprendió. Se observó en una casa, en la pared este, en zonas que recibe el sol de la mañana.

Causa: el sellador aplicado debajo de la pintura se observa brillante lo que indica que no se lijó antes de pintar y esto derivó en una adherencia deficiente.



**Figura 4.30.** Pared este. Pintura que se desprende cuando es calentada por el sol

Arrugado y ampollado: se presenta en general en las paredes oeste, preferentemente con color azul y teja intenso. Hay exudación intensa de resina.

Causa: el sellador aplicado es acrílico termoplástico con un Tg (temperatura de ablandamiento) de 38 °C, con colores intensos la superficie absorbe radiación solar calentándose lo suficiente para superar el Tg del sellador el cual se ablanda y deja fluir la resina, que también se ablanda y sale al exterior provocando los defectos citados. En la figura 4.31 se ve un nudo con intenso exudado de resina.



**Figura 4.31.** Pared oeste. Pintura ampollada por la resina que emerge de la madera

Desprendimiento de masilla aplicada sobre clavos: se observa la presencia de óxido entre la cabeza del clavo y la masilla. La causa fue la formación de óxido por ingreso de humedad, este óxido al ser más voluminoso desplaza a la masilla hacia afuera. Para evitar esto la masilla debe ser provista de anticorrosivo o se debe pintar la cabeza del clavo con algún agente anticorrosivo, y luego masillar. En la figura 4.32 se observan dos clavos, uno descubierto y el otro remarcado por el hinchamiento de masilla.





**Figura 4.32.** Cabeza de un clavo al descubierto por el desprendimiento de la masilla

Entre las conclusiones obtenidas de este grupo de viviendas se puede decir que el esmalte alquídico blanco respondió según las expectativas; no así la pintura de las paredes. No obstante, los defectos observados no se deben a la pintura en sí misma sino al sellador. Las deficiencias se pueden agrupar en dos causas principales: en pared oeste, con colores intensos el sellador acrílico no resultó apto, debido a que la temperatura de la superficie supera el Tg del polímero, la resina fluye sin mucha resistencia al exterior dañando la película de pintura.

En las otras paredes los defectos son causados por deficiencias en el lijado. El sellador como tal tiene por función bloquear los poros. Entonces, se busca que el tamaño de partícula del polímero sea muy pequeño para lograr alta penetración. El exceso superficial debe ser retirado o lijado, ya que un tamaño de partícula tan pequeño no deja poros para que la pintura, de tamaño de partícula más grande, se ancle. La presencia de brillo en la superficie, por la presencia del sellador, delata la zonas donde hay que lijar y sirve de ayuda al operario para preparar correctamente la madera. Un lijado superficial provee a la pintura la rugosidad necesaria para adherirse.

Respecto al desprendimiento de masilla en los clavos se recomienda pintar los clavos antes de masillar o asegurarse de que la masilla esté provista de anticorrosivo.

Como medida correctiva se recomendó lijar los paneles con defectos para eliminar la pintura y aplicar fondo alquídico blanco; la primer mano diluida (30 a 40 % con aguarrás) para dar penetración y la segunda más concentrada ( 10 % de dilución) para proveer un buen espesor que sirva de barrera para el exudado y mejore el poder cubriente. Seguidamente sellar los nudos y zonas de exudación pronunciada con esmalte aluminio, lijar suavemente los parches de esmalte aluminio con lija grano 150 y aplicar dos manos del estireno acrílico elastomérico como terminación.

#### 4.10.2 Grupo 2

Este grupo de viviendas había sido pintado antes de que se interviniese con este proyecto de la siguiente manera: Las aberturas y cenefas con fondo alquídico blanco y esmalte sintético blanco. Las paredes, se masillaron los nudos con enduido plástico exterior, se fondeó con fondo alquídico blanco y se aplicó látex de PVC desconocido como terminación. En la figura 4.33 se ve el desprendimiento de pintura sobre un nudo. El enduido plástico se hinchó al absorber humedad.



**Figura 4.33.** Desprendimiento de pintura sobre un nudo

Los defectos registrados en el primer esquema a pocos meses de pintado fueron el desprendimiento masivo de la pintura al látex y del enduido plástico. El esquema con alquídico blanco respondió eficientemente.

Con la experiencia obtenida con el Grupo 1 de viviendas se recomendó el lijado

total de la superficie, la aplicación de fondo alquídico blanco, una primer mano diluida (30 a 40 % con aguarrás) para dar penetración y una segunda mano más concentrada ( 10 % de dilución) para proveer un buen espesor que sirva de barrera para el exudado y mejore el poder cubriente. A continuación sellar los nudos y zonas de exudación resinosa con esmalte aluminio con el posterior lijado superficial. Para corregir defectos de superficie se aconsejó el uso de masilla acrílica elástica.

Como terminación se aplicó el recubrimiento estireno acrílico elastomérico de PVC 20.



**Figura 4.34.** Tratamiento del exudado esmalte aluminio



**Figura 4.35.** Se aprecia la pintura final de la vivienda

Al cabo de seis meses se observó el desprendimiento de pintura en partes aisladas.

Las causas de los desprendimientos observados se deben a una aplicación deficiente del fondo sintético blanco. Podemos asegurar esto porque la película desprendida consiste en el fondo y la pintura de terminación, dejando la madera limpia.

Se recomendó repetir el esquema, en forma más meticulosa.

