



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA**

**“EL COMPORTAMIENTO CROMÁTICO DE LA PINTURA  
SINTÉTICA COMO RECUBRIMIENTO EN FACHADAS  
ARQUITECTÓNICAS EN RELACIÓN A LA RADIACIÓN  
SOLAR”**

**TÉSIS**

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN ARQUITECTURA**

**PRESENTA:**

**ARQ. MARTHA GABRIELA REYES MARTÍNEZ**

**TUTOR PRINCIPAL:**

**DRA. DOLORES ANA FLORES SANDOVAL – FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**COMITÉ TUTOR:**

**MTRO. ERNESTO OCAMPO RUÍZ - FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**-DRA. MARÍA LETICIA TAVERA DÁVILA- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MEXICO**

**DRA. GEMMA VERDUZCO CHIRINO - FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**MTRO. ALBERTO MUCIÑO – FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**MÉXICO D.F. OCTUBRE, 2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**“EL COMPORTAMIENTO CROMÁTICO DE LA  
PINTURA SINTÉTICA COMO RECUBRIMIENTO  
EN FACHADAS ARQUITECTÓNICAS EN  
RELACIÓN A LA RADIACIÓN SOLAR”**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN  
ARQUITECTURA  
CAMPO TECNOLOGÍA**

**ARQ. MARTHA GABRIELA REYES MARTÍNEZ**



**“EL COMPORTAMIENTO  
CROMÁTICO DE LA  
PINTURA SINTÉTICA COMO  
RECUBRIMIENTO EN  
FACHADAS  
ARQUITECTÓNICAS EN  
RELACIÓN A LA  
RADIACIÓN SOLAR”**

**Presenta:**

**ARQ. MARTHA GABRIELA REYES  
MARTÍNEZ**



**UN/M**  
**POSGRADO**  
Arquitectura

---

## Agradecimientos

A mis Padres por el esfuerzo de cada día en mi formación, el apoyo y cariño con lo que logre un paso tan importante en mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por hacerme parte de esta experiencia única en mi formación académica y personal.

Al Politécnico de Turín por abrir las puertas al desarrollo de este proyecto y formar parte de esta experiencia.

A mis asesores por sus consejos, a la Dra. Ana Flores por su apoyo desde el comienzo, y en especial a la Dra. Ma. Leticia Tavera Dávila por el apoyo en cada una de mis actividades durante el desarrollo de este proyecto.

A cada una de las personas que formaron parte de este trabajo, con su ayuda, apoyo, consejos, tiempo e interés.

**Dedicada a mí hermano:**

---

**“Por qué en cada paso estás a mi lado, y estas páginas no han sido la excepción”**

# INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Capítulo 1. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
1.1 IMPORTANCIA DEL COLOR EN EL MEDIO AMBIENTE.....	5
1.1.2 El Color .....	7
1.1.2 Las funciones del Color en la Arquitectura .....	8
1.2 ELEMENTOS CROMÁTICOS EN ELEMENTOS EXTERIORES. ....	12
1.2.1 La Pintura como Recubrimiento Cromático en Exteriores. ....	13
1.2.2 La pintura y su funcionamiento.....	16
1.2.3 La pintura y su comportamiento en el ambiente .....	19
1.2.4 Impactos al medio ambiente .....	23
1.2.5 La tecnología en las pinturas .....	26
1.3 BIOMÍMESIS Y COLOR.....	27
1.3.1 La naturaleza y el color.....	29
1.3.1.2 Las Plantas y su generación de color .....	31
1.4 RADIACIÓN Y COLOR .....	43
1.4.1 Tipos de Radiación Electromagnética .....	43
1.4.2 Relación entre Radiación Electromagnética, Pintura, y Plantas. ....	46
1.4.3 Impactos Negativos de la Radiación Ultravioleta en la tierra .....	51
1.5 CONCLUSIÓN .....	53
<b>Capítulo 2. MÉTODO</b> .....	54
2.1 ENVEJECIMIENTO CROMÁTICO EN PINTURAS PARA CONSTRUCCIÓN .....	55
2.2 MATERIALES.....	57

2.3 VARIABLES .....	60
2.4 MEDIOS DE ANÁLISIS .....	65
2.4.1 Medios de Envejecimiento: Natural y Artificial .....	65
2.4.2 Medios de Análisis Cromático .....	66
2.5 CONCLUSIÓN .....	70
CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO CROMÁTICA DE LA PINTURA.....	71
3.1 RESULTADOS DE ENVEJECIMIENTO. ....	72
3.2 RESULTADOS EN CROMÁTICA .....	74
3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA .....	88
3.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS .....	98
3.5 CONCLUSIONES .....	113
CAPITULO 4. PINTURA CON DURABILIDAD CRÓMATICA .....	116
4.1 ANÁLISIS BIOMIMETICO.....	117
4.2 SELECCIÓN DE ADITIVO PARA MEJORA .....	120
4.3 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA: PINTURA SINTÉTICA VS PINTURA NANO. ....	130
CAPITULO 5. CONCLUSIONES.....	133
5.1 INVESTIGACIONES FUTURAS .....	138
Bibliografía.....	139
Anexos	

## Índice de Tablas

Tabla 1.1 Características de Materiales Cromáticos para Fachadas.	14
Tabla 1.2. Tipos de Pintura por Solvente y Aglutinantes	18
Tabla 1.3 Algunos defectos que se pueden producir en la capa superficial de la película seca de pintura (González, 2010)	20
Tabla 1.4 Presencia del agua en un recubrimiento	21
Tabla 1.5 Factores Biológicos	22
Tabla 1.6 Características De Los Diferentes Tipos De Pinturas	24
Tabla 1. 7 Impactos Negativos	25
Tabla 1.8. Tipo de Pinturas Innovadores en el Mercado Actual	26
Tabla 1.9 Características del Follaje de Plantas	34
Tabla1. 10. Tipos de Radiación Infraroja	44
Tabla 1.11. Deterioro en Polimeros por radiación UV (Group, 2006)	48
Tabla 1. 12 Absorción y Reflexión	49
Tabla 1.13. Tabla comparativa ente fotosensibilidad de una Hoja de Planta y una Película de Pintura	50
Tabla 2. 1 Características de Pinturas de Estudio	57
Tabla 2. 2 Clasificación de Pinturas	58
Tabla 2. 3 Clasificación de Muestras A*	58
Tabla 2. 4 Clasificación de Muestras B*	59
Tabla 2. 5 Causas de Perdida de Cromática en Películas de Pintura	60
Tabla 2. 6 Variables de Pinturas Muestras	61
Tabla 2. 7 Variables de la Investigación	64
Tabla 3. 1 Total de Muestras Envejecidas	72
Tabla 3.2 Resultados de Prueba PANTONE muestras PEX.	75
Tabla 3.3 Resultados de Prueba PANTONE muestras PECO.	75
Tabla 3.4 Resultados DELTA E PEX a (vidrio)	78
Tabla 3.5 DELTA E PEX b (mortero)	80
Tabla 3. 6 Resumen resultados DELTA E en Pintura Ecológica	81
Tabla 3. 7 Resumen resultados DELTA E en Pintura Ecológica	82
Tabla 3. 8 Resultados de Glossmeter. Muestras PEX & PECO TIPO b*	87
Tabla 3. 9 Resultados de Rugosidad. PEX.	88
Tabla 3. 10 Resultados de Rugosidad BE	89
Tabla 3. 11 Resultado de Contact Angle PEX	92
Tabla 3. 12 Resultados Contact Angle PECO	93
Tabla 3. 13 Resultados Pencil Test en Muestras PEX & PECO Glass.	96

Tabla 3. 14. Resultados de Pencil Test en PEX Y PECO tipo B* .....	97
Tabla 3. 15 Resumen de comparativa diferencial de la Cromática posterior a Envejecimiento UV. ....	101
Tabla 3. 16 Resumen de comparativa diferencial de la Cromática posterior a Envejecimiento Natural. ....	102
Tabla 3. 17 Resultados de Porcentaje de Daño Cromático por Radiación UV .....	103
Tabla 3. 18. Cambios en Cromática en Muestras Tipo B .....	110
Tabla 3. 19 Cambios en Cromática en Muestras Tipo B .....	111
Tabla 3. 20 Resumen de Resultados Cromáticos en pintura PEX y PECO .....	111
Tabla 4. 1 Comparativa Funcionamiento de Respuesta. ....	118
Tabla 4. 2 Comparativa de Características de Nano Compuestos .....	121
Tabla 4. 3 Influencia de la nano - silica en el funcionamiento de las pinturas. (Sun Daoxing, 2011) .....	125
Tabla 4. 4 Tabla 4. 4 Tabla Comparativa de Evaluación de Pinturas .....	126

## Indice de Figuras

Fig. 1.1 Ciudad de Torino, Italia. ....	9
Fig. 1. 2 Salón de Arte Dramático Van Wezel, Florida, EUA .....	10
Fig. 1.3 Consumo de Pinturas en la Industria de la Construcción, INEGI 2009 .....	15
Fig. 1.4 Componentes Fundamentales de las Pinturas. ....	16
Fig. 1.5 Esquema del proceso de la fotosíntesis .....	32
Fig. 1.6 Morpho tex .....	35
Fig. 7 Flor de Loto (Nelumba nucifera) .....	37
Fig. 8 Vista microscópica de la rugosidad en la superficie de la hoja de la flor de loto. ....	38
Fig. 1.9 Esquema de Fuente de Investigación .....	40
Fig. 1.10 La Radiación Electrimagnética .....	43
Fig. 1.11 Rango de onda de Luz Visible .....	44
Fig. 1.12 Rango de onda de Luz Visible y Ultravioleta .....	45
Fig. 1.13 La longitud de ondas en el rango de la Luz Visible. Espectro de radiación electromagnética .....	47
Fig. 1. 14 Espectro de absorción de las clorofilas a y b , y carotenos .....	47
Fig. 1.15 Diagrama de Funcionamiento Fotosensible de la Planta .....	48
Fig. 1. 16 Diagrama de Funcionamiento Fotosensible de la Pintura .....	49
Fig.2. 1 Método para Experimentación .....	55
Fig.2. 2 Esquema de Muestras Realizadas .....	59
Fig.2. 3 Muestras Tipo A* .....	59
Fig.2. 4 Muestras Tipo B* .....	59

Fig.2. 5 Cámara de Lámparas UV	65
Fig.2. 6 Pantone TEST	66
Fig.2. 7 Coordenadas DELTA E	67
Fig.2. 8 Rugosímetro	68
Fig.2. 9 Equipo para realizar Tape Test	68
Fig.2. 10 Brillosímetro	69
Fig.2. 11 . Instrumento de Medición de ángulo de contacto. ZUUR DSA 100	69
Fig.2. 12 Ángulo de Contacto	69
Fig. 3.1 Resultado Cromático Posterior al Envejecimiento Natural	74
Fig. 3. 2 DELTA E espectrofotómetro MINOLTA CM- 508d	77
Fig. 3.3 Resultados de Luminosidad – PEXa . DELTA E test	78
Fig. 3. 4 Resultados a* - PEX. . DELTA E test	79
Fig. 3. 5 Resultados b*- AE DELTA E Test	79
Fig. 3. 6 Resultados de Luminosidad en Pintura PEX base mortero DELTA E test	80
Fig. 3 7 Resultados de rango Rojo - Verde en Pintura PEX base mortero. DELTA E test	80
Fig. 3.8 Resultados de rango Azul-Amarillo en Pintura PEX base mortero. DELTA E test	81
Fig 3. 9 Resultados de luminosidad en Pintura PECO base vidrio. DELTA E test	82
Fig. 3. 10 Resultados en rangos rojo/ verde en Pintura PECO base vidrio. DELTA E test	82
Fig. 3. 11 Resultados en rangos azul/amarillo en Pintura PECO base vidrio. DELTA E test	82
Fig. 3. 12 Resultados de luminosidad en Pintura PECO base mortero. DELTA E test	83
Fig.3.13 Resultados en rangos rojo/ verde en Pintura PECO base mortero. DELTA E test	84
Fig.3.14 Resultados en rangos azul/amarillo en Pintura PECO base mortero. DELTA E test	84
Fig. 3. 15 Medición de Brillo por medio de GLOSS 60° ZEHNETER	85
1. Fig. 3. 16 . Resultados Glossimeter / PEX & PECO Tipo a (vidrio)	85
Fig. 3. 17 Resultados Promedio brillo obtenidos por Glossmeter. PEX glass	86
Fig. 3. 18 Resultados Promedio brillo obtenidos por Glossmeter. PEX glass	86
Fig. 3. 19 Resultados de PEX Promedio de Brillo en muestras tipo B	87
Fig. 3. 20 Resultados de PEX Promedio de Brillo en muestras tipo B	87
Fig.3.21 . Medición de Rugosidad con Rugosímetro MITUTOYO	88
Fig. 3. 22 Comparativa de Resultados de Rugosidad- Pintura PEX con rango de error	89
Fig. 3. 23 Resultados de Rugosidad en Pintura PECO	90
Fig. 3. 24 Medición de Ángulo de Contacto- Muestras PECO-UV glass utilizando el equipo Drop Shape Analyzer DSA100 y software DSA3	91
Fig. 3. 25 Ángulo de contacto medición errónea sobre Muestras PEX/ Mortero. Fotografía tomada por el software DSA 3	91
Fig. 3. 26 Formación del Ángulo de Contacto en una gota de agua	92
Fig. 3. 27 .Gráfica Ángulo de Contacto muestras TIPO PEX	92
Fig. 3. 28 Gráfica Comparativa de Ángulo de Contacto muestras TIPO PECO	93

Fig. 3. 29 . Normativa para Tape Test .....	94
Fig. 3. 30 Acercamiento de Trazos de Navaja de Tape Test.....	94
Fig. 3. 31 Resultados Tape Test Not Aged y UV aged. Muestras PEX & PECO.....	94
Fig. 3. 32 Pencil test herramienta .....	95
Fig. 3. 33 Procedimiento de Pencil Test .....	95
Fig. 3. 34 Aplicación de Pencil test en muestras PEX y PECO sobre vidrio.....	96
Fig. 3. 35 Aplicación de prueba Pencil Test en muestras PECO sobre mortero .....	96
Fig. 3. 36 Resultados de PANTONE. Comparativa entre ambas pinturas.....	98
Fig. 3. 37. Gráfica comparativa de Resultados de Luminosidad en DELTA E test.....	99
Fig. 3. 38 Gráfica comparativa de Rango Azul/Amarillo en DELTA E test.....	99
Fig. 3. 39 Gráfica comparativa de Rango Rojo - Verde . Realizado en DELTA E test. ....	100
Fig. 3. 40 Resultados de Medicion de brillo. Glossmeter.....	100
Fig. 3. 41 Proyección de Daño a 5 años .....	103
Fig. 3. 43 Gráfica comparativa de Resultados en Rugosidad- PEX & PECO.....	105
Fig. 3. 44. Gráfica Comparativa de Ángulo de Contacto.....	106
Fig. 3. 45 Comparativa de Dureza. ....	107
Fig. 3. 46 Comparativa en codigos PANTONE .....	108
Fig. 3. 47 Gráfica comparativa de Luminosidad en DELTA E test.....	108
Fig. 3. 48 Gráfica comparativa Rangos Azul- Amarillo en DELTA E test.....	109
Fig. 3. 49 Gráfica comparativa de Rangos Rojo- Verde en DELTA E test.....	109
Fig. 3. 50 Gráfica Comparativa de Resultados en Brillo .....	110
Fig. 3. 51 Gráfica de resumen comparativa entre tipo de muestras a y b en resultados de pintura PEX.....	112
Fig. 3. 52 Gráfica de resumen comparativa entre tipo de muestras a y b en resultados de pintura PECO.....	112
Fig. 3. 53 Gráfica de Porcentajes de Afectación UV en PEX.....	113
Fig. 3. 54. Gráfica de Porcentajes de Afectación UV.....	114
Fig.4. 1 Fuentes de Emisión de Nano Partículas al Medio Ambiente (Smita et al., 2012). _____	122
Fig.4. 2 Esquema de funcionamiento de la Pintura Nano-Ecológica _____	129
Fig.4. 3 Esquema del Ciclo de Vida de los Materiales de Construcción _____	130
Fig.4. 4. Comparativa de Ciclo de vida. _____	132

## INTRODUCCIÓN

Los materiales hoy en día se encuentran en un proceso de renovación, las necesidades de mejores funcionamientos y los avances científicos y tecnológicos mejoran la viabilidad de respuesta y las soluciones dadas por un material. Es importante identificar las necesidades de los materiales, en el caso de la construcción es papel de arquitectos exponer las necesidades, para mejorar los materiales utilizados en su campo laboral. La idea no es solo buscar la mejora, si no identificar las problemáticas, los usos, la manufactura y sobre todo lo que ahora se conoce como impacto ambiental. Es fundamental la mejora de los materiales considerando que la industria de la construcción consume 40% recursos disponibles, así como aporta uno de los porcentajes más altos de emisiones de impacto ambiental.

La presencia de color en nuestro entorno es importante tanto para la arquitectura como para el usuario. La importancia del color recae en que un 80% de la información que recibe el hombre proviene del ambiente, donde se interacciona con el medio esto a la vez de espacios creados por el mismo. La percepción del color produce efectos visuales, simbólicos, asociativos, emocionales y sobre todo psicológicos. La arquitectura es capaz de manejar el color de los espacios para su bienestar o malestar.

Las pinturas, se caracterizan por ser el recubrimiento principal para la cromática externa de edificaciones. La resistencia a factores climatológicos (principalmente radiación solar) y contaminación es un determinante en el trabajo del material, las fallas ante estos factores conllevan un deterioro cromático externo. El deterioro trae consigo la necesidad de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, a lo largo de su vida útil. Los mantenimientos llegan a tener altos costos, por lo que en muchas ocasiones no se realizan de la manera necesaria, repercutiendo en una degradación mayor.

Una pintura capaz de responder satisfactoriamente ante los factores de deterioro conllevaría un ambiente externo cromáticamente exitoso dentro de los caracteres arquitectónicos, psicológicos, y de confort para los usuarios. En la actualidad diversas investigaciones analizan el funcionamiento de las pinturas para ofrecer mejores respuestas de las propiedades físicas y químicas del material.

Actualmente los recubrimientos no son lo suficientemente resistentes a la decoloración causada por los factores exteriores del clima, siendo la radiación solar el principal factor de pérdida cromática. Existe un aumento de la radiación UV, disminuye y modifica el desempeño de los materiales en exteriores, en el cual se debe de hacer énfasis hoy en día para determinar las necesidades de los recubrimientos en fachadas.

Las nuevas tecnologías en la construcción están enfocadas en su mayoría en materiales estructurales, no considerando el desempeño de los recubrimientos ante los cambios climáticos actuales. Esta investigación a diferencia de anteriores está enfocada a mejorar la resistencia cromática de la pintura con respecto al descoloramiento por radiación solar. Esta mejora se analiza a partir de dos nuevas ciencias: la biomimesis y la nanotecnología, partiendo de la primera para obtener una mejora de carácter natural que conllevara a una mejora sustentable, y en la segunda ciencia el cómo lograrlo.

La naturaleza se forma por un ambiente externo colorido, lleno de respuestas cromáticas a su entorno que funciona correctamente incluso ante los factores externos, las plantas son el mejor ser vivo en lo que corresponde a esta relación de color y radiación. El presente trabajo utilizará la bio-inspiración para buscar una reacción efectiva de manejo de la radiación solar, uno de los principales factores que afectan la superficie de un material; realizando una comparativa de funcionamiento entre el material pintura y las plantas, se establecen las características para una propuesta de mejora.

La propuesta de mejora para la pintura deberá tomar en cuenta las necesidades planteadas por la anterior comparativa, esto se logrará utilizando como parte de la investigación la nanotecnología. Uno de los compuestos nanotecnológicos más utilizados en el mejoramiento de los recubrimientos es la nano-silica. Por lo tanto se analizará la viabilidad de su uso para la mejora de las características de respuesta de la película de pintura ante la radiación solar.

Con el objetivo de conocer a fondo las necesidades y el comportamiento del material de estudio, con periodos de envejecimiento natural como artificial, se realizará una caracterización fisicoquímica del material. La caracterización fisicoquímica tendrá el propósito de analizar características que se ven afectadas en los recubrimientos posterior a la exposición solar; conociendo a fondo estas reacciones obtenidas en las pruebas a realizar posteriormente a partir de la caracterización de las pinturas tipo se realizará una comparativa entre ellas, obteniendo como resultado en la de mejor comportamiento la viabilidad de mejora bio inspirada.

Con el siguiente trabajo se plantea la siguiente hipótesis:

***“A partir de la bio-inspiración y el conocimiento del impacto causado por la radiación solar (Radiación Ultravioleta) se propone la propuesta de mejora en la resistencia cromática y durabilidad de las pinturas sintéticas en fachadas”.***

Lo anterior se definirá a partir del cumplimiento de los siguientes objetivos:

- ❖ **Realizar una comparativa entre las pinturas sintéticas y las plantas sobre sus respuestas a la radiación solar**
- ❖ **Analizar los mecanismos de las plantas contra la radiación Ultravioleta y su cromática.**
- ❖ **Establecer un porcentaje de afectación por radiación solar contra los otros factores de decoloración de pinturas.**
- ❖ **Determinar las necesidades de las pinturas sintéticas para mejorar la durabilidad cromática.**
- ❖ **Definir un aditivo para la pintura sintética capaz de imitar las capacidades de las plantas ante la radiación ultravioleta.**

Por lo tanto, el propósito del siguiente trabajo es desarrollar información sobre la afectación causada por la radiación solar como principal factor en el cambio cromático de las pinturas en fachadas para poder así desarrollar una propuesta de mejora basada en términos de bio-inspiración.

## CAPÍTULO 1.

# MARCO TEÓRICO

A continuación se presenta la información sobre los temas en torno a la presente investigación. Este primer capítulo inicia con una explicación de la importancia del color y su funcionamiento como elemento arquitectónico, donde se hace un enfoque a su importancia ambiental para la relación del hombre con su entorno a lo largo del tiempo de la arquitectura. Una vez expuestas estas características de color, se continúa con las soluciones existentes en el medio de la construcción, enfatizando el uso de la pintura como material más convencional en la industria de la construcción en nuestro país; la información abarca aspectos de degradación, impacto ambiental y características de la pintura en este segmento. Posteriormente se hace énfasis en el descoloramiento por radiación solar.

En este contenido se habla también sobre la biomimesis y la nanotecnología, como herramientas en la búsqueda de soluciones en los materiales de construcción, en este apartado se hace enfoque sobre las plantas, sus características cromáticas y de foto respuesta como bio- inspiración que será la base para la propuesta de mejora.