En la figura 4.35 se muestra una vivienda terminada. Las aberturas y cenefas se pintaron con esmalte alquídico blanco y las paredes con el estireno acrílico elastomérico, PVC 20, color Ocre.

### 4.10.3 Grupo 3

Se intervino con este proyecto al momento de pintar y se aplicó el mismo esquema recomendado a los grupos anteriores. Se aplicó fondo alquídico blanco, luego se sellaron los nudos y zonas de superficie resinosa con esmalte aluminio y se corrigieron defectos de superficie con masilla acrílica.

Se lijó superficialmente el aluminio y se aplicó recubrimiento estireno acrílico elastomérico como terminación de PVC 20.



**Figura 4.36.** Parcheo de nudos con aluminio

En la figura 4.36 se puede ver el fondo alquídico blanco, los parches sobre los nudos con aluminio y masilla acrílica (en color) para emparejar imperfecciones. Las aberturas y cenefas se pintaron con fondo alquídico blanco y esmalte sintético blanco.

Los resultado del esquema luego de un año y al momento de la inspección fueron satisfactorios. Solo se observó algunos defectos puntuales con alta exudación de resina.



**Figura 4.37.** Vista de dos casas terminadas

#### **4.10.4 Grupo 4**

Este grupo de viviendas había sido pintado antes de que se interviniese con este proyecto de la siguiente manera: Las aberturas y cenefas con fondo alquídico blanco y esmalte sintético blanco. Las paredes, se masillaron los nudos con masilla plástica de uso en repintura automotor, se fondeó con fondo alquídico blanco y se aplicó látex de PVC desconocido como terminación.

Los defectos registrados en el primer esquema a un año de pintado fueron el desprendimiento masivo de la pintura al látex y de la masilla plástica. El esquema con alquídico blanco respondió eficientemente.

No se observó exudación importante de resina, el desprendimiento de la pintura fue por mala adherencia de la misma al sustrato.

Se recomendó entonces lijar toda la superficie removiendo la pintura mal adherida, fondear nuevamente con fondo alquídico blanco, sellar los nudos con esmalte aluminio y usar masilla acrílica elástica para tapar los nudos y corregir los defectos de superficie.

Seguido de esto un lijado superficial del aluminio y la aplicación del recubrimiento plástico elástico como terminación de PVC 20.



**Figura 4.38.** Parches con una mano a pincel de pintura para cubrir el aluminio



**Figura 4.39.** Vista de una casa terminada

La casa de la figura 4.39 fue terminada el 20 de abril de 2006. Se realizó una inspección de las viviendas el día 13 de abril de 2007 y las viviendas se encontraba en muy buen estado. Comparando visualmente el color en la zona donde no recibe radiación solar y la que sí, no se observó decoloración, aún en la pared oeste. Tampoco se observó ampollados, desprendimientos, ni exudación resinosa.

## **CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES**

### **5.1 Resultados Obtenidos Con Las Probetas**

La fórmula alquídico 15 aportó el mejor desempeño, que es lo que se conoce en el mercado de ventas de pinturas como esmalte sintético brillante blanco, con la salvedad de que la resina debe ser del tipo que se especificó.

La combinación de la resina alquídica con el dióxido de titanio resulta en una pintura de alta durabilidad para la protección y decoración de la madera. El polímero aporta alta elasticidad, excelente nivelación, brillo e impermeabilidad al agua. El dióxido de titanio por su parte se comporta como absorbedor de radiación UV y reflector de radiación calórica (los esquema blancos son más fríos que los de color).

Cuando se utilizaron pigmentos coloreados tanto las formulaciones acrílicas como las estireno acrílicas fueron mejores.

Las fórmulas de color azul y colorado de acrílicos, presentaron mayor resistencia a las condiciones climáticas, manteniendo las propiedades a PVC más alto que las estireno acrílicas.

Las estireno acrílicas presentaron mejor solidez de color y propiedad de auto limpieza.

Para los resultados perseguidos por este estudio se considera apropiado un valor de PVC entre 15 y 30. Dentro de este rango se observó que el comportamiento entre acrílico y estireno acrílico fue muy parecido.

### **5.2 Resultados Obtenidos En La Aplicación En Campo**

En los ensayos realizados con probetas, debido a que la madera fue meticulosamente seleccionada, siguiendo las consignas de las normas con las que se rigió este proyecto, no aparecieron defectos por presencia de nudos y exudado de resina. En la aplicación en campo la madera presentó alta densidad de nudos, presencia de médulas y alto contenido de exudado resinoso. Esta diferencia de sustrato originó un comportamiento distinto al evaluado, y para la aplicación en



campo de los resultados obtenidos se debió trabajar en el control del exudado resinoso.

El esquema que se comportó eficientemente y de acuerdo a las expectativas obtenidas al evaluar las probetas fue el de alquídico 15 blanco, que se aplicó a las aberturas y cenefas.

Los recubrimientos estireno acrílico elastomérico a PVC 20 no proveyeron una barrera para el exudado resinoso, que se generó en las paredes que recibieron radiación solar, y se intensificó con colores oscuros. Las paredes orientadas al sur prácticamente no tuvieron defectos.

En las otras orientaciones se obtuvo buen resultado solo cuando se logró controlar la salida de la resina de la madera, que se hizo con fondo alquídico blanco y esmalte aluminio.

Desde este punto de vista los esmaltes alquídicos son más efectivos y habrá que evaluar que perjudica más, la pérdida de color y el descascaramiento final al que están destinados o los defectos provocados por el exudado resinoso que se registran con el empleo de los acrílicos o estireno acrílicos elastoméricos. Lo que no cabe dudas es que los recubrimientos elastoméricos deben ir sobre fondos termorigidos, de buena reticulación para generar un efecto de barrera.

### **5.3 Recomendaciones**

Al pintar una superficie son varios los factores que intervienen en la selección de una pintura los cuales los podemos agrupar en propiedades de protección y de decoración.

Si se busca una superficie lustrosa y brillante, los esmaltes alquídicos son los más apropiados, esto significa PVC 15 para blanco. Una forma de atenuar las deficiencias observadas en alquídicos de color intenso puede ser bajar la tonalidad con blanco, incorporando un porcentaje de dióxido de titánio que le aporte a la pintura reflexión de radiación solar. De todos modos habrá que ensayar la respuesta de estos colores porque puede haber interacción negativa entre los pigmentos.

Si se desea una terminación satinada (brillo suave), que le de un leve realce a la superficie, un recubrimiento acrílico puro o estireno acrílico elastomérico de PVC

entre 20 y 25 será satisfactorio. Se tendrá que evitar la pegajosidad residual característica de estos polímeros, a bajo PVC, que conduce a un pronunciado ensuciamiento. Además, se deberá poner énfasis en el sellado de la madera para frenar el exudado de resina previo a la aplicación de esta pintura.

Si se desea una terminación semi mate o mate podemos optar por un recubrimiento acrílico puro o estireno acrílico elastomérico de PVC no mayor a 30, teniendo la misma consideración que el caso anterior respecto al fondeo.

Debido a la alta presencia de resina en la madera utilizada se deberá priorizar el uso de selladores y pinturas termo rígidos frente a los termoplásticos ya que proveen mejor coraza contra el agua en estado líquido o vapor.

Una película no porosa retarda la penetración de humedad hacia el interior de la madera y reduce los problemas ocasionados por la exudación de la resina del pino.

Las pinturas termo rígidas, como ser las alquídicas, no necesariamente son las más durables. Debido a su mecanismo de secado con el tiempo se vuelven quebradizas. La madera se mueve con la humedad ambiental, generando esfuerzos y eventualmente cuartea y desprende la película. Pero, para este caso en particular, donde se trabaja con una madera altamente resinosa, se deben priorizar las medidas contra la exudación, ya que es la que produce los mayores daños en las películas de pintura y en corto plazo.

Los nudos deberán tener especial atención, deben neutralizarse en cuanto al exudado que producen y a la generación de grietas. El masillado deberá generar una capa elástica, de alto espesor para acompañar el movimiento en la zona y bloquear las fisuras. Aún así, sobre los nudos no hay tratamiento garantizado, se puede demorar la aparición de defectos en esta zona pero no impedirlos. En los países industrializados, de alto consumo de madera para uso exterior, la lucha contra los nudos con pinturas se abandonó. Directamente se utilizan maderas libres de nudos.

La exudación de resina está altamente ligada a la temperatura de la madera, y esta al color de la pintura. Cuanto más blanca sea la pintura la exudación será menor, principalmente en paredes donde recibe radiación directa. Se recomienda entonces usar colores pastel; o sea, que contengan alto porcentaje de blanco en el tono.

Otro aspecto importante de la aplicación en campo son los litros de pintura que se aplican por metro cuadrado, ya que esto hace al espesor de la película protectora. Se hizo difícil controlar en obra la cantidad aplicada. Cada casa presentaba aproximadamente 60 metros cuadrado de superficie exterior a pintar. Se recomendó gastar 15 litros por cada casa, lo que daría un espesor aproximado de 80 micras. En la mayoría de los casos se gastó 10 litros lo que dio un espesor aproximado de 55 micras, pero hubo casos en que se aplicó solo cuatro litros. Cabe resaltar que en los casos donde las fallas eran provocadas por el exudado resinoso, un mayor espesor de recubrimiento estireno acrílico no aportó mejor solución; la alta temperatura de superficie hacía fluir la resina al exterior y ampollaba la pintura. Lo mismo ocurrió donde la pintura no se adhirió correctamente al sellador.