La Radiación solar es uno de los elementos importantes en esta investigación, ya que es la fuente de color y de descoloramiento en las pinturas en fachadas; por lo que se expone la importancia de esta relación, para comprender la diferencia entre una foto respuesta natural y una artificial.

## 1.1 IMPORTANCIA DEL COLOR EN EL MEDIO AMBIENTE

El impacto de la arquitectura en el medio ambiente es de carácter vital. Esta relación ha existido desde el momento en que el hombre cambio el medio natural creando medios abióticos, de esta manera se modificó lo que hoy en día conocemos como, medio ambiente.

“El estudio del ambiente, se enfoca en tres niveles, *el ambiente natural, el ambiente artificial y el ambiente social.*”<sup>1</sup> La interacción de estos niveles, generan medios diferentes donde las necesidades y los problemas varían, es decir medio ambiente, el espacio, y el individuo reaccionaran diferente de acuerdo a sus características.

En este contexto, de relación entre el hombre y su medio se sitúa la psicología: *pico-* (actividad mental o alma) y *-logía* (estudio). Esta disciplina analiza aspectos del ser humano como: cognitivo, afectivo y conductual. Por lo anterior, que la arquitectura dentro de todo proyecto arquitectónico debe tomar en cuenta aspectos psicológicos, puesto que el arquitecto como diseñador tiene en las manos la posibilidad de crear diversos ambientes, los cuales influyen en los estados de ánimo de los usuarios de estos espacios.

“No se pretende que el arquitecto haga de psicólogo, pero sí que no renuncie a su objetivo primordial: conseguir un lugar para vivir cada vez más humano, más rico en posibilidades culturales de todo tipo”<sup>2</sup>

Con base en lo anterior, se dice que todo buen arquitecto deberá antes de comenzar algún proyecto, conocer debidamente a los futuros usuarios, buscando a la vez satisfacer sus expectativas e influir en sus emociones, para generar un sentimiento de pertenencia del espacio, al mismo tiempo que generará una buena relación y armonía entre ambos.

“Al inicio del siglo XXI se ha vuelto evidente que los problemas ambientales como la contaminación, deforestación y el cambio climático, están afectando incrementalmente los ecosistemas. Aunado a los

---

<sup>1</sup> LOTITO, Catino Franco. Arquitectura Psicología, Espacio e Individuo.

<sup>2</sup> Muntañola, J. T (2000). Impacto físico, social y cultural de la arquitectura, *Arquitectura Dialógica y Psicología Ambiental*, (61-65), P. 61. . Barcelona: Ediciones UPC,

*problemas anteriores, se reconoce que el comportamiento humano es una de las principales causas de los problemas ambientales”.*<sup>3</sup>

Un problema que ejemplifique lo anterior, se puede tomar el tema de accesibilidad a una infraestructura de transporte público como privado en la Ciudad de México, la cual nos rodea diariamente; esta infraestructura debería de influir en la disminución de uso del automóvil. Surge una pregunta para la solución a esa problemática, ¿cómo debe influir el medio artificial en el medio natural para disminuir la contaminación? Se encontraría la solución en que si el medio artificial propicia una menor utilización del automóvil, se obtendrían una respuesta en la población y se mejoraría el medio ambiente donde vive.

Estos problemas ambientales, no solo se acrecientan también tienen como consecuencia un gran interés a nivel global en los últimos años por disminuirlo, generando diversas investigaciones en la búsqueda de innovaciones para contrarrestar y afrontar los daños causados por el hombre. Hoy en día la ciencia y la tecnología se han unido en varias disciplinas para buscar soluciones o mejoras, las cuales no sigan contribuyendo al deterioro ambiental, se habla de sustentabilidad, biomimé debate, nanotecnología, entre otras; las cuales forman parte de una creciente búsqueda en el logro de una relación sana entre medio ambiente y el hombre.

Ante los problemas mencionados, la implementación de color, con mejores características físicas en el exterior, logrará influir positivamente en los usuarios. Por lo tanto, obteniendo un conocimiento profundo en las técnicas de color y con ayuda de la biomimesis, se realizará la propuesta de un mejor funcionamiento para un material cromático en fachadas; de esta manera mejorar el medio ambiente, con un mejor funcionamiento disminuyendo impactos negativos al mismo medio.

Para entender mejor esta importancia de la implementación de color en los siguientes capítulos se abarca con profundidad su papel como elemento en el ambiente, sus características y su importancia enfocada al ambiente arquitectónico.

---

<sup>3</sup> STEG, Linda (2012.). *Environmental Psychology: An Introduction*. London: John Wiley & Sons P.4

## 1.1.2 El Color

El estudio de las teorías cromáticas tiene un origen antiguo; mismo que han ido evolucionando a través del tiempo. El color es un elemento estudiado por varias disciplinas como la física, psicología, arquitectura y diseño. Con el fin aprovechar su gran potencial.

La importancia del color recae, en que forma parte de la información visual que recibimos, un 80% de la información recibida por el hombre es de origen visual, siendo la mitad proveniente del color. Esto significa que está inmerso en la información visual que a diario recibimos.

El color es capaz de alterar nuestras emociones y sensaciones es decir alterar la conducta humana en un espacio y momento determinado. Estas reacciones son estudiadas por la psicología del color, *“la experiencia del color se encuentra basada en una coordinación de procesos físicos, fisiológicos y psicológicos, los cuales poco a poco han sido descubiertos y estudiados”*. (Lopez, 2011)

Uno de los estudios del color fue realizado por el científico y dramaturgo Johann Wolfgang von Goethe, logrando como resultado la publicación de la Teoría del Color, interesándose en la función del color a través de la recepción de luz al ojo y su interpretación, desarrollando así un grupo de reglas en la mezcla de colores y sus respuestas. Donde define el color como una *sensación producida por el reflejo de la luz* en la materia y transmitida por el ojo al cerebro (Goethe, 1840). La materia capta las longitudes de onda que componen la luz excepto las que corresponden al color que observamos y que son reflejadas.

Para Goethe, (1840) los colores son un acto de luz, con modificaciones activas y pasivas: **por lo tanto es necesario conocer la luz**. Los colores y la luz tienen una estrecha relación uno con el otro, esta relación corresponde completamente a la naturaleza. La naturaleza es la quien responde a esta relación, de una manera especial, el sentido de la vista.”

El ojo humano entonces es el receptor de la relación entre luz y color, este manda la información al cerebro el cual es capaz de reconocer los colores percibidos, siendo capaz de reconocer más de 10,000 diferentes colores; así como Goethe lo expone, esto forma parte de un proceso físico de gran precisión que es la vista. La respuesta psicológica ante estos estímulos está ligada a la sensación, percepción y color.

Entonces la percepción de la información estimula el resto de respuestas fisiológicas y psicológicas. Estas respuestas al color, pueden ser natas o por aprendizaje, debido a esa estrecha relación de aprendizaje, no se tiene definido la relación ya que en muchos casos está definida también por la cultura. Sin embargo, debido a

las reacciones de comportamiento se puede dominar un color, por ejemplo definiendolos como colores frios y calidos.

En un estudio realizado en México en 1992, donde un grupo de gente asocio colores con sentimientos y usos, tuvo como resultado que el color gris esta asociado con tristeza, fatiga y duda, mientras que el color verde con esperanza. (Lopez, 2011)

Esta relacion entre color y reaccion debe de tomarse en la practica arquitectonica, el color gris forma parte de la mayoria de las construcciones, y en algunos casos de su totalidad, generando en las personas recciones no estimulantes; En lugar de utilizar colores con reacciones beneficas, como el verde o azul, es por eso que la investigacion hace enfasis en retomar por un lado la cromatica de los espacios externos, y una cromatica más durable.

### 1.1.2 Las funciones del Color en la Arquitectura

En la arquitectura el color se utiliza para enfatizar el carácter del edificio para acentuar su forma y sus materiales, y para hacer más claras sus partes. Al analizar el uso del color desde una estricta orientación hacia la arquitectura descubrimos que al margen de su influencia emocional, el color puede afectar de forma considerable la imagen de una obra arquitectónica y está a la vez al ambiente que lo rodea. Los colores pueden modificar los aspectos espaciales.

Porter (1988) *“En la práctica se trabaja con colores que reflejan frecuencias, pero los colores que se ven no existen sobre la superficie, ya que son producto de la imaginación. La experiencia del color es una sensación subjetiva proporcionada por medio de dichas frecuencias, es decir energía en la forma de radiaciones de luz dentro del espectro visible. Sin un observador los rayos luz en si no constituyen color. El ojo y el cerebro del observador interpretan el significado de estos mensajes sensoriales. La experiencia dependerá de tres factores importantes: las condiciones de iluminación en las cuales se observa el color, las características espectrales del objeto observado y la percepción del color”.*

En la actualidad el ritmo y el estilo de vida actual han influido en la perdida de una preocupación sensorial de las personas hacia su entorno, generando varias consecuencias como un completo desinterés en los espacios urbanos, lo que genera desuso, maltrato, e insuficiencia. Por este motivo se genera el concepto de Color Ambiental, el cual busca generar una identidad y armonía con el medio ambiente que rodea al espacio arquitectónico.

Ruiz Carolina (2004), analiza la experiencia a través de la arquitectura y el color donde dice: *“Originalmente e, color no era un problema en absoluto surgía por sí mismo. El ser humano utilizaba los materiales que le proporcionaba la naturaleza y que la experiencia le había revelado como resistentes y duraderos. (...)El resultado era una construcción con los colores propios de la naturaleza una morada humana q como el nido de un pájaro formaba parte integral del paisaje.”*

Porter (1988), años antes lo definió como: “El color de una ciudad es un aspecto de su historia. Hasta la primera parte del Siglo XIX (...) los estilos arquitectónicos evolucionaron dentro de las limitaciones de materiales disponibles, lo cual dio forma a los edificios, (...) producido ambientes urbanos con armonía visual, (...) unificados por su escala, material y especialmente por el color”

Ambos autores dan a entender la relación entre color, arquitectura y materiales, en la búsqueda de una identidad así como de generar un color ambiental. El color también genera simbolismo, es decir la población asocia un color con un significado específico. En esta integración se buscará comunicar utilizando efectivamente el color, distinguiendo la armonía y la desarmonía. Existen tres tipos de armonía del color: identidad, similitud y contraste.

Esta es la base de la ideología de varias ciudades, las cuales limitan a sus habitantes el pintar sus fachadas con colores diferentes a lo reglamentado, estos colores son elegidos tratando de imitar al medio que los rodea. En la Fig. 1.1 se observa la ciudad de Torino, caracterizada por poseer un color ambiental planeado en una escala urbana, copiando el amarillo ocre, mismo color de las piedras de su alrededor.



Fig. 1.1 Ciudad de Torino, Italia.

En un espacio el color puede favorecer, destacar, disimular, crear sensaciones, significados e incluso despertar sentimientos. “Al trabajar con una gama de materiales el arquitecto controla el espacio mediante el empleo de superficies y acabados con distintas capacidades de absorción, reflexión y transmisión de luz.” (Porter, 1988.)

Un color puede llegar a alterar, lo embellecer o puede destruir un espacio arquitectónico, por lo tanto es importante recordar el potencial del color en los exteriores.

El uso de color en el diseño arquitectónico nunca ha dejado de tener importancia, sin embargo con respecto al diseño urbano se enfrenta a más problemáticas. Actualmente la Ciudad de México presenta problemas en cuanto diseños de espacios urbanos, algunos mejorados en los últimos años, sin embargo estas soluciones deberán de presentar ideas nuevas, agradables con el ambiente y que generen sobre todo un impacto positivo en la sociedad.

Es obvio que existe una conexión inexplicable entre los materiales y color. (...) No experimentamos el color de manera independiente, si no solo como una de las características de un material determinado. (Ruiz C. , 2004), pero ¿hasta dónde se deja que el material hable por si solo?, hoy en día el arquitecto ha logrado modificar la propiedad natural de color en materiales gracias a la tecnología, logrando así un ampliar las diversas técnicas de color.

Tomando la importancia mencionada que existe dentro del medio ambiente, una buena percepción del espacio visual es fundamental alentar el mejoramiento de la percepción retomando las ventajas y desventajas del color.

Otro arquitecto escritor sobre el color y su función arquitectónica es Taut, Bruno 1880-1938, quien veía el uso de color como "signo de la nueva felicidad". Su visión de color puede ser resumida en la siguiente frase: "En una calle antigua de Magdeburg, en la cual la mitad de los edificios estaban pintados y la otra mitad permanecían grises, era posible percibir, cuando llovía, como la parte pintada poseía una vida plástica y verdaderamente material, mientras que la parte gris parecía un fantasma abstracto y perturbador". (Taut, B.)

El uso de color en un elemento arquitectónico para lograr un impacto positivo se puede ver reflejado el Salón de Arte Dramático Van Wezel en Florida, E.U.A. (Fig.1.2) obra arquitectónica de Frank Lloyd Wright donde el solo cambio de un color gris a un violeta. Al realizar este cambio la respuesta de gente mejoro, tuvo una reacción de aceptación mayor al anterior edificio gris.



Fig. 1.2 Salón de Arte Dramático Van Wezel, Florida, EUA

Estos problemas en elección de color, se deben a que los procesos de diseño (exterior) se hacen desde una escala pequeña, simulando la elección de colores aparentemente adecuada para escalas mayores, lo que genera que al momento de colocarlos en escalas mayores resulten ineficientes. Debido a la percepción de tamaño, color y saturación.

Por lo tanto es fundamental la importancia que recae esa necesidad en la arquitectura, así lo define Ruiz C. ( 2004), cuando el color de los materiales de construcción empezó a ser controlado por el hombre en vez de venir dado por la naturaleza se logró dar un nuevo paso en el diseño arquitectónico. En general usamos los colores que estamos acostumbrados a ver a nuestro alrededor. La relación entre los materiales y el color, servirá para mejorar las características cromáticas en la edificación, se encuentra en el mejoramiento de los materiales utilizados.

En general, la función de color en espacios exteriores se debe entender como el medio directo con los individuos de un medio, puesto que a diferencia del interior, el exterior es percibido por una mayor cantidad de personas al mismo tiempo. Este color será capaz de transmitir más emociones, respuestas, molestias o diferentes mensajes al observador de tal manera que es una herramienta sumamente importante en el medio ambiente y aún más en la arquitectura. Como dice Taut, existe una verdad es fundamental: el hombre tiene necesidad del color.

En este capítulo se explicó la relación entre el color y el hombre para entender la importancia de este elemento para el desarrollo de la vida diaria , esto a la vez nos expone la importancia de esta relación con la arquitectura siendo esta el elemento más importante para el desarrollo habitable del hombre. También se define la relación entre luz, color y naturaleza siendo esto de importancia para esta investigación como parte de la búsqueda de una solución a los problemas cromáticos de la arquitectura actual. Por último se retoma una importancia del color en los espacios exteriores en la arquitectura, para entender la justificación del mejoramiento de las técnicas cromáticas actuales.

## 1.2 ELEMENTOS CROMÁTICOS EN ELEMENTOS EXTERIORES.

En el desarrollo constructivo, las fachadas forman parte de la última fase de una obra, al igual es una de las prioridades en cuanto a diseño. Un arquitecto busca que con base al diseño de un edificio además de los espacios interiores, la envolvente del edificio sea un icono. La fachada de un edificio es el elemento exterior que envuelve el interior de un edificio, sirviendo de protección ante los fenómenos climáticos para los cuales se emplean diferentes soluciones constructivas y aislamientos térmicos. Es decir este elemento cumplir con todas las exigencias propias del lugar y función de la edificación.

La fachada es parte de la expresión arquitectónica, su diseño es un conjunto de volúmenes, proporciones y ritmos donde se percibe lo sensorial del edificio a su entorno, y de manera visual la identidad del edificio. La valoración de la estética y la calidad de una fachada son de carácter primordial para el arquitecto, gracias al conjunto de elementos y uso de materiales forman parte fundamental en volumetría, identidad, funcionamiento, y estética.

Los materiales en fachadas son estructurales, ventilación, iluminación, aislamiento y decoración. Dentro de los materiales decorativos existen toda una amplia gama de soluciones estéticas, sin embargo el más utilizado a lo largo del tiempo como recubrimiento cromático es la pintura. A continuación se realiza una introspectiva del material, con el fin de conocer su funcionamiento, estructura y comportamiento en su uso arquitectónico.

### 1.2.1 La Pintura como Recubrimiento Cromático en Exteriores.

Un elemento arquitectónico de cualquier pertenencia (edificios, casa-habitación, infraestructura, etc.), se caracteriza por utilizar elementos que mejoren su apariencia y trabajo tanto en el exterior como en el interior. Sin embargo las técnicas utilizadas están más forzadas a trabajar en los ambientes exteriores.

Estos elementos son conocidos como recubrimientos, el cual es un material que es colocado sobre la superficie de ese elemento arquitectónico. Los recubrimientos tienen como fin el mejorar algunas de las propiedades o cualidades de la superficie donde fueron colocadas. Estas propiedades tales como visuales, adhesión, resistencia a la humedad, corrosión y al desgaste, son las que se enfrentan dentro de los materiales de recubrimiento en arquitectura.

Los recubrimientos han ido evolucionando gracias a la tecnología, sin embargo las necesidades cada día van en aumento. Es por esto que se debe de continuar con esta búsqueda, del buen funcionamiento de los mismos. Hoy en día el avance de técnicas en recubrimientos sigue buscando un correcto funcionamiento a la intemperie, por lo tanto la elección de los diseñadores, arquitectos y constructores esta inclinada al color natural de la piedra utilizada (el concreto), dejando de lado recubrimientos avanzados por falta de conocimiento o presupuesto. Las elecciones monocromáticas generan una mala reacción en los usuarios, por lo que es necesario contar con nuevas opciones de soluciones cromáticas en la construcción.

En el desarrollo de técnicas en la construcción, se encuentran múltiples soluciones materiales y tecnológicas. El avance en estas técnicas ha conseguido soluciones más eficientes y sobre todo han logrado disminuir los impactos ambientales generados, tema importante dentro de las necesidades actuales. Como parte de esa búsqueda de avances, la presente investigación está centrada en materiales con fines cromáticos exteriores, debido a la importancia de la cromática para el medio ambiente y el ser humano.

Existen diferentes materiales que aportan color en espacios arquitectónicos a los que se denomina Materiales Cromáticos, los cuales se presentan en la siguiente tabla de acuerdo a su origen, características y uso para una revisión del estado del arte de este ámbito.

Tabla 1.1 Características de Materiales Cromáticos para Fachadas.

<b>Material</b>	<b>Origen</b>	<b>Características</b>	<b>Uso</b>
<b>Pintura</b>	Natural Mineral Sintético	Es un fluido aplicado sobre una superficie en capas relativamente delgadas, se transforma al cabo del tiempo en una película sólida que se adhiere a dicha superficie, de tal forma que recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado. De acuerdo a su origen obtienen las siguientes propiedades: secado rápido, alta impermeabilidad, buena adhesión, flexibilidad y dureza, resistencia a la abrasión y durabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Decoración</li> <li>▪ Aislamiento Térmico</li> <li>▪ Exterior, Interior</li> <li>▪ Diferentes Tipos de Superficies</li> <li>▪ Protección</li> </ul>
<b>Vidrio</b>	Cerámico	Las características principales del vidrio son transparencia, presión, resistencia al calor y a la flexión y resistencia química. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aislamiento</li> <li>▪ Facilidad de fabricación</li> <li>▪ Durabilidad</li> <li>▪ Resistencia mecánica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Iluminación natural</li> <li>▪ Ahorro Energético</li> <li>▪ Decoración ( color)</li> <li>▪ Aislamiento Térmico y acústico</li> </ul>
<b>Piedras Naturales</b>	Natural	La piedra se puede utilizar directamente sin tratar, o como materia prima para crear otros materiales. Densidad, Higroscopicidad, Conductividad térmica, Resistencia mecánica, y Elasticidad. Textura y Color	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estructural</li> <li>▪ Decorativos</li> <li>▪ Aislamiento Térmico y acústico</li> </ul>
<b>Paneles de aluminio y metal</b>	Metal	Es un tipo de material compuesto con una capa en la superficie de aluminio procesada químicamente. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resistencia al impacto.</li> <li>▪ -Estanqueidad al agua.</li> <li>▪ Confortabilidad térmica y acústica.</li> <li>▪ Iluminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Exterior e interior</li> <li>▪ Decorativo</li> <li>▪ Industrial</li> <li>▪ Revestimiento de paredes, paneles de techo, publicidad, cubiertas protectoras</li> </ul>
<b>Madera</b>	Natural	Es en esencia un conjunto de fibras alargadas y paralelas de celulosa aglutinadas. Las propiedades físicas y mecánicas son: Humedad, densidad, retracción e hinchamiento, dureza, Conductividad térmica y eléctrica, Durabilidad, Acústicas, Resistencia a la compresión y tracción, Flexibilidad, Textura y Color	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estructural</li> <li>▪ Decorativo</li> <li>▪ Interior y Exterior</li> <li>▪ Cubiertas</li> <li>▪ Carpintería</li> </ul>

Partiendo del conocimiento de los métodos existentes, como antes se ha mencionado en la investigación, la pintura es tomada como objeto de estudio debido al alto índice de uso dentro de la industria de la construcción, sigue siendo el convencional debido a su fácil colocación y costo. Por lo tanto es más viable mejorar el material, para que su utilización en la construcción y mercado arquitectónico sea mejor aceptada.

**Estructura del consumo en el sector construcción  
fabricación de pinturas, recubrimientos y de tintas para impresión**  
Datos referentes a 2008

**Construcción**

Principales materiales consumidos	%	Actividades	% Valor material consumido
Pinturas, esmaltes, lacas y barnices	70.7	Edificación de inmuebles comerciales y de servicios, excepto supervisión	25.6
Impermeabilizantes y recubrimientos	24.9	Edificación de viviendas unifamiliares	20.4
Solventes	2.7	Trabajos de pintura y otros cubrimientos de paredes	14.4
Selladores	1.1	Otros trabajos de acabados en edificaciones	9.9
Otros	0.6	Construcción de carreteras, puentes y similares	7.3
		Edificación de naves y plantas industriales, excepto supervisión	6.3
		Otras construcciones	16.1

Fuente: INEGI. Censos Económicos 2009.

**Fig. 1.3 Consumo de Pinturas en la Industria de la Construcción, INEGI 2009**

Las pinturas son los recubrimientos más utilizados en el proceso constructivo. Al igual como se observa en la Fig. 1.3, en un estudio realizado en México, en el 2008 sobre el consumo de productos provenientes de la industria de la pintura, arrojo que la industria de la construcción tiene la mayor demanda, por el uso de pinturas, barnices y esmaltes.