## CAPÍTULO 6. REFERENCIAS

### 6.1 Referencias Bibliográficas

- (1) INTA Concordia, Revista Novedades Forestales N° 117 04-09-02, ISSN 1666-5406.
- (2) Forestación, Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), Estadísticas Forestales año 2001, República Argentina, [www.sagpya.mecon.gov.ar](http://www.sagpya.mecon.gov.ar) (Consulta: marzo 2004).
- (3) M<sup>a</sup> Milagrosa Casado Sanz, Protectores de la Madera, Tratamientos. Revista Tecni madera N° 87, mayo-junio 1999, pp 107-113.
- (4) Ricardo Bernardo Kairalla, Principios de Formulación, Tintas y Vernizes, Ciencia y Tecnología, 2° Edición, Setiembre 1995, pag. 740.
- (5) P. D. Evans, P.D. Thay, K. J. Schmalz, Primers Wood, Science and Technology. Número 30/6, 1996, pp 11-22.
- (6) Finishing Exterior Wood, Federation Series on Coatings Technology. Noviembre 1996, Blue Bell, PA, USA, pag. 18.
- (7) S. Lebow, "Coating Minimize Leaching From Treated Wood", Techline Durability, USDA Forest Service, III-4, pp.1-2, <http://www.fpl.fs.fed.us/> (Consulta: marzo 2004).
- (12) Paul Deutsch, Jorge M. R. Fazenda, Óleos Glicéridos, Resinas Alquídicas y Poliésteres Saturados, Tintas y Vernizes, Ciencia y Tecnología, 2° Edición, Setiembre 1995, pp 252-253.
- (13) M. Schwartz, H. Kossman y E. Schweigger. Basf AG. Ligantes y durabilidad de las pinturas para fachadas. Revista Impra Latina, julio/agosto 2000, pp 16-27.
- (14) S. J. Grossman, G. Jaramillo, Herramientas de Pruebas de Intemperización, Impra Latina, vol. 5, N° 1, pag. 8 a 14, 2000.
- (15) Podgorski L., Arnold M., Hora G., A Reliable Artificial Weathering Test for Wood Coatings, Coatings World, Febrero 2003, pp 39-48.
- (16) Feist W. C., Ross A. S., Performance and Durability of Finishes on Previously Coated CCA – Treated Wood, Forest Products Journal, Setiembre 1995, Vol. 45, N° 9, pag. 29-36.
- (17) Feist W. C., Weathering Performance of Painted Wood Pretreated with Water-

Repellent Preservatives, Forest Products Journal, Julio/Agosto 1990, Vol. 40, N° 7/8, pag. 21-26.

(18) Arnoll M., Sell J., Feist W. C, Wood Weathering in Fluorescent Ultraviolet and Xenon Arc Chambers, Forest Products Journal, Febrero 1991, Vol. 41, N° 2, pag. 40-44.

(19) Williams R. S., Sotos P., Feist W., C.-USDA Forest Service, Evaluation of Several Finishes on Severely Weathered Wood, Journal of Coatings Technology, Agosto 1999, vol. 71, N° 895, pag. 97-102.

(20) Preparación de Superficies de Madera Para Pintar, Norma IRAM 1047-N.I.O., Octubre de 1949.

(21) Pintado de Superficies de Madera con Productos Cubrientes, Norma IRAM 1031, Junio de 1949.

(22) Pinturas, Lacas y Barnices, Método de Ensayo de Resistencia a la Intemperie, Norma IRAM 1023, Noviembre de 1969.

(23) Standar Practice for Fluorescent UV-Condensation Exposures of Paint and Related Coatings, Norma ASTM D 4587-01.

(24) Paints and Varnishes – Coating Materials and Coating Systems for Exterior Wood – Part 6: Exposure of Wood Coatings to Artificial Weathering Using fluorescent UV and Water, Norma DIN NAB 4 0026, Mayo de 2003.

(25) Kronos, Titanium Dioxido Pigments in Industrial Coatings, Kronos Internacional Inc., june 1996, pag. 27.

(26) Wilson alves De Assis, Pigmentos Inorgánicos, Tintas y Vernizes, Ciencia y Tecnología, ABRAFATI, 2ª Edición, Setiembre 1995, pag. 512.

(27) Pigmentos y Cargas, SATER, pag. 17, Buenos Aires.

(28) Gerson De Almeida, Pigmentos Orgánicos, Tintas y Vernizes, Ciencia y Tecnología, ABRAFATI, 2ª Edición, Setiembre 1995, pp 557-558.

(29) Byk CHEMIE, Guía de aditivos, CD Versión 3.2, 10/99

(30) Pintura Base, Alquídica, Blanca, para Usos Generales, Norma IRAM 1187, Octubre de 1987.

(31) Standar Practice for Operating Light – and Water – Exposure Apparatus (Fluorescent UV – Condensation Type) for Exposure of Nonmetallic Materials, Norma ASTM G 53-96.

(32) Standar Practice for Exposing Materials in Accelerated Test Devices that Use

Laboratory Light Sources, Norma ASTM G 151-00.

(33) Standar Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials, Norma ASTM G 154-00.

(34) José Fernando Dos Santos, Cor e Colorimetria, Tintas y Vernizes, Ciencia y Tecnología, ABRAFATI, 2ª Edición, Setiembre 1995, pag. 595.

## **6.2 Bibliografía**

(8) Manual Técnico de Colorín SA

(9) Manual técnico de Sherwin Williams.

(10) Manual técnico de Alba S.A.

(11) Revista Ingeniería Química, agosto 1998.