Por lo anterior, el enfoque de la investigación es en la pintura como material cromático, describiendo a continuación sus propiedades cromáticas, características y funcionamiento como recubrimiento en fachadas arquitectónicas.

## 1.2.2 La pintura y su funcionamiento.

Los materiales de construcción, como los recubrimientos se caracterizan, por ser utilizados después de sufrir una transformación por parte del hombre, desde su estado natural “Materia” y posteriormente después de utilizar varias técnicas y un aporte energético los convierte en “Material”. Es decir su composición la adquieren artificialmente, sin embargo esto no los libra de tener un envejecimiento natural, conocido como tiempo de vida de un material.

La Pintura es un producto formado por pigmentos y otros aditivos dispersos homogéneamente, los cuales aplicados sobre una superficie en capas delgadas y posterior secado, se transforma al en una película sólida que se adhiere a dicha superficie, confiriéndole el color del pigmento que tiene en su composición. Con la finalidad de recubrir decorativa, protectora, higiénica o funcionalmente dicha superficie. Sin embargo el funcionamiento de la pintura como material va más allá del color.

“Las pinturas es un revestimiento que contribuyen también en la durabilidad de muchos otros materiales. (...) deben efectuarse los trabajos de la forma adecuada en la preparación del soporte y en la elección del tipo de pintura para cada caso.” (González, 2010)

Entonces la pintura como material tiene una gran importancia. No solo en el funcionamiento del material sobre el que es aplicado, sino también por lo visto anteriormente, es el medio por el cual le da un color a un elemento, formando así espacios funcionales dentro del medio ambiente. Es por eso que para la investigación es necesario conocer el funcionamiento y comportamiento de este material.

Las pinturas están formadas por diferentes elementos, para entender mejor su composición se debe de entender que consiste de dos partes, primero están los solventes (disolventes) y el aglutinante los cuales mezclados funcionarán como vehículo en la formación de la película, esta servirá de alojamiento del segundo componente que son los pigmentos.

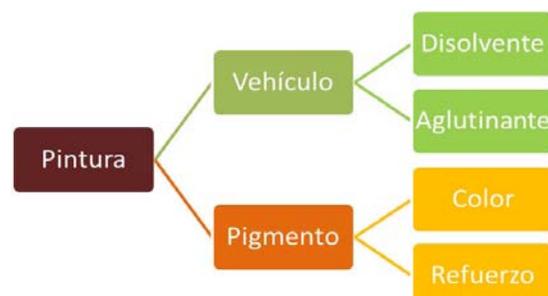


Fig. 1.4 Componentes Fundamentales de las Pinturas.

Para mejorar el funcionamiento de estos dos componentes en una pintura se utilizan aditivos, enfocados a mejorar la velocidad de secado, fluidez, cromática, durabilidad, etc.

El componente de mayor relevancia en una pintura es el vehículo, puesto que de él dependerá el funcionamiento de los pigmentos. El disolvente o solvente es una sustancia que permite la dispersión de otra sustancia (el aglutinante y los pigmentos); el disolvente se evapora en contacto con el aire, en la evaporación está involucrada la temperatura y humedad externa. Algunos tipos de disolventes son: Agua, Aguarrás, Hidrocarburos, Alcoholes y Cetonas

Por otra parte el aglutinante entra en funcionamiento al terminar la evaporación del solvente, estos determinan el comportamiento de la pintura en la formación de la película, es decir de estos depende el funcionamiento y rendimiento útil de una pintura. Estos se obtienen a través de diversas materias primas las cuales son capaces de formar recubrimientos sólidos a partir de una forma de aplicación líquida sobre la superficie de otro material. Por su composición de origen los aglutinantes se clasifican en:

- Origen Orgánico- De origen vegetal.
- Origen Plástico – De origen petroquímico
- Origen Inorgánico – De origen diverso.

Sin importar el origen de los aglutinantes, estos deberán de ser capaces de tener adherencia ante diferentes tipos de superficies, de formar una película resistente, duradera, fuerte y flexible, estabilidad de color, y resistencia ante agentes contaminantes de diferentes tipos.

El otro elemento importante de las pinturas es el pigmento, las cuales son sustancias en polvo preparadas para proporcionarle a la pintura su coloración y opacidad. La importancia recae en que tienen el poder cubriente y los colorantes para generar el aspecto deseado, así como una estabilidad en la película. Los polvos de los pigmentos generalmente tienen un origen mineral, son utilizados de acuerdo a sus propiedades de color como de resistencia, otros son elegidos como pigmentos de refuerzo. Otra propiedad a mencionar es el rendimiento, En la práctica existen distintos métodos para calcular este factor, el cual forma parte de una elección del material.

González Martin, 1994 analista de las pinturas en la construcción dice “actualmente existe gran cantidad de tipos de pintura con diversas variaciones de cada tipo, pero todos ellos tienen una propiedad común: se aplican de forma líquida y se transforman en películas sólidas y continuas una vez que han secado. La pintura en forma líquida presenta diversos grados de viscosidad o fluidez y el proceso de conversión en película seca, que forma el recubrimiento final, tiene lugar por diferentes mecanismos: canalización, secado al horno, evaporación de los disolventes. Algunas pinturas secan lentamente, mientras que otras lo hacen con gran rapidez”.

Los tipos de pinturas y su selección dependerán directamente del tipo de superficie a cubrir así como las exigencias del entorno donde trabajara el material. De acuerdo a esto y a su tipo de composición como de solvente y de aglutinante las podemos resumir en la siguiente tabla:

Tabla 1.2. Tipos de Pintura por Solvente y Aglutinantes

Nombre	Descripción
<b>Pinturas de Aceite</b>	Donde los pigmentos se diluyen en aceites y resinas, combinados con disolventes volátiles. Las resinas le dan adherencia, brillo y secado rápido, mientras que los aceites le dan resistencia a la intemperie.
<b>Pinturas Sintéticas</b>	Los vehículos están formados por resinas plásticas, vinílicas o acrílicas o ambas disueltas en agua. Los pigmentos son sencillos, los cuales en la formación de la película logran un correcto trabajo de acuerdo a su formulación.
<b>Pinturas de Esmalte (Alquídico)</b>	Hechas con resinas alquídicas, y una combinación de aceites vegetales, y ácidos solubles en varios tipos de disolventes.
<b>Pinturas Bituminosas</b>	Creada a partir de la mezcla de productos derivados de la industria petrolera, industria de gas o carbón.
<b>Pinturas Epóxicas</b>	Compuestas de resinas epóxicas procedentes de la industria petroquímica.

La variedad de tipos de pintura cada vez se acrecienta más debido a la gran variedad de soluciones que hoy en día forman parte de esta industria. En esta investigación se analizaran las pinturas sintéticas, utilizadas como recubrimiento en fachadas.

Las pinturas contribuyen a mejorar el color, la luminosidad, el brillo, la textura de las superficies, en definitiva, perfeccionan su aspecto estético y su apariencia. La luminosidad y el contraste de color que una superficie ofrece con relación al conjunto ambiental es un factor fundamental en la mejora del aspecto estético de los espacios pintados.

Es fundamental mencionar las propiedades de la luz y su comportamiento cuando incide sobre una superficie recubierta con una pintura pigmentada. La luz visible, o luz blanca es una fracción muy pequeña del espectro electromagnético. Como es bien conocido, cuando este tipo de luz visible o luz blanca pasa a través de un prisma, sale de él convertida en un haz de colores diferentes.

Cualquiera de estas dos zonas extremas del espectro resulta invisible al ojo humano. Cuando la luz incide sobre una superficie pintada puede seguir diferentes caminos, pero normalmente se dirige por uno u otro según las características de opacidad, transparencia, color, brillo, etc., inherentes a la película seca del recubrimiento final. Estas características son las que determinan si la luz ha de ser transmitida, reflejada, absorbida, reflectada, etc., o si seguirá varios de estos efectos al mismo tiempo.

Las pinturas reflejan desde su superficie una pequeña cantidad de luz en forma de brillo, ya que la mayor parte se transmite a través de la película llegando hasta el sustrato sobre el que está aplicada. Si este sustrato es de color blanco, la luz que llega a él será devuelta nuevamente en su mayor parte a través de la película de recubrimiento, si por el contrario el sustrato es de color negro, una gran parte de la misma será absorbida. Cuando la superficie es coloreada, una parte de las longitudes de onda que componen la luz serán selectivamente reflejadas, mientras que las restantes serán absorbidas, de tal forma que el color que nosotros observamos representa la suma de ondas reflejadas por la superficie recubierta.

El comportamiento de la luz y las pinturas convencionales es necesario de entender, puesto que existe una relación luz- color muy estrecha, pero en el caso de las pinturas la luz además de dar la característica del color, también puede ser agresiva con la misma.

En resumen existen deficiencias en este material, el cual continua siendo el de más uso en la industria de la construcción, por lo que deberá de responder cada vez mejor a las demandas de durabilidad, resistencia y trabajo con ayuda de las nuevas tecnologías.

### 1.2.3 La pintura y su comportamiento en el ambiente

“Las Leyes de la Naturaleza, mediante acciones físicas, químicas y biológicas, a las que también se ha sumado la contaminación, como componente negativo de la evolución tecnológica y social del hombre, constituyen un compendio de interacciones que modifican nuestro entorno natural y físico.” (Martín, 1999)

A pesar de ser un material muy utilizado en la industria de la construcción la importancia de su manejo no es prioridad de los profesionistas. Hoy en día los arquitectos conocen la existencia de una psicología de color, comprenden las reacciones consecuentes a una buena o mala elección de color, así como tienen la noción de las variedades existentes de pinturas; sin embargo realmente cuanto sabemos sobre su comportamiento, o sus reacciones al medio, es decir tomamos con importancia la colocación y elección de pinturas.

Después de conocer las características de las pinturas en su estado líquido, por consiguiente debemos analizar las características en su estado seco, es decir una vez que se forma la película. Estas características serán las que determinaran su correcto o mal funcionamiento, así como la búsqueda de mejoramientos del producto. Las cuales son: aspecto, color, brillo secado, espesor, opacidad, adherencia, e inmersión.

Estas propiedades de comportamiento dependerán directamente de dos factores, el primero es el de colocación y el segundo es el ambiental. La colocación dependerá directamente del profesional a cargo de la misma, esto significa que podrá medirse, controlarse y supervisarse para un correcto funcionamiento.

Tabla 1.3 Algunos defectos que se pueden producir en la capa superficial de la película seca de pintura (González, 2010)

Problema	Causa	Problema	Causa
Descamación	Soporte muy lizo Mala formación de película Soporte polvoriento	Mala Resistencia a la Humedad	Mala calidad de la pintura
CuarTEAMIENTO	Soporte Demasiado poroso Capa muy gruesa Baja temperatura de la pintura	Ampollamiento de la película	Soporte húmedo Mala preparación de la Superficie
Deficiente color	<b>Mal estado de la pintura</b> <b>Soporte sucio</b>	Mala Adherencia	Superficie sucia y mal preparada
Perdida de color en poco tiempo	<b>Retención de polvo</b> <b>Crecimiento de microorganismos</b> <b>Oxidación de polímeros</b>	Puntos de Óxido	Soporte metálico mal preparado Restos de óxido Mala calidad de la pintura
Decoloración	<b>Demasiada insolación</b> <b>Mala Calidad de los Pigmentos</b>		

En la tabla anterior González, Martín 2010, después de haber realizado un análisis exhaustivo en el comportamiento de este recubrimiento en el exterior, esta investigación se enfoca a los aspectos de **Color Deficiente, Perdida de color en poco tiempo y Decoloración por la búsqueda de mejorar la cromática en elementos exteriores a través de mejorar el material en su funcionamiento ante estos aspectos.** En estos tres aspectos las causas que subrayamos son las de **retención de polvo, oxidación de polímeros, demasiada insolación, los últimos dos al ser originados por la radiación electromagnética.**

Otros factores de importancia, que pueden deteriorar la pintura se clasificaran en: Técnicos, químico, sociales, biológicos y mecánicos (González, 2010).

#### a. Técnicos.

Estos son referentes a la elección de material a utilizar, los cuales dependerán de las condiciones ambientales o del uso del espacio a cubrir. Estos errores no solo radican en la buena elección de material, si n o también en entender al superficie a cubrir, se debe entender que los recubrimientos deben de ir de la mano del proyecto arquitectónico, estructura, orientaciones, presupuesto, etc. Solo de esta manera se tendrá un correcto funcionamiento técnico.

#### b. Físico- Químicas

Son estas alteraciones en donde el medio externo como interno afecta la estabilidad del material. En este punto es donde entran los factores exteriores a analizar como agua, luz, viento y contaminación. “La durabilidad de un revestimiento expuesto al exterior es directamente proporcional a su resistencia a los efectos del agua.”<sup>4</sup>

Los efectos provenientes del agua son gracias a que en un disolvente capaz de transportar cualquier partícula soluble, la cual a través de la misma puede penetrar a través del revestimiento. Este elemento se encuentra en varios factores que rodean al material, y su facilidad de penetración hace a este factor uno de los más importantes a combatir en un material de recubrimiento como lo es a pintura. Se puede encontrar como:

Tabla 1.4 Presencia del agua en un recubrimiento

Tipo de Humedad	Proveniencia
Agua de capilaridad	Asciende por capilares en contacto con el terreno
Agua de lluvia	Penetra a través de la fachada
Agua de la atmosfera	Por absorción o por condensación
Agua proveniente del deterioro de instalaciones	Falla en tuberías externas o internas

En consecuencia de esto se genera humedad superficial, que a la vez puede desencadenar humedad en la base del revestimiento, ya sea por medio de la capilaridad de la superficie, o por el aire. Los efectos del agua se acrecientan con el aire, el aire contamina el recubrimiento al transportar en el partículas de polvo, o contaminación la cual se deposita en la superficie, que al aumentarle agua o humedad son retenidos y provocan manchas, así como el deterioro directo en una pintura en el exterior.

El principal problema, es sobre todo la transportación de contaminación por parte del aire. Hoy en día estamos conscientes de la cantidad de partículas dispersadas en el aire, principalmente el dióxido de carbono, junto con otros dióxidos conformar un problema de confrontación para los nuevos materiales. Es decir en el desarrollo del material se deberá de buscar la manera de que estas partículas lastimen de manera escasa la película buscada.

Otro problema encontrado en el aire, es que estos no solo acarrear la contaminación, si no también sales hidrosolubles, que aumentan la formación de humedad en las fachadas, por la formación de cristales, mejor

---

<sup>4</sup> GONZÁLEZ, Martín Jesús. La pintura más que color/ Madrid 2010. P.71

conocido como eflorescencias o salitre. El salitre es un problema antiguo donde la afectación inmediata es la desfiguración del repellido y el estropeo de los acabados.

### c. Factores sociales

La sociedad contribuye al deterioro urbano, es decir las actividades del usuario de un edificio son las que a la vez repercutirán en el funcionamiento del material. Un mal uso del espacio, así como una agresión a los espacios son una de las causas externas más influyentes cuando se habla de exteriores. Es por eso que se busca no solo mejorar el material si no que mejorando el medio mediante una correcta elección de color y material la sociedad actué de manera positiva ante esta situación.

### d. Factores Biológicos

Estos se reduce a la interacción de seres vivos directos con el material, tales como:

Tabla 1.5 Factores Biológicos

Tipo	Descripción
Organismos	Plantas, hongos, musgos, etc. los cuales se llegan a formar en los materiales exteriores gracias a la humedad, generando una mayor retención de humedad como provocando fisuras en los acabados.
Residuos	Fundamentalmente excrementos de aves que afectan las fachadas
Microorganismos	Se desarrollan en los recubrimientos, partiendo de diferentes especies bacterianas. Las cuales atacan y generan reacciones sobre el material base del recubrimiento

Esta degradación se produce mayormente en las zonas más expuestas de las fachadas, son diversas y la mayoría motivadas por factores extremos, aunque en muchos casos participan cuestiones de diseño, existiendo muchas veces entre ambos una relación.

“Las edificaciones, no pueden escaparse de las acciones que hemos nombrado anteriormente; si en la Naturaleza podemos aplicar el término transformación, en la edificación deberíamos considerar el de degradación.” (Martín, 1999)

Los factores anteriores se han logrado mitigar en distintas escalas gracias a la constante búsqueda de mejoras con ayuda de la tecnología se han logrado avances en el comportamiento del material. Por otra parte las mejoras varias dependiendo su uso y problemáticas a enfrentar, existe una gama de soluciones pero a pesar de esto sigue la búsqueda de soluciones que además de eficientes, tengan una buena respuesta en el mercado, como resultado de un análisis costo- beneficio.

Tomando en consideración la relación entre factores y sus consecuencias se deberá hacer frente en el desarrollo la propuesta de nueva pintura la cual deberá de comportarse de manera inteligente antes estas exigencias que presentan el trabajo externo de recubrimiento. Se establece que entre los factores mencionados,

el de mayor importancia es el de la afectación por sobre exposición solar, mitigar este problema es de vital importancia para la búsqueda de una durabilidad cromática en exteriores, esto reduce directamente el mantenimiento de las superficies pintada, lo que conllevaría a disminuir los impactos consecuentes al uso de este recubrimiento hacia el medio ambiente.

## 1.2.4 Impactos al medio ambiente

En los últimos años las exigencias de este material han aumentado, se necesitan más y mejores usos. Estos también se van mejorando y modificando gracias a la tecnologías actuales, mismas que han cambiado la funcionalidad del material. Sin embargo la línea de investigación sigue abierta puesto que las expectativas cada vez son más exigentes, puesto aunado a lo anterior se encuentra la necesidad actual en disminución de contaminantes, es decir reducir el impacto ambiental del material.

Existe una gran industria de pinturas en todo el mundo, es un mercado de gran importancia debido a su magnitud, México es, después de Brasil, el productor de pinturas y recubrimientos más importante de América Latina<sup>5</sup>. Sin embargo esta fabricación llegar a ser un riesgo para el medio ambiente, los niveles de contaminación dependen de cada contenido químico con el que se fabrican las pinturas.

Los residuos que origina el proceso de fabricación son un problema cuando estos no son controlados con las medidas preventivas debidas, generando contaminación al aire, agua o suelo. Incluso pueden llegar a ser nocivos para la salud, por los niveles de toxicidad de los productos. Todas las pinturas contienen sustancias asociadas con algún riesgo, ya sea porque en determinadas concentraciones pueden causar problemas de salud o de contaminación o porque son explosivas o inflamables.

Después de su fabricación, a lo largo de su ciclo de vida las pinturas tienen diferentes reacciones a los factores como rayos ultravioleta, contaminación por aire CO<sub>2</sub> o contaminación por lluvia (bacterias en el agua). Algunas reaccionan de manera pasiva y poco dañina, en cambio otras tienen reacciones perjudiciales y con el paso del tiempo acumulación de agentes nocivos sigue generando emisiones a la atmósfera. Esto mediante un proceso de evaporación continúa donde las emisiones logran penetrar a los niveles bajos de la atmósfera.

---

<sup>5</sup> El Economista, 10 Junio, 2013 *México, segundo mayor productor de pinturas de America Latina*. México

Las emisiones resultado esa evaporación forman parte de las emisiones negativas en la atmósfera, este impacto es a nivel global. Como ejemplo solo en México tiene un promedio de un consumo per cápita de 2.10 lts de pintura por persona en el 2007 (228.735 millones de litros), este dato reflejado en los 189,41 millones de litros de solvente que se emiten a la atmósfera.

Este impacto generado es regulado a través de normativas establecidas por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales por la NOM -123 - SEMARNAT-1998, donde se establece el contenido máximo permisible de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). En la siguiente tabla<sup>6</sup> se muestra los impactos provenientes de las pinturas más convencionales en el mercado de la construcción, por un estudio realizado en la ciudad de Barcelona.

Tabla 1.6 Características De Los Diferentes Tipos De Pinturas

	Pinturas minerales	Pinturas naturales	Pinturas sintéticas
Impacto ambiental	El impacto ambiental (consumo de energía, emisiones, residuos) de todo el ciclo de vida de las pinturas al silicato es entre 2 y 4 veces inferior al de las pinturas sintéticas.	Las materias primas vegetales y animales se obtienen de recursos renovables. Los residuos industriales se biodegradan rápidamente. Las pinturas se elaboran mediante procesos sencillos que no requieren mucho consumo energético. Aunque son biodegradables, los aceites vegetales que contienen no se disuelven con el agua	El uso de productos derivados del petróleo está asociado con una serie de problemas: guerras, cambio climático, derramamientos, recurso que se agota, etc. Algunos residuos industriales están clasificados como peligrosos y se tiran en depósitos controlados donde permanecerán toda la vida.
Durabilidad	Penetran en la pared y reaccionan químicamente con ella (se "petrifican"), de forma que se forma una unión insoluble. Por eso, junto con su alta transpirabilidad, son las más duraderas, sobre todo las pinturas al silicato, que pueden durar más de 25 años en una fachada (algunos edificios pintados al silicato hace más de un siglo todavía continúan en perfecto estado)	Penetran en la pared y se integran mejor que las sintéticas. Son bastante transpirables. Son antiestáticas, por eso la pared se ensucia menos que con una pintura sintética.	Contienen moléculas muy grandes que no se integran en la pared sino que forman una película por encima. Por eso la pintura se desconcha y se agrieta más fácilmente en paredes de exterior. Una pintura sintética en una fachada puede durar entre 5 y 10 años. Son las pinturas menos transpirables porque la película de pintura obstruye los poros de la pared. Por eso es más fácil que se haga musgo que puede echar a perder el muro.

En la búsqueda de combatir estos impactos al medio ambiente, se han desarrollado innovaciones en cuanto a las composiciones de pinturas. Esta característica ha formada una línea de pinturas consideradas como pinturas ecológicas. Alrededor del mundo, el énfasis a la generación de pinturas de bajo impacto ambiental con

<sup>6</sup> El Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL). *¿Qué pintamos nosotros? La pintura de pared*. Barcelona, Septiembre 2004

diferentes características buscando el mejoramiento y la innovación de la industria de pinturas. El interés es muy alto y gracias a la ayuda de la tecnología se continúa con avances en este material. El impacto ambiental es una prioridad para todas las industrias, el cambio climático es una realidad y es generada principalmente por la modificación y alteraciones que el hombre ha generado en la atmósfera.