## ANEXO A - Tablas con lecturas de color, intemperie real

### A.1 Fórmulas con Dióxido de Titanio

FACTORES										
POLÍMERO	PVC	MUESTRAS	L	a	b	Brightness	L	a	b	Brightness
ALQUÍDICO	15	1	94,49	-0,98	4,05	81,98	94,7	-0,65	5,86	80,22
			94,53	-0,8	3,86	82,23	94,87	-0,81	5,43	81,13
		2	94,52	-0,87	4,14	81,86	94,53	-0,65	5,73	80,22
			94,53	-0,91	4,21	81,83	95,33	-0,75	5,8	81,76
	30	1	94,28	-0,73	3,81	81,76	94,41	-0,74	5,29	80,28
			94,38	-0,81	3,49	82,37	93,43	-0,41	6,78	76,34
		2	94,61	-0,88	3,69	82,64	90,27	-0,64	5,83	79,32
			94,78	-0,9	3,55	83,21	93,82	-0,55	5,35	78,87
	45	1	94,61	-0,85	3,33	83,1	92,18	0,2	8,84	71,28
			94,47	-0,94	3,69	82,4	92,83	-0,21	7,51	74,19
		2	94,85	-0,94	3,79	83,12	91,17	0,03	8,52	69,58
			94,9	-0,94	3,88	83,1	92,33	-0,12	7,96	72,62
ESTIRENO ACRÍLICO	15	1	93,99	-0,12	4,15	80,6	88,57	1,39	12,23	60,43
			93,84	-0,09	4,11	80,32	90,16	0,93	10,86	94,96
		2	93,45	0,2	4,6	78,87	89,2	1,11	11,42	62,51
			93,49	0,31	4,71	78,84	89,39	1,01	10,81	63,47
	30	1	94,48	-0,32	3,58	82,41	91,35	0,58	10,49	67,73
			94,82	-0,46	3,35	83,5	90,68	0,68	10,68	66,2
		2	94,79	-0,5	2,9	84	91,57	0,22	9,39	69,43
			94,83	-0,47	2,92	84,06	90,8	0,61	10,32	66,84
	45	1	94,76	-0,73	3,05	83,78	90,17	0,73	11,5	64,32
			94,71	-0,74	2,91	83,82	90,57	0,64	10,75	65,91
		2	94,77	-0,7	2,89	84	88,15	0,47	10	61,96
			94,69	-0,67	2,77	83,95	91,09	0,43	9,85	67,93
ACRÍLICO	15	1	94,43	-0,41	3,92	81,8	75,13	6,86	19,37	33,4
			94,6	-0,38	3,78	82,31	79,93	5,3	17,56	41,25
		2	94,1	-0,29	4,52	80,31	75,64	6,55	18,67	34,55
			94,22	-0,34	4,18	81,01	79,93	5,46	18,09	39,28
	30	1	94,08	-0,64	3,89	81,12	82,62	3,73	15,71	16,85
			94,38	-0,71	3,5	82,29	85,55	2,61	13,81	53,45
		2	94,42	-0,63	3,46	82,44	84,22	3,21	15,83	49,35
			94,13	-0,6	3,73	81,44	84,84	3,23	15,12	51,02
	45	1	95,04	-0,42	2,9	84,49	81,78	1,58	12,61	48,34
			95,16	-0,38	3,01	84,67	86,5	0,57	9,59	59,28
		2	95,38	-0,37	3,47	84,58	84,1	1,42	12,39	52,35
			95,45	-0,25	3,41	84,83	88,38	0,84	10,73	61,65

## A.2 Fórmulas con Óxido de Hierro

FACTORES			INICIO			12 MESES		
POLÍMERO	PVC	MUESTRAS	L	a	b	L	a	b
ALQUÍDICO	15	1	31,37	29,75	21,23	39,31	24,34	16,38
			31,5	29,78	20,46	39,16	26,06	18,08
		2	32,33	28,72	19,54	39,2	24,99	17,01
			32,24	28,83	19,81	39,33	25,66	17,7
	30	1	35,4	26	16,41	38,79	26,13	17,91
			35,52	26,03	16,22	38,59	26,86	18,02
		2	35,67	25,85	16,39	38,65	25,98	17,43
			35,68	25,95	16,55	38,42	26,59	17,8
	45	1	35,98	24,96	15,7	39,16	26,06	18,08
			35,93	24,84	15,75	39,35	26,44	18,45
		2	35,94	25,02	15,63	38,71	26,54	18,8
			36,09	24,93	15,63	39,59	26,59	18,63
ESTIRENO ACRÍLICO	15	1	35	27,37	17,5	36,45	23,24	15,25
			34,98	27,44	17,36	35,94	23,8	15,39
		2	35,29	27,39	17,8	36,6	23,19	15,26
			35,22	27,28	17,88	35,92	23,96	15,5
	30	1	36,94	25,07	15,57	36,4	23,53	15,83
			37,1	24,89	15,4	36,92	24,4	15,92
		2	36,99	25,07	15,59	37,02	23,66	16,16
			37,05	25	15,46	36,92	24,52	16,14
	45	1	36,12	25,13	15,47	37,13	24,29	16,75
			36,13	24,83	15,91	38,1	25,17	16,3
		2	36,2	24,9	15,37	36,88	24,24	16,45
			36,1	24,96	15,61	37,34	24,99	16,45
ACRÍLICO	15	1	35,23	27,85	17,84	34,98	20,15	13,35
			35,26	27,5	17,72	35,29	19,71	13,5
		2	35,57	27,65	17,72	35,2	19,84	13,36
			35,26	27,92	17,89	35,21	20,32	13,63
	30	1	36,88	25,58	15,99	35,92	20,62	13,7
			37,04	25,26	15,7	36,45	21,67	14,3
		2	36,97	25,52	15,82	35,75	21,27	13,83
			37	25,38	15,8	36,21	21,8	14,23
	45	1	36,75	25,8	16,19	36,05	22,11	14,23
			36,73	25,67	16,25	36,77	22,41	14,3
		2	36,56	25,81	16,46	36,39	22,15	14,11
			36,79	25,76	16,32	36,65	22,4	14,26



### A.3 Fórmulas con Azul de Ftalocianina

FACTORES			INICIO			12 MESES		
POLÍMERO	PVC	MUESTRAS	L	a	b	L	a	b
ALQUÍDICO	15	1	12,5	5,06	-20,3	21,93	8,36	-13,36
			12,15	4,13	-19,88	22,38	10,56	-13,65
		2	11,89	5,47	-18,76	21,75	7,76	-13,33
			12,01	4,77	-18,69	22,27	8,17	-14,46
	30	1	19,11	2,79	-14,94	22,99	6,93	-17,46
			20,12	2,87	-14,64	23,73	5,77	-16,57
		2	19,14	3,04	-14,59	22,89	7,1	-17,38
			19,69	2,81	-15,43	23,11	5,62	-16,7
	45	1	25,21	1,27	-12,18	26,09	-0,55	-20,97
			25,34	1,35	-11,74	26,27	-0,21	-20,96
		2	24,79	1,51	-12,57	25,72	0,49	-21
			24,61	1,63	-13,33	25,77	0,77	-21,55
ESTIRENO ACRÍLICO	15	1	23,42	5,49	-19,57	24,33	2,41	-10,51
			23,48	5,42	-19,52	25,35	1,81	-10,95
		2	26,69	3,98	-19,26	24,88	2,3	-9,96
			26,19	3,56	-21,37	25,62	1,43	-11,7
	30	1	23,69	5,39	-19,88	22,98	3,1	-14,48
			22,9	6	-19,5	23,46	3,61	-14,7
		2	23,78	4,89	-21,44	23,56	2,91	-13,62
			23,61	4,77	-21,45	23,67	3,08	-13,5
	45	1	25,79	3,62	-19,29	22,33	3,2	-12,54
			25,96	3,26	-18,9	22,23	1,71	-9,97
		2	24,95	4,77	-15,4	21,99	3,67	-12,07
			25,26	4,39	-15,2	23,97	1,47	-11,1
ACRÍLICO	15	1	21,17	8,49	-26,81	27,28	1,96	-6,31
			21,44	8,27	-26,09	26,56	1,57	-10,05
		2	20,94	8,64	-26,2	26,57	2,05	-7,18
			20,72	8,92	-26,33	26,25	1,83	-9,61
	30	1	24,62	6,81	-23,92	25,73	2,1	-10,2
			24,4	6,98	-23,48	26,32	2	-10,15
		2	24,08	7,26	-23,79	26,19	2,19	-8,89
			24,16	7,11	-24	26,5	2,1	-9,94
	45	1	25,82	4,96	-21,48	26,09	1,89	-9,25
			25,92	5,28	-20,58	24,61	1,61	-11,28
		2	26,05	5,13	-21,49	25,62	1,73	-9,84
			26,04	5,01	-21,07	24,66	2,02	-11,66

## ANEXO B – Tablas con Lecturas de Color, Envejecedor

### B.1 Fórmulas con Dióxido de Titanio

FACTORES			INICIO				1300 HORAS				3000 HORAS			
POLÍ-MERO	PVC	MUESTRA	L	a	b	Bright-ness	L	a	b	Bright-ness	L	a	b	Bright-ness
ALQUÍDICO	15	1	94,49	-0,98	4,05	81,98	94,05	-0,72	5,13	79,6	93,88	-0,86	4,7	79,63
			94,53	-0,8	3,86	82,23	93,39	-0,74	5,3	77,95	94,24	-0,41	6,05	78,8
		2	94,52	-0,87	4,14	81,86	93,15	-0,49	7,25	75,15	93,85	-0,93	4,72	79,53
			94,53	-0,91	4,21	81,83	92,67	-0,47	7,18	74,18	93,83	-0,55	6,27	77,71
	30	1	94,28	-0,73	3,81	81,76	93,38	-0,26	5,48	77,67	93,74	-0,18	5,19	78,69
			94,38	-0,81	3,49	82,37	93,73	-0,34	4,8	79,26	93,75	0,02	5,86	77,9
		2	94,61	-0,88	3,69	82,64	92,75	-0,06	8,1	73,25	93,92	-0,26	4,8	79,55
			94,78	-0,9	3,55	83,21	92,57	-0,2	7,77	73,32	93,59	-0,05	5,78	77,64
	45	1	94,61	-0,85	3,33	83,1	92,64	-0,38	5,89	75,64	92,94	-0,25	5,6	76,46
			94,47	-0,94	3,69	82,4	92,41	-0,27	6,71	74,19	93,39	0,02	6,49	76,47
		2	94,85	-0,94	3,79	83,12	93,08	0,02	6,83	75,43	92,78	-0,26	6,03	75,63
			94,9	-0,94	3,88	83,1	93,36	-0,07	6,18	76,84	93,32	-0,08	6,07	76,82
ESTIRENO ACRÍLICO	15	1	93,99	-0,12	4,15	80,6	88,68	0,71	10,38	62,55	87,7	1,21	11,48	59,55
			93,84	-0,09	4,11	80,32	89,35	0,91	10,69	63,55	85,89	2,32	14,27	53,6
		2	93,45	0,2	4,6	78,87	87,73	1,98	13,53	57,6	88,46	1,42	11,72	60,71
			93,49	0,31	4,71	78,84	86,83	2	13,56	55,94	86,59	2,41	15	54,15
	30	1	94,48	-0,32	3,58	82,41	87,21	0,85	11,85	58,34	86,55	1,24	12,11	56,81
			94,82	-0,46	3,35	83,5	87,6	0,67	11,5	59,39	85,28	1,43	13,68	53,12
		2	94,79	-0,5	2,9	84	86,14	1,18	12,59	55,65	87,31	0,89	11,28	59,02
			94,83	-0,47	2,92	84,06	84,62	1,37	13,39	52,27	84,13	1,33	13,78	51,07
	45	1	94,76	-0,73	3,05	83,78	90,18	-0,12	9,25	66,77	86,72	0	11,33	57,97
			94,71	-0,74	2,91	83,82	88,38	-0,1	10,39	62,06	87,68	0,78	12,31	58,77
		2	94,77	-0,7	2,89	84	88,67	1,06	12,27	60,64	89,68	0,32	9,18	65,11
			94,69	-0,67	2,77	83,95	87,22	0,8	13,05	57,2	87,91	1,36	13,43	58,09
ACRÍLICO	15	1	94,43	-0,41	3,92	81,8	88,09	0,84	9,58	62,2	88,23	0,98	10,01	61,99
			94,6	-0,38	3,78	82,31	87,83	0,9	10,11	61,2	88,83	1,24	10,69	62,53
		2	94,1	-0,29	4,52	80,31	89,2	0,96	9,53	64,45	88,53	0,8	9,61	62,97
			94,22	-0,34	4,18	81,01	90,08	0,85	9,44	66,26	90,45	0,71	9,64	66,79
	30	1	94,08	-0,64	3,89	81,12	87,71	-0,1	10,27	60,89	89,92	-0,26	7,92	67,58
			94,38	-0,71	3,5	82,29	89,35	-0,05	9,41	64,94	88,71	-0,29	9,68	63,38
		2	94,42	-0,63	3,46	82,44	89,07	-0,2	9,42	64,38	89,17	-0,24	8,32	65,62
			94,13	-0,6	3,73	81,44	89,25	0,31	9,65	64,47	88,2	-0,53	9,37	62,8
	45	1	95,04	-0,42	2,9	84,49	87,85	0,19	10,25	61,13	88,96	-0,01	9,35	64,1
			95,16	-0,38	3,01	84,67	88,96	0,29	9,61	63,92	90,69	0,73	9,44	67,49
		2	95,38	-0,37	3,47	84,58	90,61	0,74	9,4	67,38	89,4	-0,45	8,3	66,7
			95,45	-0,25	3,41	84,83	90,31	0,72	9,39	66,79	90,52	0,76	9,52	67,04