En consecuencia se revisó las características generales de este material, presentadas anteriormente. Al igual como se mencionan los impactos ambientales durante el ciclo de vida del material, iniciando con su producción, hasta el mayor punto de duración de material. Esto es un claro ejemplo de como la industria puede perjudicar en mayor medida al medio ambiente, la producción de tecnología tiene consecuencias negativas. Por lo tanto en la búsqueda de una innovación tecnológica también se debe de buscar medidas de solución para los problemas actuales en cuanto al impacto ambiental que presentan las tecnologías actuales. Como conclusión la innovación propuesta deberá de cumplir con este objetivo, los resultados de la tecnología deberán de ser en su mayoría benéficos para el ambiente, y el rango de impactos negativos deberá de reducir.

**Tabla 1. 7 Impactos Negativos**

<b>Impactos Negativos provenientes de las pinturas</b>
Índice de COV emitidos a la atmosfera
Utilización de componentes nocivos (sustancias altamente tóxicas y cancerígenas)
Contaminación en su producción.

Se ha definido la importancia del objeto de estudio, como tal hablamos de un material que está obligado a mejorar su trabajo, cubriendo cada vez más y mejor las exigencias necesarias. Es por esto que desarrollaremos la definición de las características de pintura que nos interesa encontrar, para así escoger las muestras más adecuadas al trabajo de investigación.

La biomimesis es una de las líneas de investigación que ha buscado soluciones en este rubro, la mejora de materiales y un mejor funcionamiento inspirado en las soluciones biológicas las cuales tienen un menor impacto al ambiente, por lo que en la presentación de nuevas pinturas en el mercado se han dado pie, es por eso que se debe de conocer los avances en las pinturas logrados al día de hoy, y hacia dónde va el rumbo de la industria.

La modificación de un material, en este caso la pintura, es de importancia para la construcción, por la gran cantidad de consumo de energía y de recursos invertidos en esta industria, la investigación sobre los materiales de la construcción debe de cambiar el uso desmesurado de materiales que actualmente tienen deficiencias en cuanto a la duración resistencia, pero sobre todo el daño al medio ambiente. Por consiguiente la importancia de disminuir el impacto ambiental será una característica en el desarrollo de esta investigación para proponer una mejora considerando la disminución de los puntos negativos anteriores por medio de la implementación de mejoras innovadoras e inspiradas en una fuente natural de funcionamiento.

## 1.2.5 La tecnología en las pinturas

En la actualidad la industria de la pintura se ha encargado de innovar los fines de las pinturas sintéticas y minerales para un mejor funcionamiento o para funcionamientos específicos de mejor rendimiento. En estas mejoras se han utilizado principalmente aditivos de origen sintético a las pinturas sintéticas o en el caso de las pinturas minerales han aumentado su gama de usos. Algunos son los expresados en la siguiente tabla:

Tabla 1.8. Tipo de Pinturas Innovadores en el Mercado Actual

Nombre	Características
1. Pintura repelente a las manchas	Esta pintura impide que se impregne la suciedad gracias a sus propiedades antiadherentes, logrando mantener las paredes impecables por su muy fácil limpieza
2. Pintura para exteriores resistente a los rayos UV	Los rayos solares desgastan el color de las superficies exteriores. Para evitar que luzcan deslavadas y sin vida a causa de las inclemencias de la intemperie, esta pintura cuenta con filtros especiales que protegen los muros de los rayos ultravioleta, así las fachadas exteriores conservan su color por mucho más tiempo.
3. Pintura ecológica	Esta pintura tiene bajo contenido de partículas volátiles que garantizan espacios más saludables y por el otro, por su casi imperceptible olor, lo cual hace posible habitar los espacios de inmediato.
4. Pintura tipo esmalte, base agua,	Esmalte de tipo acrílico q tiene una gran cualidad de ofrecer el mismo acabado que una pintura de esmalte, pero con la ventaja de ser base agua, esto significa que puedes pintar fácilmente en interiores sin el fuerte olor del solvente, tal cual se aplica una pintura acrílica, que evita la formación de algas y moho.
5. Recubrimientos para proteger del fuego	Los recubrimientos retardantes de fuego son especiales para prevenir, impedir o retrasar la propagación del fuego. La mayor cualidad es que activan una función intumescente (hinchamiento) que en contacto con el calor aísla de forma instantánea la superficie dónde haya sido aplicada.
6. Pintura de secado rápido.	Es una pintura de esmalte que seca en sólo 20 minutos, para realizar trabajos de mantenimiento donde es imposible detener operaciones, o bien para mantenimientos rápidos y muy eficientes
7. Pintura antigraffiti	Es una pintura base solvente que protege fachadas en cualquier superficie de metal o concreto expuesto a graffiti. Tiene propiedades que evitan la adhesión de otra pintura en las superficies donde ha sido aplicada, por lo que se limpia fácilmente con trapo o solvente. De gran utilidad para bardas y fachadas.

Este tipo de pinturas de última generación, se caracterizan por tener un costo más elevado dependiendo de su función, sin embargo se han visto aceptadas por el mercado de la construcción. En la tabla anterior, se destacan dos tipos de pinturas para interés de esta investigación, estas son las 2 y 3. La primera con propiedad de resistencia UV para exteriores, donde es necesario conocer ese grado de resistencia que tiene la pintura sintética. La segunda la llamada ecológica por sus cualidades de bajo impacto en el ambiente.

En la búsqueda de soluciones de las problemáticas en consecuencia al deterioro por radiación solar mencionados en este capítulo, se establece como herramienta fundamental en esta investigación la biomímesis, debido a la excelente respuesta que tienen los seres vivos a la radiación solar. A continuación se explica en varias partes la importancia de esta relación entre el funcionamiento cromático de un ser vivo (las plantas) con la exposición a la radiación solar para comprender su papel en esta investigación.

## 1.3 BIOMÍMESIS Y COLOR

Cada año con el crecimiento de población en el mundo, también crecen las necesidades de espacio, y de la mano de esto las afectaciones al medio ambiente. El problema es que no existe un crecimiento controlado, porque el hombre no ha aprendido a vivir de manera amigable con el ecosistema.

La arquitectura está completamente ligada a esta problemática, ya que es la creadora de ese espacio abiótico dentro de un ecosistema, es por esta razón que se han desarrollado ideologías donde la arquitectura es el papel principal en el desarrollo del hombre en el medio ambiente, de esta manera logre disminuir los impactos logrando soluciones equilibradas con el medio ambiente. La principal es la sustentabilidad, la cual ha logrado cambiar a lo largo de los años el diseño arquitectónico.

Sin embargo existen aún deficiencias en la arquitectura, está aún se debe de acoplar más al medio y sus cambios. Una de las realidades del hombre es que durante varios años ha aprendido de la naturaleza y ha tratado de imitar sus soluciones para poder sobrevivir, pero en un punto en la historia el hombre decidió por reaccionar y actuar solo a su criterio a lo que hoy tenemos una serie de consecuencias en el medio ambiente, las cuales no solo afectan el medio natural si no también están afectando la calidad de vida del hombre.

Entonces el hombre está regresando a aprender de la naturaleza, esto mediante la imitación de la naturaleza, esta gran cualidad la encontramos en la ciencia que hoy en día se hace llamar Biomimética

*“La biomimesis es la intención de aprender de la naturaleza; de acuerdo con el surgimiento de innovaciones basadas en la investigación de estructuras, funciones, procesos y sistemas biológicos optimizados gracias a la evolución natural.” (Arnim Gleich, 2010)*

La biología ha sido una gran influencia en el desarrollo de tecnología, el primer gran ejemplo se observa en como el hombre motivado por la habilidad de las aves de volar, hoy en día se ha vuelto parte de la vida del hombre.

Con el anterior ejemplo se hace notar que la imitación de la naturaleza por el hombre en sus tecnologías ha estado presente desde hace tiempo, sin embargo la novedad es el papel que juega dentro de la ciencia en materiales. Gracias a las nuevas tecnologías se ha logrado un mayor avance dentro de esta disciplina principalmente el uso de la nanotecnología.

*“Una y otra vez, encontramos que la biología ha empleado soluciones gracias a la aplicación de la ingeniería a nano escala. Esta relación es cómo las muñecas rusas matrioskas, hay una muñeca dentro de otra, es decir cada vez que analizamos más detenidamente observamos más detalles.” (Rajesh r, 2005.)*

Las investigaciones a nano-escala son impredecibles, gracias a eso se pueden dar respuesta a varias inquietudes de acuerdo a funcionamientos de estructuras y mecanismos. Con los cuales podemos desarrollar cada vez mejor la imitación de los mismos. El resultado de estas investigaciones en nano escala nos da respuestas sobre estructuración deseada, aprendiendo de diversos ejemplos encontrados en la naturaleza. Estas relación se puede observar en la creación de nano- tubos de carbono. Las necesidades de este tipo de tecnología en materiales tienen su aplicación en materiales electrónicos, ópticos y biotecnológicos

La imitación de las capacidades biológicas de la naturaleza se definen en tres: estructura, procesos y mecanismos. (Naik, 2005. )

Como ejemplo de sistemas funcionales, se expone el caso del gecko. El cual es un reptil con la una habilidad de adhesión única en la naturaleza. Su mecanismo de adherencia función a través de una serie de micro pelos en sus patas, las cuales sirven como un excelente sujetador a las superficies. Este sistema sea copiado en cintas de pegamento, y otros tipos de aplicaciones siguen en estudio.

Las estructuras biológicas de la naturaleza tienen algo en común, lo cual es extraordinario, la capacidad de reaccionar e interactuar con la luz. Diversos tipos de estructuras existen en la naturaleza son resultado de diferentes adaptaciones físicas que son implementadas para percibir o interactuar con la luz. Algunos de estos pueden ser por defensa, comúnmente se puede encontrar en el caso de los insectos.

Es increíble como la naturaleza puede actuar de maneras tan diversas según sus necesidades a un elemento tan cotidiano como lo es la luz. Este elemento se puede utilizar para grandes investigaciones en el futuro, puesto que realmente es adaptar mecanismos de la misma manera que funciona en la naturaleza en la búsqueda de un funcionamiento más eficiente de los materiales.

Las soluciones biomiméticas tienen cualidades excepcionales, como tener un menor riesgo y una gran posibilidad de ser ecológicas optimizando los procesos todo esto nos acerca más a ser capaces de lograr una completa sustentabilidad. Es un hecho que las investigaciones biomiméticas están alcanzando solucionar muchos de los problemas actuales o darán soluciones más eficientes, a partir de las cuales se podrá mejorar la calidad de vida del hombre, y que este se adapte mejor a su ecosistema y no lo solo lo destruya como hasta ahora.

Es por esto que la arquitectura ha adoptado la biomimética como una herramienta de apoyo en la búsqueda de esas soluciones. La biomimética está influyendo en varios aspectos por un lado el diseño, con las diversas metodologías existentes de diseño bio- inspirado donde existen niveles de imitación existentes; y por otro lado innovaciones en materiales.

### 1.3.1 La naturaleza y el color

“La gente encuentra gran placer en el color. EL ojo requiere del color tanto como de la luz. Cuando en un día nublado, el sol ilumina una pequeña parte delante de nosotros y haciendo notorio los colores a nuestro alrededor, creando una sensación placentera.” (Goethe, 1840)

El sol ilumina día con día nuestro alrededor, y el elemento donde encontramos ese gran colorido iluminado es la naturaleza, el ambiente natural está lleno de colorido donde podemos aprender sobre su funcionamiento. Las teorías del color generadas por el hombre intentan explicar el funcionamiento de los colores, pero de donde viene el origen de ellos. Más allá de la interpretación, el funcionamiento y percepción del color, existe una base más profunda, la naturaleza.

Las teorías sobre la definición de color, se resolvieron ante el fenómeno de la luz y sus características cromáticas, es decir la luz como fuente de color. Sin embargo también llegó una pregunta ¿Cómo la naturaleza tiene tanta variedad de colores? La respuesta se encuentra en la articulación de tres elementos indispensables: la luz, fuente del color; la materia, que reacciona al color, y finalmente el ojo, instrumento que percibe el color.

La materia en esa reacción es la que tiene características específicas de reacción, se refiere no solo a las cosas abióticas como el agua, el cielo etc., también existen estas reacciones en materias biológicas, es decir los seres vivos, en este punto entra sus reacciones al color aunado a la generación de color.

Una de las maneras en que la materia biológica reacciona al color es conteniendo pigmentos. Un pigmento en este contexto es cualquier sustancia que produce color en las células vegetales o animales, estas a la vez en sus estructuras biológicas.

Estas características en los seres vivos se desarrollaron gracias a los pigmentos corporales, los cuales constituyen todo un sistema de supervivencia y comunicación. Los pigmentos sirven para camuflaje de plantas y animales, donde el color sirve como engaño a los posibles depredadores o presas, esto mediante a propios sistemas de coloración. Como ejemplo se pueden citar a algunos peces tropicales los cuales utilizan el color para comunicarse situaciones de peligro.

Por lo tanto, observando la naturaleza, la pigmentación tiene múltiples funciones, por un lado la capacidad fotosintética de los vegetales gracias a la clorofila la cual es la base de la absorción de energía lumínica. En los animales la pigmentación puede responder a diferentes estímulos o reacciones por parte de los mismos, como cambio de temperatura, respuesta al peligro o por apareamiento.

Entonces el color se puede reconocer como una fuente de información sobre el medio ambiente, de la cual los seres vivos han aprendido a interpretar cada uno con sus distintas necesidades. Es imprescindible no notar el colorido de la naturaleza, colores brillantes únicos que solo en ella existen y perduran con características inigualables. El hombre durante el largo del tiempo ha tratado de imitar todo ese colorido, desde una prenda de ropa hasta su envolvente.

Entonces el color es parte inseparable de la naturaleza, es una propiedad la cual funciona como distinción, funcionamiento, comunicación y supervivencia de cada elemento de la naturaleza teniendo como resultado un correcto funcionamiento entre cada uno de sus elementos, cohabitando en un cierto espacio.

La necesidad de color del hombre lo llevo a tomar esos pigmentos encontrados en la naturaleza para poder utilizarlos, con el paso del tiempo se ha logrado alcanzar un avance muy impresionante en cuanto a la impresión artificial del color gracias a investigaciones, innovaciones y tecnologías. Sin embargo a pesar del avance, la presencia de una decoloración en varias de las técnicas utilizadas es notoria, es decir no se ha logrado alcanzar todavía alcanzar a la naturaleza.

En la arquitectura, tenemos la importancia del color mencionada en los capítulos anteriores, donde finalmente tiene el papel de ser parte de ese medio artificial creado por el hombre, esto aunado a la importancia del color en la naturaleza vista como una parte de una necesidad del medio ambiente para un buen funcionamiento. Debido a esto se debe de aprender del funcionamiento de este elemento de la naturaleza para así poderlo generar en el ambiente artificial.

Todo lo anterior se toma como referencia del porque utilizar la biomimética como herramienta en esta investigación, es porque la respuesta a la problemática de los recubrimientos cromáticos en la arquitectura está en la naturaleza. La naturaleza ha desarrollado soluciones increíbles con respecto al uso y generación de color, las cuales no solo son sorprendentes en su funcionamiento, sino también en cuanto a su duración y resistencia. Todas estas razones son primordiales en el análisis, relacionando sobre todo el hecho que a pesar de las innovaciones en cuanto a la duración de materiales, estos aún tienen deficiencias en cuanto a su resistencia a los impactos recibidos por el medio ambiente, en cambio la naturaleza a pesar de estos ha aprendido a contrarrestarlos, y sobre todo a permanecer a pesar de esto.

Una comparativa es, en un espacio exterior tenemos dos elementos el arquitectónico y el paisajista, por un lado ambas necesitan cuidados, pero los elementos arquitectónicos necesitan cuidados mayores y más costosos que los que necesita la parte vegetal del exterior. Esto por un lado, y por el otro en la mayoría de los espacios exteriores el color proveniente de la vegetación resulta más atractivo y duradero. Entonces ¿cómo es que hacen esos elementos para funcionar y sobre todo crear un color más duradero?, en esa respuesta podemos encontrar soluciones a nuestros problemas actuales.

### 1.3.1.2 Las Plantas y su generación de color

Hablar de color en la naturaleza, se piensa en los coloridos de las plantas y flores, es posible encontrar una gama de matices, combinaciones de colores en todo lo que se conoce como reino vegetal. En donde existen colores primarios como amarillos, rojos y azules todo esto gracias a los pigmentos vegetales.

Toda esas tonalidades que se encuentran en las plantas, son el resultado de la evolución de las especies, estos fenómenos han sido de gran interés para el hombre, como ejemplo el naturalista inglés Alfred Wallace, publicó la Ley de Coloración Progresista de las Flores, donde afirmaba que el primer color que existió en el más remoto de los tiempos era el verde, tan antiguo como la vida misma<sup>7</sup>. El verde es el color característico de las plantas gracias a la clorofila, existente en ellas desde las primeras plantas, con el paso del tiempo comienzan a dar variaciones en las tonalidades, así continuamente llegar a la variedad de colorido en las plantas hoy en día.

Entonces para analizar la generación de color en las plantas, se debe de hablar de los pigmentos. Los pigmentos, en biología, son las moléculas químicas que pueden reflejar la luz visible, transmitirla, o las dos cosas a la vez. Lo que otorga el color de un pigmento es la absorción selectiva de ciertas longitudes de onda de la luz y de la reflexión de otras.

Los vegetales tienen un color particular gracias al predominio de uno u otro pigmento o a las combinaciones de ellos. Este color es resultado de la longitud de onda no absorbida que se refleja, esto sucede gracias a las propiedades de la luz y de la estructura de las plantas.

---

<sup>7</sup> Ferrer, Eulalio (1999). *Los lenguajes del color*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica.

El color verde tan uniformemente presente en las plantas es debido a la presencia de dos pigmentos estrechamente emparentados llamados clorofila a y clorofila b, que se encuentran prácticamente en todas las plantas. La clorofila absorbe la luz en las longitudes de onda del espectro luminoso del violeta, y del naranja al rojo. Convierte esta energía luminosa en energía química mediante la fotosíntesis y refleja la luz de la parte del verde y amarillo. Por este motivo la clorofila parece verde.

Así como todos los seres vivos, las plantas necesitan consumir energía para poder ejercer todos los procesos vitales, esta energía es tomada de las plantas a partir de la luz solar. El proceso de captación y transformación de energía en compuestos biológicamente aprovechables es decir como alimento, es conocido como fotosíntesis.

En el proceso fotosintético, las plantas para absorber energía de la luz solar, utilizan un pigmento llamado clorofila. Entonces la clorofila a partir de la luz solar, especialmente la luz roja, es capaz de cederla para la elaboración (síntesis) de hidratos de carbono (almidón) a partir de dos compuestos disponibles en el medio: agua (H<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El proceso de la fotosíntesis es entonces la conversión de materia inorgánica en materia orgánica (O<sub>2</sub>) que a partir de la luz, proveniente del sol. Este proceso fotoquímico además produce oxígeno, el cual es liberado a la atmósfera y tiene fundamental importancia para la vida en general. Es importante también mencionar que la planta refleja los rayos infrarrojos al no ser servibles para su estos no la afectan refleja la luz cercana al infrarrojo es reflejada de manera muy eficaz ya que a la planta no le sirve.

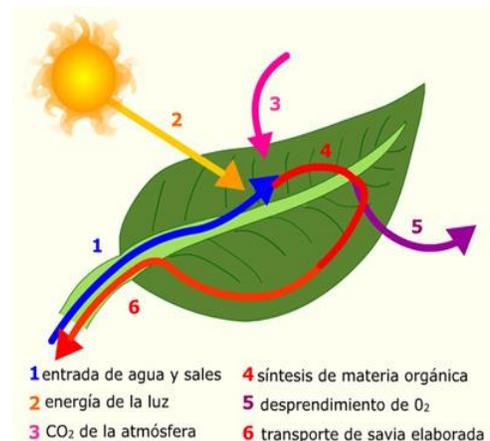


Fig. 1.5 Esquema del proceso de la fotosíntesis

Las plantas entonces funcionan correctamente como foto receptores, utilizando la clorofila para capturar la luz del sol en la fotosíntesis en determinadas longitudes de onda, que se encuentran en torno al amarillo del espectro electromagnético. La luz solar está formada por fotones, de color rojo, pero los más enérgicos son los fotones azules, la clorofila está enfocada a capturar esta parte del espectro solar, por eso es que en su combinación generan el color verde que es que percibimos.

La clorofila está presente en todas las partes de la planta desde la raíz hasta los frutos, es la responsable del color verde de las plantas, sin embargo estas también cuentan con diferentes tipos de pigmentos los cuales se desarrollan dependiendo de la finalidad de su funcionamiento.

El gran funcionamiento del proceso de la fotosíntesis, en cuanto a la utilización de luz solar y su generación de color, es en las plantas un mecanismo de supervivencia, pero es un ejemplo de su excelente funcionamiento como foto receptor. Esta característica, es la importante en esta investigación porque si bien uno de los principales problemas en la duración de los recubrimientos exteriores proviene de la sobre exposición solar, el lograr imitar la respuesta de las plantas ante esta sobre exposición, es la principal búsqueda de esta investigación.

### **1.3.2.2 Las plantas y su duración de color**

Las plantas están ligadas a la luz, principalmente en la luz solar. Como se ha mencionado en el capítulo anterior la luz solar a través de la fotosíntesis permite a las plantas su proceso de crecimiento. La fotosíntesis es el proceso biológico que cada planta completa diariamente. Durante el cual, las plantas absorben agua y dióxido de carbono a través de sus raíces y luz solar a través de sus hojas. Cada uno de los elementos es esencial para que la planta obtenga energía y se repare, sin embargo cuando existe al ausencia de alguno o no es suficiente, el proceso se ve interrumpido, generando consecuencias en el desarrollo de la planta y la daño.

Por lo tanto una planta saludable mantiene su color gracias al proceso completo fotosintético, el cual a la vez produce más clorofilas en la planta. Sin embargo sin luz solar la producción de clorofila se reduce o se detiene por completo, y como resultado la planta se vuelve desnutrida y débil, teniendo como consecuencia la pérdida del follaje.

Una vez interrumpida la fotosíntesis y la producción de la clorofila, como consecuencia también presentan una pérdida de su color verde, comienzan a verse pálidas blancas o amarillas generando así consecuencias en su salud. Un síntoma es la clorosis, es cuando los tejidos de la planta se amarillan debido a la planta de nutrientes apropiados. Estos síntomas se presentan también en plantas de otros colores donde la falta de nutrientes genera diferentes tipos de decoloraciones, siendo esto un signo maligno en la salud de las plantas.

La afectación recibida por la planta por la falta de luz solar, puede llegar a terminar con inactividad y muerte. La inactividad es una autodefensa en al cual la plantas generan un proceso de hibernación, durante este

tipo la planta no produce ni crece. En esta etapa es posible recuperar a la planta mientras esta reciba de nuevo la luz apropiada y nutriente, pero también puede llegar a morir si no cambia de condiciones.