## B.2 Fórmulas con Óxido de Hierro

FACTORES			INICIAL			1300 HORAS			3000 HORAS		
POLÍMERO	PVC	MUESTRAS	L	a	b	L	a	b	L	a	b
ALQUÍDICO	15	1	31,37	29,8	21,23	36,5	24,7	16	39,25	25,6	18,1
			31,5	29,8	20,46	36,5	24,8	16	38,82	25,39	17,7
		2	32,33	28,7	19,54	35,5	25,7	17	38,96	25,08	17,3
			32,24	28,8	19,81	35,4	25,7	17	38,56	25,38	17,2
	30	1	35,4	26	16,41	36,2	24,5	16	39,97	25,08	17,7
			35,52	26	16,22	36,8	25,1	17	39,75	25,23	17,7
		2	35,67	25,9	16,39	37,9	24,7	16	39,57	24,63	16,8
			35,68	26	16,55	38	24,1	16	40,14	26,31	18,5
	45	1	35,98	25	15,7	35,5	24,1	16	40,87	24,31	16,7
			35,93	24,8	15,75	35,2	24,3	16	40,48	23,16	15,6
		2	35,94	25	15,63	36	24,4	16	40,62	24,21	16,3
			36,09	24,9	15,63	36,9	24	15	38,9	23,93	16
ESTIRENO ACRÍLICO	15	1	35	27,4	17,5	36	24,3	15	37,69	23,18	14,7
			34,98	27,4	17,36	36	23,9	15	37,5	22,8	14,2
		2	35,29	27,4	17,8	36,4	23,5	15	38,06	22,5	14,2
			35,22	27,3	17,88	36,2	23,7	15	37,64	22,66	14,2
	30	1	36,94	25,1	15,57	35,6	23,3	15	37,52	21,77	14,2
			37,1	24,9	15,4	35,1	23,2	15	37	23,03	14,8
		2	36,99	25,1	15,59	35,7	23,2	14	37,62	22,29	14,4
			37,05	25	15,46	35,2	23,6	15	37,24	23,27	14,8
	45	1	36,12	25,1	15,47	34,7	23,2	14	38,61	22,3	14,5
			36,13	24,8	15,91	34,5	23,2	14	38,2	22,15	14,2
		2	36,2	24,9	15,37	34,2	23,2	14	38,59	22,5	14,8
			36,1	25	15,61	34,5	23,2	14	37,81	22,23	14,2
ACRÍLICO	15	1	35,23	27,9	17,84	34,9	25,2	15	37,13	23,03	14,2
			35,26	27,5	17,72	35,1	25,1	15	37,68	22,56	14,1
		2	35,57	27,7	17,72	36,3	24,1	15	36,85	23,12	14,4
			35,26	27,9	17,89	35,8	24,9	15	37,72	22,08	13,5
	30	1	36,88	25,6	15,99	35,9	22,8	14	38,84	22,54	14,5
			37,04	25,3	15,7	35,5	22,9	14	37,72	21,83	13,8
		2	36,97	25,5	15,82	35,6	23,6	15	39,34	21,84	14
			37	25,4	15,8	35,7	23,2	14	37,97	21,69	13,6
	45	1	36,75	25,8	16,19	35,3	22,8	15	37,43	22,04	13,5
			36,73	25,7	16,25	35	23,4	14	37,2	22,45	13,9
		2	36,56	25,8	16,46	35,4	23,2	14	37,48	21,79	13,7
			36,79	25,8	16,32	35,2	23,4	14	37,14	22,46	13,8