Otro motivo de pérdida del follaje es el envejecimiento de la planta, o como un mecanismo de defensa, como sucede con las plantas de hoja caduca: pierden sus hojas para favorecer el reposo que se toman durante el invierno, porque al reducir su parte aérea, disminuye su actividad y con ello sus necesidades y la posibilidad de que se vean afectadas por unas condiciones climatológicas adversas.

Por la pérdida natural de follaje las plantas se pueden clasificar según su duración como: anuales, bianuales y perennes. A continuación se detallan sus características.

Tabla 1.9 Características del Follaje de Plantas

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS
<b>Anuales</b>	Plantas que viven solo durante una temporada. Su ciclo vital es muy veloz: en general nacen, se desarrollan y florecen durante la primavera y el verano, producen sus frutos a finales de la época estival o ya en otoño y, en esta misma estación o en invierno, mueren. Se caracterizan por liberar muchas semillas para garantizar su supervivencia.
<b>Bianuales</b>	Este tipo de plantas viven durante dos temporadas: dedican la primera a crecer y desarrollarse, y en la segunda aparecen las flores y después los frutos.
<b>Perennes</b>	Plantas que viven más de dos temporadas. En general, son especies resistentes, con buena capacidad para resistir los climas adversos. Estas plantas se dividen, a su vez, en dos grupos: las de hoja perenne, que se mantienen durante varias temporadas, y las de hoja caduca, cuyas hojas se renuevan en cada año.

Por lo tanto la durabilidad cromática de las plantas recae de manera importante en la captación de luz, una falta de luz a la larga es perjudicial para la salud de la planta, y activa una serie de problemas que la dañan severamente (Incluso plantas de sombra necesitan un poco de luz del sol para sobrevivir.). La cromática de las plantas se ve afectada directamente de la falta de radiación solar, este proceso de dependencia es de vital importancia, ya que a pesar de ser un ser vivo, las plantas mantienen su colorido siempre y cuando tengan esos elementos presentes, como se mencionó las plantas verdes mantienen su color con esa misma característica.

La información anterior ha sido relacionada directamente con las hojas de las plantas, para establecer las características cromáticas y de resistencia a los factores exteriores (radiación y lluvia), siendo lo anterior la base para la bio- inspiración en las propuestas de mejora de un material (pintura) expuesto a las mismas características pero con debilidades. Partiendo de lo anterior se realizará una comparativa entre la pintura como recubrimiento al exterior y las hojas de las plantas, esto ayudará al esclarecimiento de las propiedades cromáticas de la pintura con el fin de establecer una propuesta de mejora basada en la bio-inspiración.

### 1.3.2 La biomimesis en la arquitectura y color.

El desarrollo de las biomimasas ha generado varias soluciones que hoy en día conocemos sin darnos cuenta, el desarrollo de nuevas tecnologías, uno de los grandes ejemplos es la ciencia en materiales, donde se han desarrollado varias propuestas gracias al estudio manométrico de estructuras biológicas.

“La herramientas de la nanotecnología han habilitado a los investigadores a examinar soluciones ingeniosas y complicadas, encontradas en diversas áreas de la naturaleza, desde estructuras hasta sistemas.” (Rajesh r, 2005.)

Esta relación entre la nanotecnología y la biología ha beneficiado directamente a la investigación de materiales. Debido a que las imitaciones son cada vez mejores, ahora se puede observar en nano escala el funcionamiento de diversos mecanismos de seres vivos e imitarlos utilizando la misma escala en ellos de manera artificial.

Dentro de estos proyectos, algunos se han encaminado a imitar las propiedades cromáticas de animales o plantas para la solución de nuestros problemas de durabilidad y generación de color en materiales. Debido a que los sistemas biológicos generados por plantas o animales, desarrollan un color permanente durante su ciclo de vida, variando solo en cuestiones de supervivencia.

Un animal estudiado por este tipo de características es la mariposa del género *Morpho* son una especie de mariposas tropicales encontradas principalmente en América del Sur, así como en México y América Central. Estas poseen colores azules y verdes en sus alas, capaces de ser percibidos a distancia, pero lo inigualable de este insecto es que en sus alas no existe ni una sola molécula de pigmentos. El color en sus alas es gracias a la reflexión de luz realizada por cada micro estructura de las alas.

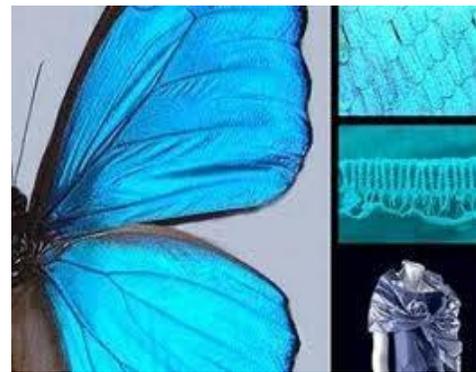


Fig. 1.6 Morpho tex

Las alas tienen micro escamas cubiertas de protuberancias de cutículas, separadas a una distancia precisa e igual a la longitud de onda del azul brillante, es por esta razón que en el momento que llegan las ondas de la luz solo es reflejada la del azul brillante. La colocación precisa de las capas implica que las ondas sucesivas de las capas interfieren entre sí, lo que refuerza e intensifica la coloración.

A partir de estos análisis biomiméticos, fabricantes japoneses han incorporado estas ideas a un tejido de un material llamado Morphotex, hecho de nailon y poliéster distribuidos del mismo modo que las capas de

cutícula en las escamas de las alas de la Morpho. Morphotex tiene la capacidad de brillar con colores que nunca pierden su intensidad. (Fig. 1.6)

Este análisis sobre las mariposas y su funcionamiento sobre su generación de color, no solo se han desarrollado en la industria textil, es muy reconocido también por la tecnología en las pantallas de dispositivos electrónicos. Ya que también se encontró gracias al análisis nanométrico que cada escama es un cristal fotónico, es decir un dispositivo que puede transmitir la luz, el equivalente óptico de un transistor. La industria de los dispositivos electrónicos busca mejorar el funcionamiento en cuanto a la proyección de imágenes, solucionando los problemas que tienen las pantallas actuales, en cuanto a la energía requerida para dicha función.

“Qualcomm, empresa de tecnología californiana decidió abordar el problema físico imitando la naturaleza. Cheryl Goodman, directora de mercadotecnia de la división de dispositivos micro mecánicos de la empresa explica que: decidimos utilizar el diseño de las alas de algunas mariposas, que reflejan la luz del Sol gracias a la estructura de su superficie”<sup>8</sup>.

La propuesta es una tecnología que en lugar de píxeles, utilice pequeños espejos que se muevan constantemente reflejando la luz, utilizando filtros con colores básicos, para la proyección de imágenes en pantallas, esto imitando el funcionamiento de los cristales fotónicos encontrados en las alas de la mariposa. De esta manera se disminuirá altamente el gasto de energía necesitada por los dispositivos para el funcionamiento de pantalla; también mejorar la calidad de la imagen debido a su reacción positiva con la luz al contrario de las pantallas actuales

El principio de los avances citados, es la sorprendente relación entre los mecanismos de los animales y su interacción con la luz. Finalmente al hablar de cómo reaccionan a la luz, está relacionada su interacción con esta con el color, por estar ligadas una con otra. La relación luz y color existe en las plantas, al ver que ha sido viable la imitación de propiedades de un insecto como la mariposa Morpho en su generación de color, será posible aprender también de las plantas en el mismo sentido.

Actualmente también existen aportaciones de la biomimética a la arquitectura, innovando conocimientos y logrando una optimización en diseño, estructuración y materiales. El ejemplo exitoso más grande, es el resultado del biomimetismo de la hoja de la flor de loto en una pintura. La flor de loto es conocida por su

---

<sup>8</sup> Peralta Leonardo, Mariposas, base de la siguiente generación de pantallas. agosto 2010. CNN

capacidad inigualable de auto-limpieza con el agua de lluvia, esto es gracias a la estructuración de sus hojas las cuales gracias a su superficie rugosa a escala molecular consigue mantener en la parte superior de unos pequeños montículos hasta la más minúscula gota de agua, haciéndola resbalar por su superficie, independientemente de su tamaño y por muy minúsculas que sean su masa e inercia (Fig. 1.7). Al día de hoy se ha logrado imitar la estructura de las hojas de la flor de loto en una pintura auto-limpiable, la cual se encuentra funcionando correctamente en el mercado en el mercado internacional, es el recubrimiento desarrollado por la empresa STO<sup>9</sup> .

*“Stolit® Lotusan®: Es un acabado exterior con el efecto pronunciado de auto-limpieza. El Acabado texturizado de Stolit® Lotusan® tiene el Efeco-Loto®, tecnología patentada modelada en la hoja autolimpiable de loto... el acabado texturizado se limpia con lluvia, que deja a las paredes limpias y atractivas, reduciendo los costos de mantenimiento.”. (STO CORP, 1998-2013)*

Materiales como el anterior, han obtenido resultados exitosos con base a la imitación de propiedades y funcionamientos de plantas o animales, logrando una correcta comercialización. El camino hacia una nueva etapa en generación de tecnologías está presente, paso a paso se presenta mejorando expectativas, innovaciones y descubrimientos, conformando una visión de prospectiva en el campo de la arquitectura y los materiales de construcción.



**Fig. 1.7 Flor de Loto (Nelumbo nucifera)**

---

<sup>9</sup> STO.- Empresa Norteamericana líder innovadora en revestimientos, recubrimientos y sistemas de restauración.(Atlanta, Georgia)  
©1998-2008 Sto Corp. All rights reserved

### 1.3.2.1 Recubrimiento bio-inspirado.

En el capítulo anterior se menciona el caso de la pintura de Lotus San, a continuación, se hace un análisis profundo de este caso de éxito de la biomimética de propiedades de la naturaleza en un material cromático y de recubrimiento, como antecedente importante a esta investigación.

Las investigaciones en torno a la flor de loto, se enfocaron en entender su característica principal que es la Rugosidad (Fig.1.8), la cual está sistemáticamente compuesta por cristales nanométricos de cera que funcionan como repelentes de agua, estos cristales forman ondas de tamaño micrométrico o nanométrico sobre la superficie de la hoja. La función de las ceras u la estructura de la hoja, logran una superficie extremadamente repelente a la humedad, llamada Súper- hidrofobia, la cual le da la cualidad de ser auto-limpiable. Las partículas de polvo se impregnan en la superficie de la cera, al momento en el que una gota de agua entra en contacto con la superficie, por la tensión y la baja fuerza de atracción entre las dos superficies, la gota se forma completamente esférica, que rueda solamente en la parte alta de las ondas. El momento de rodar lleva consigo el polvo o lo que se encuentra sobre la superficie de la hoja.

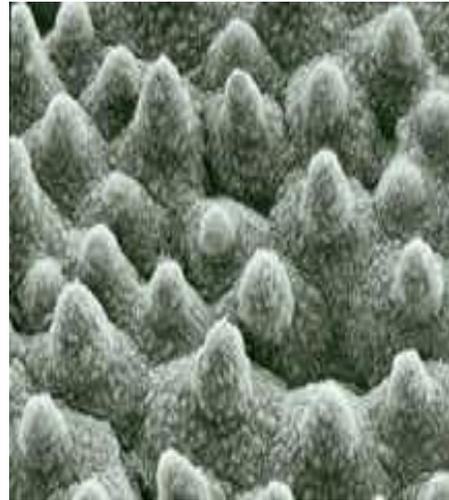


Fig. 1.8 Vista microscópica de la rugosidad en la superficie de la hoja de la flor de loto.

**Esta característica de Súper- hidrofobia es una propiedad que es posible encontrar en alrededor de 300 especies de plantas.** Esta característica inspirada en la naturaleza ha generado un enfoque a esta práctica hoy en día y es un claro ejemplo de la investigación biomimética entre la naturaleza y los materiales de construcción.

Sin embargo la manufactura de productos auto-limpiables tiene problemas por los costos de fabricación., al utilizarse en su mayoría polímeros hidrofóbicos en lugar de nano partículas. Otro problema que enfrenta el efecto de flor de loto en el mercado, es que después de algunos años de utilización como pintura para exteriores, la capacidad de auto limpiarse es parcialmente eficiente. El problema existente es que las propiedades hidrófobas son removidas de la superficie al momento de entrar al contacto de la huella de los dedos, la grasa de la piel es suficiente para eliminar la súper hidrofobia de las paredes pintadas.

Lo anterior demuestra que a pesar de los avances en pinturas biomiméticas, aún falta mucho para lograr imitar las capacidades de las superficies naturales. Esto también ha generado una gran variedad de productos que presumen de tener cualidades como las de esta pintura, sin embargo esta sigue siendo la única con la tecnología correcta más acercada a las propiedades de la flor de loto, por lo que los otros productos terminan por tener periodos de vida de muy corta duración; productos que no están realizados con nanotecnologías y que por lo general desprestigian la credibilidad en productos bio-inspirados y solucionados con propiedades nano tecnológicas.

En resumen la biomimesis ha inspirado en los últimos años a la tecnología en materiales, principalmente ha formado parte en la evolución de los materiales de la construcción, en los cuales es importante las innovaciones tecnológicas pero sobre todo el impacto ambiental, por el uso desmedido de recursos empleados en la actualidad. Las soluciones actuales tienen cosas en común, la inspiración en algún funcionamiento natural y el uso de nanotecnologías para lograr una solución eficiente. El siguiente capítulo se explicará la importancia de la nanotecnología para la mejora de materiales.

### 1.3.3 Materiales Eficientes: Nanotecnología en recubrimientos

En los capítulos anteriores se han definido las líneas de búsqueda de la investigación, centradas en un campo de nueva tecnologías; por lo tanto queda definido que la solución partirá de una bio inspiración.

El esquema anterior representa la búsqueda de nuevas soluciones, soluciones en materiales, los materiales deben evolucionar y mejorar con el fin no solo de un mejor funcionamiento si no mejorar su ciclo de vida. El ciclo de vida de un material está actualmente asentado a una manufactura, transportación, colocación, uso y desecho. Por lo tanto en la actualidad se habla de agregar al material un ciclo de vida que no termine, si no que considere el reciclado y la reutilización.

Es por lo anterior que diferentes ramas de investigación deben de trabajar en equipo para encontrar soluciones, en este caso como lo ejemplifica el esquema ( Fig.1.9) se emplea que la nanotecnología en la ciencia de materiales sea capaz de desarrollar una solución para materiales de construcción, sumando en este caso la bio inspiración.

Esta búsqueda se ha dado en la realización de materiales novedosos, como es el caso de concretos nano estructurados, los cuales han mejorado su composición al momento de desarrollar nuevas propiedades en su estructura nano tecnológica. Los resultados de estas investigaciones han logrado exitosos resultados.

En la manufactura de vidrios también existe una gama de vidrios Nano reforzados, los cuales poseen características térmicas y visibles. Estas características se ganan a partir de la modificación en nano escala de sus propiedades silicas, al añadir, medicar la nano- composición de su estructura.

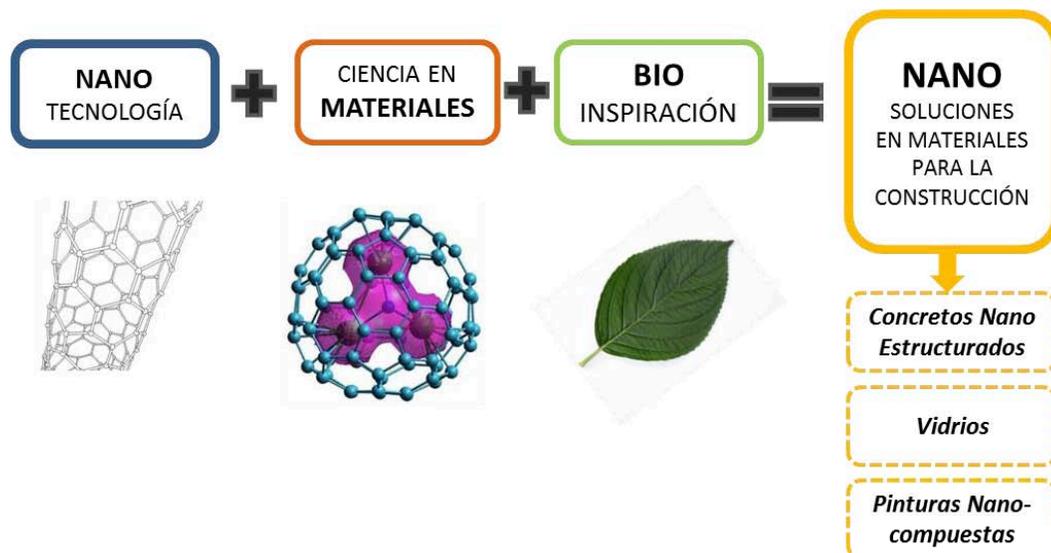


Fig. 1.9 Esquema de Fuente de Investigación

En general la tecnología nanométrica en la construcción es una realidad, estos cambios en los materiales generan un catálogo de materiales, más útiles, con un ciclo de vida más eficiente. En un estudio sobre nanotecnología en la comunidad Europa (Ministerio de Educación e Investigación de Alemania, 2004) menciona la importancia del descubrimiento del efecto de la flor de loto mencionado en el capítulo anterior, además menciona que las hojas de las plantas también hacen uso de otros tipos de nanotecnología. Este estudio hace énfasis también en la característica de las plantas de tener un sistema de regulación del agua está controlado a menudo por forisomas, músculos de tamaño microscópico, que abren canales en el sistema capilar de la planta, o los bloquean si ésta se lesiona. Actualmente, tres institutos Fraunhofer y la Universidad de Giessen están intentando aprovechar estas características de los músculos de las plantas para aplicaciones técnicas, como motores lineales microscópicos, quizás para un laboratorio-en-un-chip.

“Otra de las tecnologías más refinadas a escala atómica es el proceso de fotosíntesis, que capta la energía necesaria para la vida en la tierra. El proceso se realiza a nivel de cada átomo. Quien pueda copiar este proceso mediante la nanotecnología tendrá energía ilimitada eternamente.” (Ministerio de Educación e Investigación de Alemania, 2004)

La nanotecnología funciona mejorando las características del material, transformando su composición química, de esta manera los materiales reaccionan de manera diferente a su entorno. “Generalmente los nanocompuestos están formados a través de la polimerización de monómeros en presencia de partículas nano-inorgánicas a partir de métodos de suspensión, dispersión, emulsión y mini-emulsión” (Dashtizadeh Ahmad, 2010).

En el capítulo anterior se menciona la creación de una pintura con la capacidad similar de las hojas de flor de loto. Esto es gracias a la modificación nano tecnológica de sus polímeros, es decir los polímeros comunes en las pinturas son reemplazados por nano polímeros modificando esa característica específica de la pintura de ser auto limpiable.

Este desarrollo ha sido uno de los inicios del uso de la nanotecnología en la industria de la pintura. Actualmente diversas investigaciones ya no están interesadas solo en mejorar la duración, resistencia o adherencia de las pinturas, si no que buscan alcanzar otros tipos de cualidades dependiendo el uso de las mismas.

Un ejemplo es el de las pinturas de tránsito. Esta pintura a diferencia de otras necesita una resistencia mayor, debido al uso rudo al cual es sometida, por lo mismo las mayorías de las pinturas de este tipo logran esa mayor resistencia añadiendo, mejorando hasta hoy en día los tipos de solventes y aglutinantes, que en su mayoría al ser de mayor adherencia y resistencia también aumenta su toxicidad, y por ende su índice de COV

emitido a la atmosfera. Una reciente investigación en la búsqueda de mejorar este aspecto de las pinturas de tránsito propone el uso de nano compuestos, los cuales añadirán a la pintura un rápido secado, mayor durabilidad y resistencia. Pero además de eso lo importante es que lo plante a través de una pintura base agua, de esta manera se logra una pintura de menor toxicidad y emulsión de COV. (Sun Daoxing, 201)

Los materiales con nanotecnología son una realidad presente, con la cual el mercado y la industria se está familiarizando, la producción ha estado presente por menos de 10 años por lo que las medidas de producción, riesgos y distribución son el marco de varias investigaciones en varios rubros; la importancia de estos dentro de los materiales para la construcción recae en el alto grado de extracción de recursos y contaminación que esta misma genera, por lo que las mejoras siempre deben considerarse una prioridad.

En la industria de las pinturas, la nanotecnología es una realidad donde se están utilizando diferentes tipos de nano compuestos como aditivos o pigmentos, como ejemplo, el más presente es el del Dióxido de Titanio. En esta investigación la búsqueda de un nano compuesto ideal para las pinturas partirá del conocimiento de las necesidades a fondo, para posteriormente analizar la viabilidad del nano compuesto que satisfaga mejor dichas necesidades, tomando en importancia los riesgos ambientales, como su producción, para realmente tener una propuesta innovadora.

En resumen, se han expuesto las características cromáticas de las plantas, claves para el desarrollo de una propuesta biomimética para el mejoramiento de la resistencia cromática de las pinturas en exteriores a la radiación. Para llevar a cabo lo anterior, es necesario describir las características de la radiación solar. En la siguiente sección se hace un análisis profundo, con el propósito de entender su interacción con la pintura y las plantas.

## 1.4 RADIACIÓN Y COLOR

Las respuestas a la radiación solar por parte de los seres vivos y los materiales son de gran importancia ya que es la que desencadena diferentes comportamientos de la materia por la que están compuestos. Este capítulo explica la radiación solar con el fin de entender su comportamiento y acción sobre los materiales. A partir de esto se realizó un análisis comparativo entre la respuesta a la radiación electromagnética entre de la superficie de las hojas y una película de pintura sobre un muro, en el cual se expone las características importantes a tomar en cuenta en la relación pinturas- radiación.

### 1.4.1 Tipos de Radiación Electromagnética

El Sol es la principal fuente de energía. En su núcleo se producen poderosas fusiones nucleares, que liberan una gran cantidad de energía. Esta energía viaja en forma de radiación electromagnética hasta llegar a la tierra. La radiación electromagnética tiene propiedades ondulatorias y corpusculares. Los fenómenos de refracción, reflexión, dispersión, etc. son explicables considerando la radiación electromagnética como ondas. El efecto fotoeléctrico sugiere que la radiación electromagnética también tiene comportamiento corpuscular y que ésta radiación consiste de partículas discretas llamadas fotones, los cuales tienen energías definidas y se desplazan a la velocidad de la luz.