### B.3 Fórmulas con Azul de Ftalocianina

FACTORES			INICIO			1300 HORAS			3000 HORAS		
POLÍMERO	PVC	MUESTRAS	L	a	b	L	a	b	L	a	b
ALQUÍDICO	15	1	12,5	5,06	-20,3	16,3	4,5	-17	21,78	7,88	-15,37
			12,2	4,13	-19,88	16,3	4,33	-17	21,67	10,31	-14,36
		2	11,9	5,47	-18,76	17,6	5,33	-15	20,73	6,46	-16,42
			12	4,77	-18,69	16,5	5,43	-16	20,62	8,77	-15,12
	30	1	19,1	2,79	-14,94	21,8	3,06	-13	23,51	3,03	-16,18
			20,1	2,87	-14,64	21,5	3,44	-13	23,07	3,19	-16,65
		2	19,1	3,04	-14,59	20,8	3,4	-14	23,37	3,81	-15,29
			19,7	2,81	-15,43	21,1	3,6	-14	23,76	4,61	-15,95
	45	1	25,2	1,27	-12,18	22,7	3,32	-12	25,98	1,97	-14,22
			25,3	1,35	-11,74	22,8	3,03	-11	25,33	2,23	-15,07
		2	24,8	1,51	-12,57	22,4	2,93	-12	25,67	3,13	-14,23
			24,6	1,63	-13,33	22,5	2,95	-11	24,92	3,1	-15,38
ESTIRENO ACRÍLICO	15	1	23,4	5,49	-19,57	26,5	2,21	-13	29,32	1,53	-12,09
			23,5	5,42	-19,52	25,9	2,63	-15	25,49	2,86	-13,06
		2	26,7	3,98	-19,26	24,2	3,78	-14	29,84	1,14	-12,04
			26,2	3,56	-21,37	24,9	3,43	-13	25,76	2,44	-13,67
	30	1	23,7	5,39	-19,88	24,5	3,32	-15	26,23	2,15	-13,98
			22,9	6	-19,5	23,8	3,65	-16	24,74	2,63	-13,3
		2	23,8	4,89	-21,44	23,1	3,91	-14	26,16	2,3	-13,83
			23,6	4,77	-21,45	23,5	3,57	-14	24,96	2,58	-13,21
	45	1	25,8	3,62	-19,29	24	2,4	-13	26,65	0,65	-12,31
			26	3,26	-18,9	24,1	2,81	-14	26,11	1,38	-11,43
		2	25	4,77	-15,4	24	3,26	-11	26,4	1,02	-12,77
			25,3	4,39	-15,2	24	3,18	-10	26,31	1,06	-11,19
ACRÍLICO	15	1	21,2	8,49	-26,81	23,3	4,14	-19	24,27	3,56	-17,49
			21,4	8,27	-26,09	22,2	4,8	-20	24,71	2,88	-16,16
		2	20,9	8,64	-26,2	23,3	4,36	-18	23,48	3,67	-18,7
			20,7	8,92	-26,33	23,6	3,85	-17	24,41	3,32	-16,79
	30	1	24,6	6,81	-23,92	24,2	3,91	-17	26,27	3,33	-15,9
			24,4	6,98	-23,48	24,5	3,41	-17	26,83	2,62	-14,17
		2	24,1	7,26	-23,79	24,4	3,59	-17	26,43	2,95	-15,65
			24,2	7,11	-24	24,4	3,95	-17	25,99	3,13	-15,7
	45	1	25,8	4,96	-21,48	25,6	3,09	-15	27,96	1,84	-14,45
			25,9	5,28	-20,58	25,5	3,01	-15	27,39	2,18	-14,94
		2	26,1	5,13	-21,49	26	3	-15	27,74	1,95	-13,71
			26	5,01	-21,07	25,5	3,48	-16	27,68	1,85	-13,62

## GLOSARIO

**Acrílico:** polímeros obtenidos a partir de los monómeros ácidos acrílicos y metacrílicos.

**Alquídico:** esta palabra se origina del inglés *Alkyd (alcohol and Acid)* y se refiere a poliésteres que son modificados con aceites o ácidos grasos.

**Brightness:** palabra del inglés que significa luminosidad.

**Estireno Acrílico:** polímero acrílico copolimerizado con estireno.

**Caleo o tizado:** polvo superficial característico que se forma sobre las pinturas y los plásticos como consecuencia de la degradación del polímero.

**Delta E:** es la diferencia entre dos colores que se obtiene de la sustracción de los valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  que surgen de dos mediciones en el sistema CIELab.

**Envejecedor:** equipo que se utiliza para simular los efectos de deterioro de un medio ambiente específico sobre un material que se está evaluando.

**Irradiancia:** es la medida de energía radiante incidente sobre una superficie por unidad de área.

**Reticulación:** son las uniones químicas que se producen dentro de un polímero que le otorgan características específicas; dependiendo de los grupos funcionales reactivos y su interacción con el medio (catálisis por presencia de oxígeno, humedad, etc.).