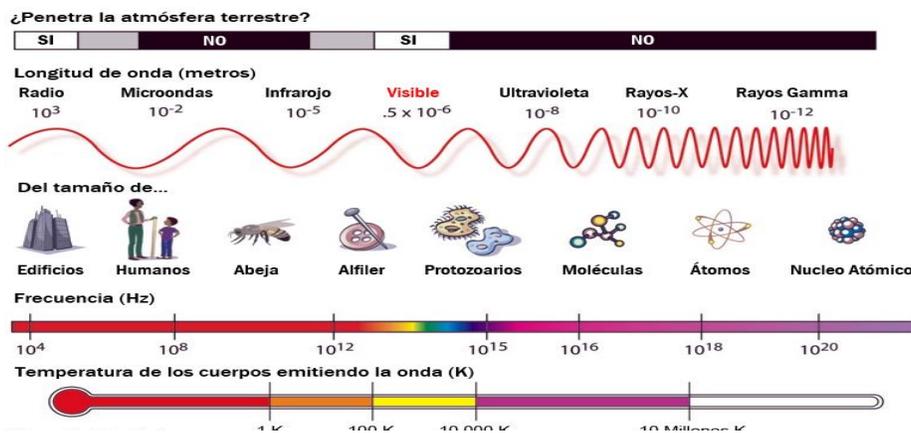


Fig. 1.10 La Radiación Electromagnética

En función de su frecuencia, las ondas electromagnéticas tienen diferentes características, y producen fenómenos diversos en el medio donde se propaga o sobre el medio que lo absorbe. Sin embargo, por estos

fenómenos, podemos agrupar y dividir en varias regiones el espectro electromagnético se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnética, compuesto por radiación de diferentes longitudes de onda mientras menor sea la longitud de onda de la radiación, mayor será la energía del fotón. El espectro electromagnético se divide en bandas para su clasificación cada una de tiene aplicaciones en espectroscopia y así tenemos la espectroscopia de: Microondas, de Rayos X, Infrarrojo, Visible, Ultravioleta, etc., como se observa en la figura 1.10 donde se observa todas las características de las ondas electromagnéticas, las cuales se explicarán a continuación.

El rango de radiación que nos interesa en esta investigación es la misma que afecta en mayor parte a los recubrimientos exteriores como a los seres vivos, las cuales son las siguientes tres:

### Radiación infrarroja

La parte infrarroja del espectro electromagnético cubre el rango desde aproximadamente los 300 GHz (1 mm) hasta los 400 THz (750 nm). Puede ser dividida en tres partes:

Tabla1. 10. Tipos de Radiación Infrarroja

Tipo	Descripción
<b>Infrarrojo lejano</b>	Desde 300 GHz (1 mm) hasta 30 THz (10 $\mu$ m). La parte inferior de este rango también puede llamarse microondas. El agua en la atmósfera de la Tierra absorbe tan fuertemente esta radiación que confiere a la atmósfera efectividad opaca.
<b>Infrarrojo medio</b>	Desde 30 a 120 THz (10 a 2.5 $\mu$ m). Los objetos calientes (radiadores de cuerpo negro) pueden irradiar fuertemente en este rango.
<b>Infrarrojo cercano</b>	Desde 120 a 400 THz (2500 a 750 nm). Los procesos físicos que son relevantes para este rango son similares a los de la luz visible.

### Radiación visible (luz)

La frecuencia por encima del infrarrojo es la de la luz visible. Este es el rango en el que el Sol y las estrellas similares a él emiten la mayor parte de su radiación. No es probablemente una coincidencia que el ojo humano sea sensible a las longitudes de onda que el sol emite con más fuerza. La luz visible (y la luz cercana al infrarrojo) son absorbidas y emitidas por electrones en las moléculas y átomos que se mueven desde un nivel de energía a otro. La



Fig. 1.11 Rango de onda de Luz Visible

luz que vemos con nuestros ojos es realmente una parte muy pequeña del espectro electromagnético. Como se muestra en la imagen 1, un arcoíris muestra la parte óptica (visible) del espectro electromagnético; el infrarrojo (si pudiera verse) estaría localizado justo a continuación del lado rojo del arco iris, mientras que el ultravioleta estaría tras el violeta.

El rango de onda (Fig. 1.11) con una longitud de onda entre aproximadamente 400 nm y 700 nm es detectado por el ojo humano y percibida como luz visible. A otras longitudes de onda, sobre todo al infrarrojo cercano (más largo de 700 nm) y al ultravioleta (más corto que 400 nm) también se les llama luz a veces, sobre todo cuando la visibilidad para los humanos no es relevante.

Cuando la radiación en la región visible se refleja en un objeto, y luego impacta en nuestros ojos, obtenemos una percepción visual de la escena. El sistema visual de nuestro cerebro procesa la multitud de frecuencias reflejadas en diferentes sombras y matices, y a través de este fenómeno psicofísico que todavía no se entiende completamente, es como percibiríamos los objetos.

En la mayor parte de las longitudes de onda, sin embargo, la información transportada por la radiación electromagnética no es directamente descubierta por los sentidos humanos. Las fuentes naturales producen radiación electromagnética a través del espectro, y nuestra tecnología también puede manipular un amplio rango de longitudes de onda. La fibra óptica transmite luz que, aunque no es adecuada para la visión directa, puede transportar datos que luego son traducidos en sonido o imagen. La codificación usada en tales datos es similar a lo que se usa con las ondas de radio.

### Luz ultravioleta

La siguiente frecuencia en el espectro es el ultravioleta (o rayos UV), que es la radiación cuya longitud de onda es más corta que el extremo violeta del espectro visible. Al ser muy energética, la radiación ultravioleta puede romper enlaces químicos, haciendo a las moléculas excepcionalmente reactivas o ionizándolas, lo que cambia su comportamiento. Las quemaduras solares, por ejemplo, están causadas por los efectos perjudiciales de la radiación UV en las células de la piel, y pueden causar incluso cáncer de piel si la radiación daña las moléculas de ADN complejas en las células. El Sol emite una gran cantidad de radiación UV, lo que podría convertir rápidamente la Tierra en un

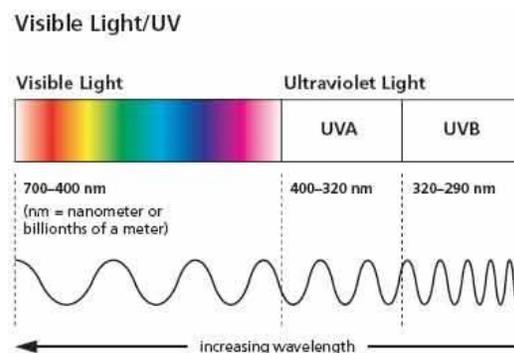


Fig. 1.12 Rango de onda de Luz Visible y Ultravioleta

desierto estéril si no fuera porque, en su mayor parte, es absorbida por la capa de ozono de la atmósfera antes de alcanzar la superficie.

El manejo del espectro electromagnético para el desarrollo de las cualidades a establecer para el funcionamiento de una pintura que sea capaz de manipular este tipo de absorción, define la cualidad de la pintura llamada foto- respuesta; foto ya que ese estímulo será recibido de la luz (radiación solar), respuesta por la capacidad de reaccionar a un estímulo. Esta relación de radiación y materiales será la clave para encontrar la respuesta en una bio-inspiración, ya que el propósito de esta investigación es analizar esta foto respuesta de las pinturas sintéticas, con el fin de comparar los resultados con la foto respuesta de una planta, lo que nos llevará a una propuesta más sólida de mejora basada en una mejoría en la resistencia y respuesta a la radiación solar.

### **1.4.2 Relación entre Radiación Electromagnética, Pintura, y Plantas.**

En este capítulo se hace la comparativa anteriormente definida de la foto respuesta, en donde variable principal la radiación solar, como principal elemento tanto como en la generación y deterioro de color en las pinturas y las plantas. La radiación electromagnética y la vida de los materiales está ligada íntimamente en formas muy diversas, por una parte los diferentes tipos de radiación electromagnética atacan a los materiales de manera diferente. En este rubro hay que hacer énfasis que la radiación está ligada con la vida en el planeta en general, y que es gracias a la atmósfera es que llega al planeta parte de la radiación proveniente del espacio exterior en especial del sol. La radiación está ligada con la vida en la tierra de directa.

En este punto se recuerda que la luz solar es también la suma de los diversos colores que inciden sobre un objeto, algunos de esos colores son absorbidos y otros reflejados, por lo tanto los objetos los vemos con el color que no es absorbido, en este punto retomamos que las plantas son percibidas de color verde es porque éstas (y en particular la clorofila) reflejan precisamente la luz de color verde.

El color de la naturaleza está ligado a la función de cada una de las moléculas, estructuras que conforman al ser vivo, una molécula cuya misión es absorber luz rechaza parte de esa energía descubrir la importancia de este detalle es necesaria para comprender mejor el proceso de las plantas de la fotosíntesis y sobre todo su relación con la luz.

La luz es el principal elemento de estudio de esta investigación, esta es una forma de radiación electromagnética que se denomina luz visible. La luz al igual el resto de radiaciones electromagnéticas está

formada por unas partículas llamadas fotones. Los fotones surgen cuando se producen movimientos de cargas eléctricas. Los fotones son más bien paquetes indivisibles de energía, que cuando chocan contra algún objeto se comportan como si fueran partículas de materia: es decir transmiten su energía, se desvían y rebotan.

El entender la diferencia entre los diferentes tipos de longitud de onda, va ligado con la energía que corresponde a cada fotón, entre más pequeña sea la longitud de onda del fotón, mayor es la energía. Las longitudes de onda de los fotones son increíblemente variables (desde distancias microscópicas hasta kilométricas). La longitud de onda de los fotones depende de la amplitud del movimiento de las cargas eléctricas que los generan.



Fig. 1.13 La longitud de ondas en el rango de la Luz Visible. Espectro de radiación electromagnética

Los fotones de luz visible poseen longitudes de onda realmente pequeñas, comprendidas entre los 400 y 700 nanómetros (Fig.1.13)<sup>10</sup>. Cuando estos fotones de luz pasan a través de las pupilas de nuestros ojos y llegan hasta la retina, ésta envía una señal al cerebro que al ser interpretada genera lo que llamamos visión. La retina y el cerebro son capaces de diferenciar unos fotones de otros según su longitud de onda, estas diferencias de longitud de onda se representan como colores. Dependiendo de la longitud de onda de cada uno de los mismos, a cada color le corresponden fotones de una determinada longitud de onda y esta es una forma objetiva y útil que tiene los científicos de manejar la luz.

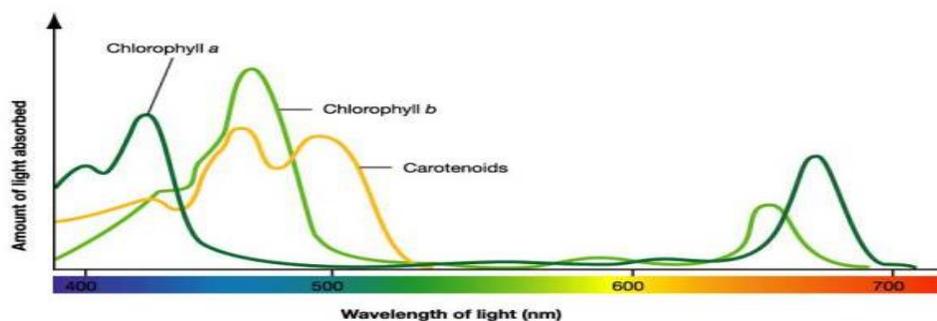
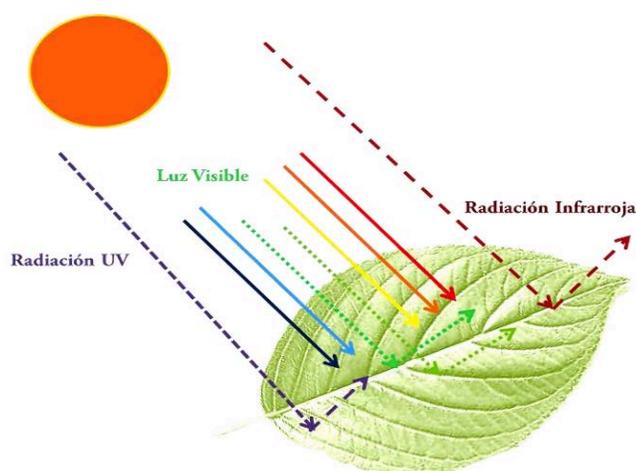


Fig. 1.14 Espectro de absorción de las clorofilas a y b , y carotenos

<sup>10</sup> Un nanómetro equivale a 0.000001 mm

El proceso de la fotosíntesis (véase capítulo 1.3.1), las clorofilas juega un papel crucial porque es capaz de absorber la energía de determinados fotones que llegan hasta ella y transmitirla a un sistema capaz de transformarla en energía química. La actividad fotosintética se ajusta precisamente a la radiación visible (aunque no por igual en todos los colores o longitudes de onda). La clorofila sólo es capaz de absorber de forma eficiente fotones de luz visible y, en realidad, no todos.



**Fig. 1.15 Diagrama de Funcionamiento Fotosensible de la Planta**

La clorofila sólo absorbe fotones “rojos” y “azules” sobre todo, pero no los “verdes” (fig.1.15). Los fotones “verdes” son reflejados por la clorofila y son los responsables del color que tienen las plantas. Esto significa que las plantas no absorben ni aprovechan una parte de la energía luminosa que llega hasta ellas. Aunado al manejo de la luz visible, existe una característica igual de importante, la radiación infrarroja y UV es rechazada por la composición de las hojas, ya que estas no forman parte de la radiación necesaria para su supervivencia.

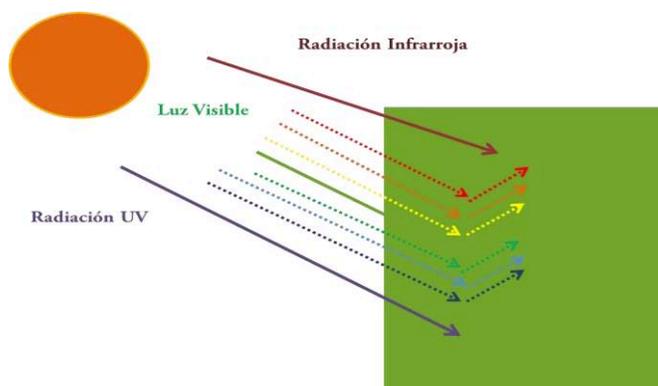
A diferencia del mecanismo inteligente de las plantas, las pinturas absorben al igual como radiación infrarroja y UV como luz visible, lo cual termina en un mal funcionamiento del material en exteriores, como se puede observar en la siguiente tabla el rango de UV- A y UV- B causan daños a los polímeros en este caso las películas de pintura.

**Tabla 1.11. Deterioro en Polímeros por radiación UV (Group, 2006)**

Región	Longitud de Onda (nm)	Características
UV-A	400 - 315	Causa deterioro a los polímeros
UV-B	315 - 280	Incluyen las ondas más cortas encontradas en la tierra. Son responsables de severos daños a los polímeros.; Pueden ser absorbidos por el vidrio de ventanas hacia el interior.
UV-C	280 – 100	Son rechazados por la atmosfera de la tierra. Se encuentran solo en el espacio exterior.

En la tabla 1.11 se muestran los daños a los polímeros causados a los materiales por la radiación UV, en sus diferentes tipos. Se puede observar que dentro de dos tipos de radiación se afecta a los polímeros de los materiales, siendo esto una causa importante del deterioro en su funcionamiento exterior. La radiación UV es la principal en el daño a materiales, las pinturas están formadas de polímeros, esta reacción será analizada posteriormente.

Por lo tanto si una pintura tiene entre otros aspectos una exposición constante y directa a la radiación solar causa fisuras en la película acelerando el proceso de degradación con el riesgo de producir a la larga desprendimientos parciales del revestimiento. Las superficies de las pinturas por su composición absorben la luz visible correspondiente al color pretendido, sin embargo absorben de manera semejante otros tipos de radiación, afectando el trabajo del recubrimiento generando a la larga, consecuencias de deterioro, la importante en esta investigación es la decoloración. En la siguiente imagen se explica la absorción de radiación por una superficie pintada, a esta reacción ante las radiaciones, la foto sensibilidad de la pintura.



**Fig. 1. 16 Diagrama de Funcionamiento Fotosensible de la Pintura**

Por lo tanto cuando la radiación del Sol llega a una superficie, una parte es reflexionada, otra es absorbida y otra puede pasar, dependiendo del material del que esté hecha la superficie. Los materiales brillantes con colores claros reflejan la mayoría de la radiación, mientras que los oscuros y mates la absorben. Materiales transparentes, como el vidrio, dejan pasar casi toda la radiación. En este caso las pinturas dependen del color para la absorción y reflexión de la radiación, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 1. 12 Absorción y Reflexión**

Material	Absorción %	Reflexión %
Pintura Negra	98	2
Pintura Azul Oscura	90	10
Pintura Blanca	25	75

Con las características anteriores se elaboró una tabla comparativa en cuanto al trabajo realizado por ambos elementos, las hojas de las plantas y la película de las pinturas. Entendiendo como hojas de plantas como un concepto generalizado de funcionamiento, debido a que al ser un ser vivo existen diferencias enormes en cuanto al tipo y características. Por otro lado la película de pintura hace referencia a las pinturas vinil- acrílicas que representan a las más utilizadas en el mercado actual, con características de exteriores.

Entendiendo estas características de funcionamiento Con base en la bio inspiración de la cualidad mencionada de las hojas de las plantas se inicia una búsqueda de implementar esta cualidad en una pintura inteligente capaz de lograr esa cualidad. Es decir una película de pintura capaz de reflejar los rayos infrarrojos en mayor cantidad esto evitara el aumento de temperatura por lo tanto la fracturación de las pinturas por desgaste, el rechazo del daño por radiación UV y por ultimo concentrar en mayor cantidad la absorción de radiación de luz visible para que con esto se intensifique el color colocado haciéndolo más duradero y con un mejor comportamiento ante los factores climáticos.

**Tabla 1.13. Tabla comparativa ente foto sensibilidad de una Hoja de Planta y una Película de Pintura**

Propiedad	Hoja Planta	Película Pintura
<b>Cromática</b>	<p>El color verde es resultado del funcionamiento de las clorofila a, la onda verde es la única que es reflejada por la estructura de la hoja. La intensidad del color varía dependiendo de los tipos de planta y funcionamiento.</p> <p>El color verde permanece en las hojas hasta que estas mueren.</p>	<p>Los colores son producto de pigmentos de diferentes tipos, los cuales son añadidos a las pinturas. Estás reflejan las ondas deseadas en cada uno de los múltiples colores existente. Se mantienen en funcionamiento debido a los aglutinantes y la resistencia de la película en la superficie.</p>
<b>Manejo de radiación</b>	<p>La estructura de las clorofilas está diseñada para absorber las ondas necesitadas. Reflectando solo las no necesarias.</p> <p>La radiación infrarroja e UV es rechazada.</p>	<p>Las ondas reflectadas son manipuladas por el hombre. Manejan resistencia a los daños de la radiación infrarroja y UV pero no es capaz de rechazarlas.</p>
<b>Durabilidad</b>	<p>El color en las hojas es estable ante los factores climatológicos, siempre y cuando tengan los nutrientes necesarios en su caso. Si estos no fallan el color se mantiene durable incluso tiempo después de la caída de la hoja.</p>	<p>La durabilidad está ligada a los componentes, esta varía según el clima y la superficie de colocación. El clima es uno de los factores que más afecta su durabilidad.</p> <p>El mantenimiento es necesario para mantener un color intenso. Las técnicas de colocación, así como la calidad de mano de obra y de materiales están ligadas a la durabilidad.</p>
<b>Componentes</b>	<p>Clorofilas de diferentes tipos.</p>	<p>Aglutinantes, Solventes y Pigmentos de diferentes orígenes. ( naturales, minerales o sintéticos)</p>
<b>Residuos</b>	<p>Las hojas después del procedimiento de la fotosíntesis, tiene tres resultados: la planta obtiene energía y alimentarse.</p> <p>El color verde en su superficie. Por ultimo como consecuencia de ese proceso el residuo al exterior es oxígeno. Una vez muerta la hoja se descompone orgánicamente convirtiéndose en beneficio para el suelo.</p>	<p>Las películas de pintura en primera instancia al estar colocadas liberan residuos peligrosos al aire (COV).</p> <p>Una vez degrada la película si esta es retirada el residuo en caso de que sea en mayoría de origen pétreo se convierte en desperdicio el cual seguirá contaminando con residuos al aire, tierra o agua debido a su tardada desintegración.</p>

La diferencia de comportamientos está ligada proporcionalmente a la superficie de ambos elementos, es decir las hojas en su epidermis tienen las capacidades anteriores, por haber desarrollado una superficie la cual le permite poseer propiedades de rugosidad, brillo, reflexión hidrofobia, porosidad y cromática distintas a la de la superficie de la pintura. Por ende se establece que dentro de la experimentación se realizara una prueba para el estudio de estas propiedades. Las cuales son la base para modificar el funcionamiento del recubrimiento en exteriores, y este se tenga propiedades asimiladas a las de las hojas, mejorando completamente el ciclo de vida del material.

Un aspecto importante en esta comparativa y análisis es el deterioro a consecuencia de la radiación ultravioleta en ambos casos (planta, pintura) , en consideración a este deterioro, se presenta a continuación información enfocada a los impactos de este tipo de radiación y sus consecuencias, las cuales afectan directamente en diversos sentidos.

### 1.4.3 Impactos Negativos de la Radiación Ultravioleta en la tierra

La relación entre la Tierra y la Radiación Solar, tiene lugar en la atmósfera terrestre. La atmósfera es una capa formada de gases que rodea el planeta. Los gases se distribuyen en capas por su composición y su distancia con la superficie de la tierra. Son conocidas como :Troposfera, Estratosfera , Mesosfera, Termosfera o ionosfera , y Exosfera

La importancia de las capas de atmósfera es que disminuyen la intensidad de la radiación solar, esto sirve como escudo ante los impactos negativos de la radiación. El caso a mencionar es el de la estratosfera, donde se ubica la capa de ozono por su relación con la radiación ultravioleta

La capa de ozono se encuentra aproximadamente de 15 a 30 kilómetros sobre la superficie del planeta. Es un cinturón de gas ozono natural, que funciona como un filtro solar contra la dañina radiación ultravioleta B emitida por el sol. Su composición es de una molécula altamente reactiva que contiene tres átomos de oxígeno.

En la actualidad, esa acción de filtro solar de la capa de ozono está en peligro, ya que la capa se está deteriorando debido a la liberación de la contaminación que contienen los diversos productos químicos soltados a la atmósfera. Los clorofluorocarbonos (CFC), sustancias químicas que se encuentran principalmente en los aerosoles en spray muy utilizados por las naciones industrializadas durante la mayor parte de los últimos 50

años, son los principales culpables del deterioro de la capa de ozono. Cuando los CFC alcanzan la parte superior de la atmósfera, se exponen a los rayos ultravioleta lo que causa que se descompongan en sustancias que incluyen cloro. El cloro hace reacción con los átomos de oxígeno en el ozono y destroza la molécula de ozono. *Un átomo de cloro puede destruir más de cien mil moléculas de ozono según la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU*

De acuerdo a la National Geographic, *“La capa de ozono sobre la Antártida ha sufrido un impacto considerable desde mediados de los años 80. Las bajas temperaturas de esta zona aceleran la conversión de los CFC en cloro. En la primavera y el verano del sur, cuando brilla el sol durante largos periodos del día, el cloro reacciona con los rayos ultravioleta destruyendo el ozono masivamente, hasta el 65%. Esto es lo que algunas personas denominan erróneamente “agujero de ozono”. En otras zonas, la capa de ozono se ha deteriorado un 20%.”*

Como consecuencia de estas acciones, los países industrializados prohibieron los clorofluorocarbonos en el año 1996, no obstante se tardara muchos años más para lograr contrarrestar estos cambios. Además se debe de considerar que en la actualidad existen más emisiones a la atmosfera las cuales tiene otras reacciones negativas en la capa de ozono. Las pinturas son una de las industrias que más Compuestos Orgánicos Volátiles emite a la atmosfera, como se menciona en capítulos anteriores.

La radiación Ultravioleta tipo B que está entre los 280-320 nm es la más dañina que logra alcanzar la superficie terrestre. Este deterioro puede permitir que grandes cantidades de rayos B ultravioleta alcancen la Tierra lo que puede provocar cáncer de piel y cataratas en humanos y dañar a los animales.

En resumen el sol emite una gran cantidad de energía y un 2% corresponde a la radiación ultravioleta (UV). La radiación de tipo Ultravioleta –B es la causante de múltiples consecuencias en seres vivos en general plantas y animales, los cuales no toleran este tipo de radiación y responden de manera negativa y cambiante en sus organismos. Debido a que la cantidad de radiación UV que llega a la superficie de la tierra depende directamente de tres aspectos: la posición del sol, la cantidad de ozono, y la presencia de contaminación; si existe la ausencia de contaminación y ozono aumenta la radiación ultravioleta.

Estos efectos negativos que han desarrollado los hombres en el medio natural, son de alta importancia para las nuevas generaciones es por eso que se debe de tomar en cuenta estas relaciones entre la radiación ultravioleta y sus efectos en la superficie de la tierra. El aumento de radiación ultravioleta también modifica directamente a los materiales a la intemperie, es por eso que en la actualidad se deben de cuidar dos cosas sumamente importantes: primero la disminución de materiales con compuestos que generen consecuencias en la atmosfera, y en segunda la resistencia de los materiales ante un aumento de radiación ultravioleta.

## 1.5 CONCLUSIÓN

Este primer capítulo resume información sobre la importancia del color en el medio ambiente, en consecuencia en la arquitectura, por lo que es un elemento primordial en el tema actual de materiales innovadores. Haciendo énfasis en la preservación de color en los espacios exteriores, en contra de los daños ocasionados por factores medio-ambientales se analizó el objeto de estudio, la pintura en respuesta a estos factores, donde se dedujo como principales factores culpables del descoloramiento en exteriores a la radiación solar, la lluvia y el viento. Se presentan las innovaciones en los materiales actuales, a partir de esto buscar la mejora deseada para contrarrestar los factores anteriores ante una mejora cromática deseada.

Ya que la pintura es un material que se encuentra expuesto al medio natural, se establece como herramienta de búsqueda la biomímesis, debido a que se encontraron las características de mejora en el medio natural, por sus soluciones efectivas ante los factores negativos del medio ambiente. La información obtenida sobre el mecanismo de foto respuesta de las plantas es la base para una propuesta de mejora, que con ayuda de un correcto análisis del objeto de estudio pudiera llevar al mejoramiento de una foto respuesta de la pintura en exteriores.

A partir de este momento, la falta de información sobre el comportamiento de foto-respuesta de una pintura, posterior al envejecimiento por radiación solar es la pauta para continuar el proceso de investigación. Por lo tanto, la etapa experimental será la encargada de generar esa información, con un estudio de caracterización del comportamiento de las pinturas posterior a la exposición solar, este método a seguir concluirá con la información necesaria para establecer la propuesta mejora de la cromática del material al exterior.

## CAPÍTULO 2.

# MÉTODO

En el capítulo anterior se estableció que la presente investigación se enfoca a la durabilidad cromática en fachadas, tomando en cuenta a la pintura como material de recubrimiento cromático, en consecuencia de su exposición a Radiación Solar, y en especial a la radiación Ultravioleta. Con la información anterior se define que esta relación entre Radiación Solar y el recubrimiento es una faltante en la información anterior, para poder determinar de manera sustentada los efectos posteriores a la exposición de las pinturas ante la radiación solar, conocer las deficiencias para proponer las mejoras.

El siguiente método tiene el propósito de esclarecer las reacciones del recubrimiento, esta información será obtenida por medio de pruebas estandarizadas, las cuales serán seleccionadas de acuerdo al tipo de información y característica requerida.

## 2.1 ENVEJECIMIENTO CROMÁTICO EN PINTURAS PARA CONSTRUCCIÓN

La importancia del material cromático es definida por sus características en el diseño, construcción y funcionamiento de espacios arquitectónicos, por lo tanto es el usado como como objeto de estudio el análisis de funcionamiento en sus varias propiedades físicas en el exterior. Actualmente las mejoras en pinturas ya no solo son aspectos en las industrias del material, si no que forman parte de investigaciones (véase capítulo anterior) en las nuevas tecnologías en materiales. Como parte de estas investigaciones en materiales de construcción el arquitecto tiene un papel fundamental al conocer las necesidades del material como parte de un elemento arquitectónico. En relación con otras investigaciones, la principal búsqueda del estudio de pinturas utilizadas en el proceso constructivo, recae en conocer las reacciones durante el trabajo realizado en relación con su comportamiento a la radiación solar, para posteriormente comparar los resultados.

La siguiente experimentación se enfoca a los efectos de la radiación solar en las pinturas como recubrimiento cromático en fachadas, para proponer una mejora de funcionamiento. Con base a previos estudios de envejecimiento de materiales por radiación solar, se realizará el estudio del recubrimiento enfocado a la obtención del conocimiento sobre cambio y resistencia cromática; aunada al uso de materiales de tipo regional, buscando analizar el comportamiento de las pinturas en el medio exterior con métodos de aplicación locales a diferencia de otros tipos de estudios.

A continuación se describirán los objetos de estudio elegidos para sus análisis posteriores. La experimentación se titula como **Análisis de Pinturas para la Construcción contra la Radiación Solar: Caracterización Cromática y Física.**



Fig.2. 1 Método para Experimentación

El objetivo es conocer las reacciones cromáticas y físicas de las pinturas posteriores al envejecimiento. El primer paso es la selección de material de estudio, previamente se habló de la importancia de la pintura como material en la construcción, por consecuencia se seleccionara el material que cumpla con los requisitos a evaluar. La selección las muestras se realizaron de acuerdo a lo expuesto en el capítulo 1.2, sobre características de pinturas.

Posteriormente por medio de consulta bibliográfica sobre estudios de durabilidad de pinturas, se seleccionan los medios de análisis a utilizar para evaluar las características deseadas en el material seleccionado.

Una vez definidos los materiales y herramientas a utilizar, se proseguirá con la experimentación la cual consta de dos etapas indispensables, el envejecimiento previo y el análisis de caracterización. En la etapa de envejecimiento, las pruebas elaboradas serán sometidas a radiación artificial y natural. Una vez concluida esta etapa la siguiente será el análisis de comportamiento anterior y posterior de las pinturas.

Obtenidos los resultados se iniciara con un desarrollo de cualidades, defectos y necesidades en el trabajo del elemento a analizar, para así llegar a la propuesta de mejoramiento del elemento que desarrolle un mejor trabajo. Una vez terminada la comparativa, se definirá cuál de las dos muestras es la candidata para la propuesta de mejora, implementando conocimientos obtenidos a partir de la bio inspiración en el funcionamiento cromático de una planta ante radiación solar. Finalmente se plantean las bases para lograr una nueva pintura capaz de mejorar su reacción al exterior, sobre todo analizar su reacción ante la radiación solar y mejorar su durabilidad cromática.

## 2.2 MATERIALES

En la selección de material de trabajo, se encontró en el mercado actual las pinturas más adecuadas para el análisis, tanto por su consumo y sus características expuestas. A continuación se presentan las características de los dos tipos de pinturas seleccionados para el conocimiento de reacción a la radiación solar por medios naturales y artificiales, propiedades cromáticas y propiedades mecánicas de estudio recubrimientos.

Tabla 2. 1 Características de Pinturas de Estudio.

Tipo de Pintura	Características
<b>Pintura para exteriores resistente a los rayos UV</b>	Los rayos solares desgastan el color de las superficies exteriores. Para evitar que luzcan deslavadas y sin vida a causa de las inclemencias de la intemperie, estos tipos de pintura cuentan con filtros especiales que protegen los muros de los rayos ultravioleta, así las fachadas exteriores conservan su color por mucho más tiempo.
<b>Pintura ecológica</b>	Es amigable con el medio ambiente. Esta pintura es la indicada si lo que te interesa es cuidar el medio ambiente, en primera por su bajo contenido de partículas volátiles que garantizan espacios más saludables y por el otro, por su casi imperceptible olor, lo cual hace posible habitar los espacios de inmediato.

Ambas pinturas tienen composiciones diferentes (véase anexo 1.) por lo tanto su análisis de funcionamiento será de vital importancia. Obteniendo también una visión comparativa de materiales comerciales contra una opción tipo ecológica.

La pintura de carácter en resistencia a la radiación UV es elegida para analizar sus características de reacción a la radiación, comprobando su funcionamiento. Por otra parte la pintura ecológica es elegida, al ser de nueva generación donde se presume de ser más amigable con el ambiente pero sin perder las características de una pintura sintética.

En la elaboración de las muestras se realizó una clasificación abarcando los requisitos para las pruebas de este tipo, estos normalizados bajo la norma ISO 11431 (2004) **Paint and varnishes – Artificial weathering and exposure to artificial radiation- exposure to filtered xenón-arc radiation** (Pintura y barnices – daños climáticos artificiales y exposición artificial de radiación solar- Exposición a radiación por el medio de Arco de Xenón) en la cual se establece la utilización de dos tipos de muestras para estas pruebas, una muestra anterior al envejecimiento y una posterior. La clasificación de las muestras es la siguiente:

Tabla 2. 2 Clasificación de Pinturas

Classification de Pintura	Nombre Tipo
Pintura comercial para exteriores	PEX
Pintura ecológica	PECO

A partir de esta clasificación se elaborara dos clases de muestras, con el fin de mejorar el conocimiento de su funcionamiento. En investigaciones semejantes, las muestras se realizan sobre un soporte de madera, vidrio o plásticos. Este estudio realizará muestras sobre vidrio, e utilizara soporte de aplanado de mortero para obtener resultados diferentes e adicionales en este tipo de estudios, correspondientes a los materiales regionalmente empleados. El material utilizado en la elaboración de las muestras es el siguiente:

- Pintura AE
- Pintura BE
- Pincel de cerdas finas, # 9
- Agua
- Jeringa de 10ml
- Porta objetos de Vidrio (26 mm x 76 mm x 0.8-1.1 mm).
- Cemento Tipo Portland
- Arena Fina
- CAL
- Pegamento para Tirol ( recubrimiento)
- Sellador

El primer tipo de muestras esta realizado sobre porta objetos de vidrio .La pintura se elaboró siguiendo las instrucciones de colocación (ver Anexo A) lo cual consiste a una proporción 10-1, es decir 0.5 ml de agua por cada 5 ml de pintura a dos manos después de 20 minutos. En la siguiente tabla se resumen los tipos de muestras A\*, sobre vidrio.

Tabla 2. 3 Clasificación de Muestras A*		
Nombre	Tipo 1	Tipo 2
PEX-a	Not Aged	Aged
PECO-a	Not Aged	Aged

Se elaboraron muestras asentadas en una capa de mortero. Estas muestras tipo B\* se elaboraron con una capa de mortero con una proporción 4-1, utilizada para acabados, (al igual se agregó un adhesivo de mortero para una mejor adherencia al porta objetos.) Dejando secar al aire libre, para posteriormente aplicar una capa de sellador comercial. Finalmente se colocó la capa de pintura como en las muestras tipo A\*. La siguiente tabla menciona la nomenclatura de muestras:

Tabla 2. 4 Clasificación de Muestras B*		
Nombre	Tipo 1	Tipo 2
PEX - b	Not Aged	Aged
PECO- b	Not Aged	Aged

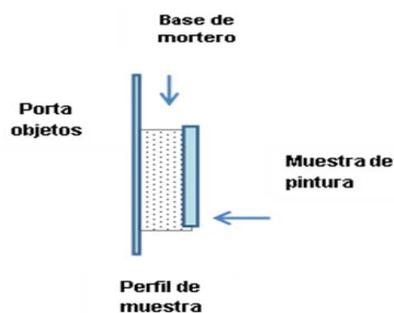


Fig.2. 2 Esquema de Muestras Realizadas

Todas las muestras a evaluar han sido preparadas con las mismas especificaciones, y proceso de elaboración, con el fin de no tener alteraciones en los resultados de cada una, y la comparativa sea correcta, y de acuerdo a las normativas antes mencionadas así como las de los laboratorios a utilizar. En la siguiente figura se observa la descripción de las muestras realizadas con mortero.

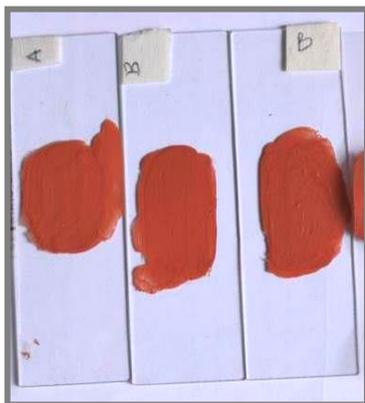


Fig.2. 3 Muestras Tipo A\*.



Fig.2. 4 Muestras Tipo B\*

Es importante mencionar que a diferencia de otras investigaciones la evaluación de las pinturas se realizara con pintura de color, en lugar de pintura blanca, esto para analizar de mejor manera la percepción de cambio cromático. Para las muestras se escogió el color denominado: "Rojo Costa mar" rojo oscuro, debido a la existencia en ambos tipos de pintura (Fig. 15 y 16). En las Figura 15 se observa las muestras tipo A, y en la figura 16 muestras tipo B realizadas.

## 2.3 VARIABLES

En capítulos anteriores, se presentó la línea de investigación, de acuerdo a lo anterior se definió el propósito de la presente experimentación, el cual recae en obtener información sobre la pérdida cromática a consecuencia de los factores exteriores; como principal factor la radiación solar. Por consiguiente se mencionarán las características a examinar partiendo de las causas que ocasionan el deterioro de la pintura en su desempeño como material cromático en el exterior.

**Tabla 2. 5 Causas de Pérdida de Cromática en Películas de Pintura**

<b>Problema</b>	<b>Causa</b>
<b>Deficiente color</b>	Mal estado de la pintura <b>Soporte sucio</b>
<b>Perdida de color en poco tiempo</b>	<b>Retención de polvo</b> Crecimiento de microorganismos <b>Oxidación de polímeros</b>
<b>Decoloración</b>	<b>Demasiada insolación</b> Mala Calidad de los Pigmentos

En la tabla anterior se destacan las causas de la cromática en las pinturas (véase capítulo 1.2.3) en esta se destaca la insolación como una causa fundamental misma que conlleva a la oxidación de polímeros. Por lo tanto una reducción en los efectos de la insolación es necesario, motivo por el cual se sometieron las muestras a radiación de diferentes tipos, de esta manera conocer cómo responden a cada una, analizando la cromática.

La retención de polvo se subraya en la tabla anterior, debido a que esto es una característica de pérdida de color pero es generada por otra variable, la humedad en la superficie; esto depende directamente de la rugosidad de la superficie y su permeabilidad. Por lo tanto dependiendo del grado de las anteriores es la saturación de polvo u otras partículas que contaminan la superficie de la pintura haciendo que alojen partículas, capaces de disminuir enormemente la cromática del recubrimiento.

La experimentación está basada en una caracterización físico-cromática de las muestras envejecidas y muestras no envejecidas para comparar resultados en desempeño, así como compararlas para concluir con un análisis del material, buscando satisfacer los objetivos de la investigación.

### 2.3.1 Relación De Variables

La selección de dos diferentes tipos de pintura tiene como propósito la demostración de su trabajo como recubrimiento para exteriores de acuerdo a cada una de sus cualidades. Se analizará de esta manera cuál de las dos realiza un mejor desempeño tomando en consideración las siguientes variables que influirán en la experimentación. De esta manera seleccionar la candidata a una propuesta mejora, con el propósito de mejorar su comportamiento a las variables expuestas, evaluando de esta manera, una pintura con una cualidad bioinspirada en las plantas.

Las características de elaboración de las muestras, sobre vidrio y mortero queda sin modificar resultados debido a que las muestras sobre vidrio son con el fin de analizar de manera específica las características del recubrimiento en cuanto a propiedad cromática y de respuesta al envejecimiento de una película de pintura; mientras que las muestras realizadas a base mortero, son las que definen las propiedades físicas del recubrimiento en una simulación más próxima a su desempeño real.

Por lo tanto, en ambas superficies las pinturas mostrarán desempeños diferentes que demuestran los cambios estructurales fisicoquímicos ente cada una de las dos. Estos cambios forman las variables a estudiar, analizar y comparar dentro de esta experimentación.

Las pinturas a evaluar se diferencian por las siguientes propiedades expresadas en la siguiente tabla:

**Tabla 2. 6 Variables de Pinturas Muestras**

<b>Pintura Contra daños UV</b>	<b>Pintura Ecológica</b>
Vinil-acrílica	Acrílica
Sin disminución de COV	Baja en emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles ( COV)
Base Agua	Base Agua
Pigmentos de Alta Duración	Pigmentos de Origen Sintético
Alta Resistencia a Radiación UV	Bajo nivel de toxicidad

La tabla anterior expresa las diferencias generales entre ambos tipos de pinturas seleccionados, estas características serán puestas a prueba en el proceso de experimentación, con el fin de comprobar su trabajo ante las exigencias como recubrimientos cromáticos exteriores. Los resultados en las pruebas definirán cuál de las dos pinturas tiene un mejor comportamiento.

La reacción principal a analizar es la posterior al envejecimiento de las muestras. Los tipos de envejecimiento serán una variable importante en cuanto a la radiación y su reacción. Mientras que los

envejecimientos artificiales son controlados y su cantidad de radiación es medible mediante tiempo de exposición exacto, la radiación natural arroja resultados diversos debido a las características ambientales durante el momento de exposición. Ésta tiene variables secundarias las cuales dependen de las condiciones climáticas, asoleamiento, precipitación, nubosidad, aire y contaminación. Estas variables no se podrán analizar específicamente pero influyen directamente en el desempeño de las muestras. (Cabe señalar que los días de exposición se caracterizaron por ser lluviosos y soleados)

Sin embargo aunado a los tipos de envejecimiento, anteriormente (capítulo 1.5) se definió el enfoque en el deterioro por radiación Ultravioleta. La cantidad absorbida de ambos tipos de radiación en las muestras marcará la diferencia en el deterioro. El deterioro será medido en pruebas de caracterización aplicadas a muestras sometidas a las radiaciones y muestras sin radiación para comparar ambas. Por lo tanto los daños en las muestras serán conocidos con las pruebas físicas a realizar. Determinando de manera directa las reacciones obtenidas de cada tipo de recubrimiento.

La cantidad de radiación es relativa a los tipos de envejecimiento llevados a cabo, así como de la absorción de cada una de las muestras colocadas. La irradiación se mide en relación por hora en watts/ m<sup>3</sup>. Las cámaras tienen diferente incidencia de radiación como temperatura por lo que los daños a las muestras de cada una de las cámaras serán variables.

El deterioro obtenido posterior a la radiación, es el que está relacionado con cada una de las variables físicas, en primer lugar está la propiedad cromática de las muestras. Esta variable será medida a través de dos métodos. El primero es de carácter cualitativo que será por observación de los cambios posteriores a la radiación. Debido a que el ojo humano no es capaz de percibir de manera exacta los cambios de cromática de un material, también se evaluará de manera cuantitativa a través de los resultados de dos pruebas cromáticas realizadas anterior y posteriormente del envejecimiento para con los resultados realizar una comparativa. La primera prueba es Pantone, esta solo determina el color de la superficie a la que es aplicada arrojando resultados del nombre específico del color encontrado. La segunda prueba es Delta E, para denominar las características cromáticas en cuanto a brillo, saturación y tono de ambos tipos de pinturas.

Posteriormente, aunado a la cualidad cromática, el brillo está ligado con esta característica. La medición se realizará con el fin de analizar y definir de manera más específica la característica de color, debido a que el nivel de brillo puede afectar el color aparente. De esta manera se podrán medir ambas, conocer su relación, y sobre todo el comportamiento de las muestras en relación de ambas.

El propósito a evaluar en la relación color e intensidad, es la modificación de la cromática de la superficie bajo los diferentes tipos de radiación e intensidad. Conociendo esta relación se podrá definir cambios

importantes superficiales e intrínsecos de la cromática, así como reacciones que evaluarán el desempeño, concretando resultados sobre el cambio cromático de las superficies en exteriores, a corto y mediano plazo.

Para un recubrimiento externo además de la importancia de reacción ante la radiación solar, es importante su reacción ante la presencia de humedad. En este caso al ser un material de uso exterior esta característica se relaciona directamente con la caída de agua de lluvia así como de la humedad exterior. Por lo tanto el conocer la capacidad del material para desplazar el agua en su superficie, este desplazamiento deriva a una capacidad hidrofóbica o hidrófila, este desplazamiento es medido con la prueba de Ángulo de Contacto. El ángulo de contacto o de humectación se refiere al ángulo formado en la superficie de un líquido al entrar en contacto con un sólido. Al conocer esta característica sabremos que característica hidrofóbica tiene el material, por un lado al ser baja ( $0-30^\circ$ ) permite permeabilidad y deterioro superficial e interno directo del material.

La permeabilidad está ligada al Angulo de contacto del material, debido a que es consecuente de la misma, es decir una superficie que tiene un nivel alto de Angulo de contacto es capaz de desplazar mejor los líquidos, por lo tanto es menos probable que la humedad se estanque, por consiguiente la superficie permanece seca e incluso menos sucia al no estancarse el líquido con otras partículas. Sin embargo al no existir esto la humedad se acumula filtrando poco a poco el material, desembocando a un daño en su estructura interna.

En conclusión no se puede buscar una mejora en recubrimiento sin analizar estas dos características. Por lo tanto el ángulo obtenido en la prueba definirá las necesidades de mejora de esta propiedad en las muestras.

Las características de rugosidad determinan el desempeño de un material, su dureza e adhesión están ligadas a esta característica. La rugosidad será medida en micrómetros, este resultado nos dará a calidad de la superficie, en este caso se busca que la rugosidad se baja para una mejor calidad del material en cuanto a la hidrofobia y al cromática.

Por ultimo en la caracterización física, están la propiedad de dureza y adhesión, esta última se define a través de pruebas destructivas para medir la fortaleza del material en su unión. Entre más rugoso sea un material también existe una mayor adhesión, lo contrario a lo anterior.

Con estas dos pruebas se obtiene información de las cualidades mecánicas del recubrimiento con y sin envejecimiento, para así definir un buen o mal trabajo mecánico después de la colocación.

En la siguiente tabla se resumen las variables a estudiar en método siguiente, para tener los resultados de sobre el **Análisis de Pinturas para la Construcción contra la Radiación Solar: Caracterización Cromática y Física.**

**Tabla 2. 7 Variables de la Investigación**

<b>Variables a Evaluar en la Experimentación</b>	
Tipo de pintura	Pintura Ecológica Acrílica
Tipo de pintura	Pintura Contra Rayos UV Vinil- acrílica
Radiación	Envejecimiento Artificial
Radiación	Envejecimiento Natural
Color	<b>Descoloramiento</b>
Color	<b>Intensidad/ Brillo</b>
Hidrofobia	<b>Permeabilidad</b>
	<b>Rugosidad</b>
	<b>Dureza - Adhesión</b>

Una vez completadas todas las pruebas anteriores, se hará una comparativa final de funcionamiento de ambas pinturas bajo las diferentes pruebas sobre las diferentes variables analizadas. Esto conllevará a una síntesis del trabajo realizado de ambas pinturas bajo ambos envejecimientos, logrando de esta manera subrayar las fallas y aciertos para la propuesta de un funcionamiento mejorable basado en la cualidad del manejo de la radiación solar, humedad, permeabilidad y cromática realizado por las hojas de las plantas de manera natural.

A partir del Análisis Comparativo, se plantea como posible solución a los defectos del material y hacia una semejanza con el medio natural, con lo cual se elaborará una propuesta con los resultados de la etapa de experimentación, para de esa manera concluir con el presente trabajo.

## 2.4 MEDIOS DE ANÁLISIS

Para la regulación de estos análisis, se han integrado las reglamentaciones establecidas para este tipo de pruebas, una de estas es la norma de estandarización de la ISO 11431 (2004) con el nombre de: **Paint and varnishes – Artificial weathering and exposure to artificial radiation- exposure to filtered xenón-arc radiation** (Pintura y barnices – daños climáticos artificiales y exposición artificial de radiación solar- Exposición a radiación por el medio de Arco de Xenón) donde establece las normativas para tipos de pruebas de exposición a radiación artificial, así como establece otros criterios para las muestras, análisis son factores climatológicos y la evaluación de resultados. Estos puntos se relacionaran con cada uno de las partes de la experimentación a realizar.

A continuación se expondrán los análisis y equipos escogidos para conformar ambas partes de la experimentación, y sus etapas: Envejecimiento y Caracterización Cromática y Física.

### 2.4.1 Medios de Envejecimiento: Natural y Artificial

La luz solar es un factor importante en el deterioro de los recubrimientos. Los test de aceleramiento climático usan una variedad de fuentes de luz para simular la luz solar y los daños causados por la misma. Las mediciones espectro radiométricas de comparación de la luz solar y los diferentes tipos de pruebas de laboratorio muestran una amplia variedad del espectro UV. Estas mediciones enfatizan las ventajas y desventajas del uso de la aceleración. Las fuentes de aceleración son las siguientes cámaras de Simulaciones de Degradación Artificial:

- **Cámara de Lámparas Fluorescentes UV**

La luz fluorescente UV simula el efecto de la luz solar con lámparas ultravioletas fluorescentes, simultáneamente la lluvia y el rocío son simulados por la condensación de la humedad luz UV sólo contribuye en un 5 % al total de la luz solar, pero es responsable de la mayoría de la degradación en los polímeros. A menudo, los materiales pueden ser ensayados con equipamientos que simulan únicamente las longitudes de onda más cortas (luz UV).



Fig.2. 5 Cámara de Lámparas UV

Al finalizar estos análisis se realizará una evaluación de funcionamiento de las pinturas tipo sobre todo haciendo enfoque especial a la pintura fotosensible, para así concluir con esta primera parte del análisis. Como parte de estas pruebas que se realizarán a las muestras, también formará parte un paquete de muestras que serán colocados a envejecimiento natural.

## 2.4.2 Medios de Análisis Cromático

El principal comportamiento de las películas de pintura a evaluar será el de su propiedad cromática, esto para evaluar la calidad del mismo, y posteriormente revisar su comportamiento ante la radiación de luz visible. Este aspecto es en el que diferenciará las pinturas puesto que no todas tendrán el mismo comportamiento, el color es el parámetro subjetivo para la caracterización visual de los recubrimientos.

### Pantone

Es un sistema para ubicar, coincidir y referir colores específicos para resolver el conflicto de coincidencias de color. El sistema fue inicialmente diseñado para la industria de artes gráficas. El problema de coincidencia de color llevó a la creación del SISTEMA DE COINCIDENCIA® PANTONE®. Éste es una colección de tarjetas que organizan colores y tonos en un libro del tipo abanico.

Los colores Pantone son utilizados en gráficos, pinturas, arquitectura, moda, decoración y otras industrias.



Fig.2. 6 Pantone TEST

## Delta E

Esta prueba se realiza para conocer las cualidades cromáticas de una superficie, y de esta manera evaluar la diferencia entre muestras de colores con los valores conocidos como  $L^*$   $a^*$   $b^*$  donde  $L^*$  es luminosidad,  $a^*$  es el valor de rojo a verde y  $b^*$ . En la figura 2.7 se observa los valores de las coordenadas de  $a^*$  (horizontal) y  $b^*$  (vertical). Este método evalúa la diferencia entre dos colores, se realiza midiendo ambas muestras primero en un espectrofotómetro, y en coordenadas Lab. Posteriormente se calcula con una fórmula matemática la diferencia de color llamada Delta E ( $\Delta E$ ). Con esta prueba se conoce exactamente la variación de color entre las muestras envejecidas y no envejecidas, así como en los tipos de envejecimiento.

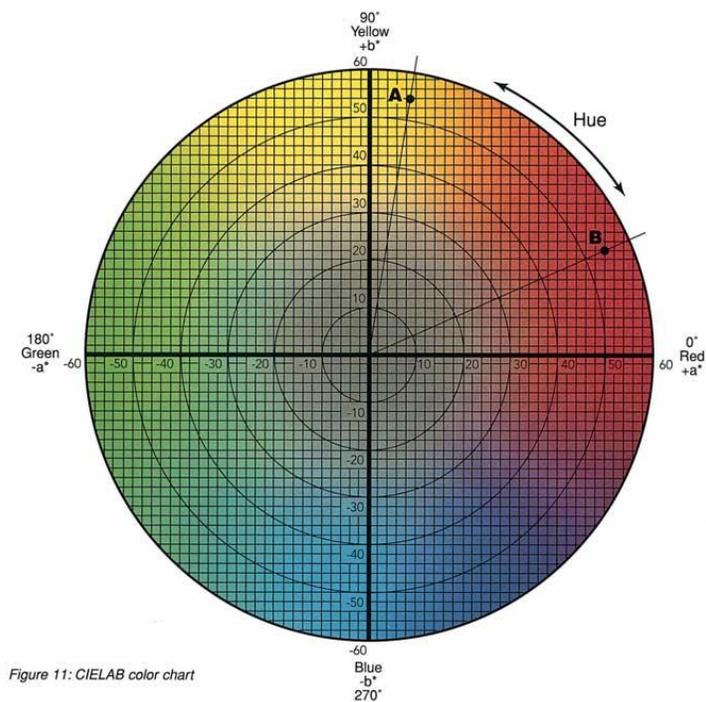


Fig.2. 7 Coordenadas DELTA E

### 2.4.3 Análisis de Propiedad Físico- Mecánicas

Los recubrimientos son definidos como mezclas de varios materiales, en el caso de las pinturas de cuatro propiedades: Resinas, Pigmentos, Solventes y Aditivos. En esta investigación se evaluarán las siguientes propiedades mecánicas en recubrimientos.

#### A. Rugosidad

Se define como el conjunto de irregularidades dentro de una superficie. Esta cualidad depende de su acabado superficial, las irregularidades pueden tener dos diferentes tipos de escala mayor o menor. En este trabajo se utilizará la de escala menor donde se analizan los errores en ondulación y rugosidad de la misma



Fig.2. 8 Rugosímetro

Esta propiedad será medida con un rugosímetro, el cual es un aparato que mide la micro irregularidad de las superficies, medido en micrómetros ( $1\text{micra} = 1\ \mu\text{m} = 0,000001\ \text{m} = 0,001\ \text{mm}$ ).

#### B. Adhesión

La adhesión es la propiedad de la materia por la cual se unen y plasman dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, y se mantienen juntas por fuerzas intermoleculares. La cohesión es distinta de la adhesión. La cohesión es la fuerza de atracción entre partículas adyacentes dentro de un mismo cuerpo, mientras que la adhesión es la interacción entre las superficies de distintos cuerpos.

La adhesión ha jugado un papel muy importante en muchos aspectos de las técnicas de construcción tradicionales.

En este caso será medida a través del TAPE Test. El cual consiste en el corte por medio de navajas especiales sobre la superficie del material, para posteriormente la aplicación de tela adhesiva. Con esto se mide la cantidad de recubrimiento separado del sustrato. El equipo es el ECOMETER tape test (Fig. 2.9)



Fig.2. 9 Equipo para realizar Tape Test

### C. Brillo

Las pinturas pueden tener diferentes niveles de brillo, lo que corresponde a los diferentes tipos de reflexión. Esta característica les da incluso una categoría en nombre como: mate, semamate o satinado. Este nivel de brillo es determinado a través de la reflexión de luz angular en una superficie siendo medida por un brillo metro. El brillo metro es un instrumento que mide la reflexión especular de una superficie, esto lo realiza proyectando un rayo de luz con una intensidad fija con dirección y ángulo, inmediatamente se mide la cantidad de luz reflejada en la dirección opuesta. Para esta prueba se utilizará el brillo metro portátil Zehnter ZGM 1020 a  $60^\circ$ .



Fig.2. 10 Brillosímetro

### D. Humectación

La capacidad física de las moléculas de una superficie de repeler el agua se llama hidrofobia, y en la capacidad contraria se llama hidrofilia. Estas capacidades son medidas por medio del ángulo de contacto, el cual se refiere al ángulo que forma una gota de agua al entrar en contacto con una superficie, el valor del ángulo define la capacidad hidrofóbica de la superficie, es decir también el grado de humectación que tiene este. En la figura 2.12 se observa dos diferentes tipos de ángulos, en el ángulo "a" este es mayor a  $90^\circ$  por lo tanto es considerado una superficie hidrofóbica, al contrario del ángulo "a" es menor a  $90^\circ$ , por lo tanto entre más bajo sea el ángulo su humectación aumenta.

Esta característica física de las pinturas será medida a través de un aparato que mide el ángulo de contacto que tiene una superficie, dejando caer una gota de agua y posteriormente medir el ángulo de contacto.

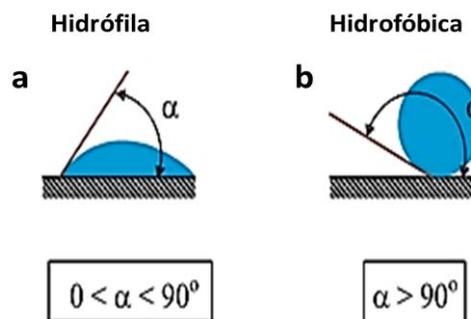


Fig.2. 11 Ángulo de Contacto

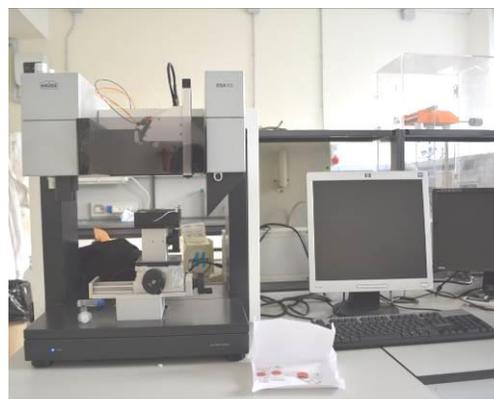


Fig.2. 12 . Instrumento de Medición de ángulo de contacto. ZUUR DSA 100

### 2.1.2 Programa de Experimentación

La siguiente de experimentación ha sido diseñada de acuerdo a las normativas de pruebas a pinturas, los laboratorios a usar son dos, el primero dentro del CECIM (Centro de caracterización e investigación de Materiales) ubicado en estado de Morelos, México donde se llevara a cabo la etapa de Envejecimiento, y el análisis fisicoquímico se realizara en los laboratorios del Departamento de Ciencias Aplicadas y Tecnología en la ciudad de Torino, Italia. Ambas etapas a realizar se dividen en las siguientes fases:

- **Fase 1: Preparación de Muestras**
- **Fase 2: Envejecimiento Artificial Acelerado y Natural**
- **Fase 3: Caracterización Cromática- Fisica**
- **Fase 4 : Evaluación de Resultados**

## 2.5 CONCLUSIÓN

Las cualidades de un recubrimiento están directamente relacionadas con la cromática del mismo. La duración de esta cualidad es base de un buen funcionamiento, la investigación se enfoca en esta cualidad, con base a su importancia arquitectónica, visual, psicológica entre otras. Siendo así, la característica importante de evaluar, esta propiedad nos indicara los cambios a primera estancia en el material evaluado. La característica importante en su evaluación es el descoloramiento o la perdida de intensidad del color.

En conclusión, se definen las características de las muestras a evaluar durante el proceso de experimentación, estas se resumen en dos tipos de pintura vinílica sobre dos tipos de superficie, vidrio y mortero. La característica principal a evaluar de las pinturas es el trabajo desempeñado como recubrimiento cromático en fachadas contra los daños de radiación solar e interperismo en el caso de la radiación natural. Las muestras de pinturas se dividieron en grupos, para ser sometidas bajo envejecimiento natural y artificial, este ultimo de dos tipos: Radiación Xenón y Radiación UV. En el siguiente capítulo se exponen los resultados de la experimentación denominada: **Análisis de Pinturas para la Construcción contra la Radiación Solar: Caracterización Físico Cromática**

### CAPITULO 3.

# CARACTERIZACIÓN FÍSICO CROMÁTICA DE LA PINTURA

Una vez establecidas el método a utilizar en la experimentación, se llevaron a cabo cada una de las pruebas correspondientes, los resultados se presentan a continuación por tipo de análisis y prueba, dividiendo cada uno por tipo de muestra evaluada, es decir se exponen abiertamente los resultados divididos por prueba para comprender cada una de las pruebas realizadas y resultados en detalle para posteriormente realizar la comparativa deseada en la definición de la pintura con mejor respuesta ante la experimentación realizada, esta se dividirá por tipo de análisis en general el físico y cromático. En los presentes resultados se hace una comparativa entre los resultados obtenidos en cada tipo de envejecimiento, con énfasis a la radiación Ultravioleta, la comparativa se presenta en gráficas y tablas para su fácil lectura.

En particular, en lo que corresponde al cambio cromático, al ser el propósito del estudio, se realiza una comparativa con un método para conocer la pérdida cromática de las muestras en general, posterior al envejecimiento.

Se menciona que al terminar las pruebas, se define que las muestras sobre concreto no podían ser evaluadas de la misma manera que las pruebas realizadas sobre vidrio, por varias de las normativas utilizadas en las pruebas; sin embargo, el propósito de este cambio de base se mencionó anteriormente, se realizó para comprender las respuestas de acuerdo al método de uso local del material en los procesos constructivos en México, por lo que a partir de los resultados obtenidos en las pruebas de caracterización cromática se ha realizado con el mismo método para entender su comportamiento posterior al envejecimiento de dichas pruebas.

Al final del capítulo se cierra con una serie de conclusiones sobre los aspectos analizados, definiendo cual pintura es la que obtiene mejor respuesta a cada una de las pruebas, definiendo también el porcentaje de daño causado por la radiación solar, en lo particular a la Ultravioleta, así como de la pérdida cromática y las demás respuestas obtenidas por el recubrimiento.

### 3.1 RESULTADOS DE ENVEJECIMIENTO.

La información obtenida a consecuencia de los envejecimientos de las muestras, será la herramienta principal para comprender mejor su funcionamiento, siendo esto base primordial para la comparativa entre el medio natural y el artificial. Esta comparativa remarcará las deficiencias de las pinturas convencionales, dando el criterio para fundamentar las propuestas de solución y mejora de su funcionamiento en contra al envejecimiento por radiación solar. Las muestras se sometieron a tres tipos de envejecimiento, el natural y dos artificiales.

El envejecimiento natural fue realizado en un azotea en la Ciudad de México con orientación sur a 45 ° de acuerdo a Atlas Materials Testign Solutions, 2001. en un espacio libre de obstáculos, iniciando el día 1 de Junio del 2014 concluyendo el 1 de Septiembre, con lo que se obtienen **3 meses, estos meses son considerados en la época del verano, por lo que el asoleamiento tiene un rango aproximado de 13 horas diarias, es decir de las 7:00 am a las 20:00 pm: por lo tanto se considera 3 meses = 1170 hrs. Aproximadas** de radiación natural con las características del clima de la ciudad.

En lo que se refiere al envejecimiento artificial, el envejecimiento ha tenido una duración de 720 hrs. De **2016** acuerdo a Weathering Testing Guidebook (2001) la equivalencia del envejecimiento artificial al envejecimiento natural por un año es de 1200 horas de exposición. Por lo tanto haciendo relación con este argumento las **720 horas** de exposición equivalen a **219** días de exposición natural, o bien 7 meses con 9 días.

En la tabla 3.1 se exponen las muestras finales sometidas a envejecimiento artificial y natural. El número de muestras envejecidas obtenidas será distribuido en el número de pruebas a realizar, con un total de 40 muestras envejecidas. Al igual que los tiempos de exposición obtenidos.

Tabla 3. 1 Total de Muestras Envejecidas

Nombre	Xenon	Tiempo ( hrs)	UV	Tiempo ( hrs)	Natural	Tiempo ( hrs)
PEX-a*	-	-	6	720	2	1170
PEX-b*	3	720	6	720	2	1170
PECO-a	-		6	720	3	1170
PECO- b	3	720	6	720	3	1170
Total	6		24		10	
<b>Total de muestras envejecidas</b>	<b>40</b>					
a* = Vidrio b*= Mortero						

Posterior al envejecimiento, cabe mencionar que las muestras se denominaran de acuerdo al tipo de pintura, realización, y envejecimiento para todo uso posterior. (Ejemplo: **PEXa-UV 1**). A continuación se exponen de resultados de los análisis realizados, por tipo de pintura, para posteriormente concluir con la comparativa de resultados.

Las horas de envejecimiento servirán para realizar una relación entre el descoloramiento por unidad de tiempo, es decir se relacionará la cantidad de horas con la disminución o cambios encontrados en las muestras durante las pruebas de cromática.

## 3.2 RESULTADOS EN CROMÁTICA

La cromática de las muestras tiene dos tipos de evaluaciones a realizar una cualitativa por medio de observación y la otra de medición cuantitativa.

En cuanto corresponde al análisis cualitativo de las muestras, se menciona que las muestras de tipo Envejecimiento Natural muestran cambios visualmente notorios al resto de las muestras. En la Figura 3.1 se observa que después de haber concluido el tiempo de envejecimiento natural, la superficie muestra manchas grisáceas en casi toda la superficie de la muestra. Este fenómeno se presentó en ambos tipos de muestras **PEX Y PECO**.

Esto demuestra a simple vista el deterioro externo, los recubrimientos están sometidos a más factores, exigiendo un mejor trabajo.

En cuanto a las muestras sometidas al envejecimiento artificial, como muestra la figura 3.2 el cambio es menos perceptible, sin embargo existe un cambio en su textura, la cual presenta pequeñas formaciones circulares en la superficie.

A continuación se exponen los resultados del análisis cromático por medio de pruebas sistematizadas con la utilización del equipamiento anteriormente mencionado, de esta manera conocer a profundidad los cambios en las muestras, para posteriormente compararlos.



Fig. 3.1 Resultado Cromático Posterior al Envejecimiento Natural

### 3.2.1 PANTONE

Las pruebas cromáticas han sido realizadas en todas las muestras, independientemente del tipo. La prueba PANTONE realizada en las muestras sometidas a envejecimiento artificial, antes del envejecimiento artificial, y posterior al envejecimiento de las mismas. Los resultados de la prueba es la caracterización de la

nomenclatura del color medido. En la siguiente tabla muestra los resultados conseguidos previa y posteriormente al envejecimiento artificial de las muestras tipo PEX.

Tabla 3.2 Resultados de Prueba PANTONE muestras PEX.

Sample	Pantone Code Sin Envejecimiento	Pantone Code Envejecimiento UV	Pantone Code Envejecimiento XE
PEX a	75.24 C	PQ 18-1433TCX 7.5R 4/6 MUNSELL PQ 181451 18- 1434 ETRSUCAN RED 18-1350 BURNT BRICK	-----
PEX b	75.24 C 75.93 C	7.5R 4/6 MUNSELL P-50-14C P.54-14C 18- 1434 ETRSUCAN 18-1443 AUBURN	7.5R 4/6 MUNSELL P 47-6C

En la primera columna se define el tipo de muestra, las posteriores columnas se dividen en los resultados obtenidos sin envejecimiento, con envejecimiento UV y XE. En la columna dos se obtuvieron resultados iguales en cada una de las muestras, por lo tanto solo se toma en cuenta una nomenclatura general: **75.24 C** (con un solo caso donde se observa una medición diferente).

Sin embargo, en las mediciones de muestras sometidas a envejecimiento UV se obtuvieron resultados diversos en cada uno de los tipos de muestras. Los resultados de las muestras PEX-UV tuvieron un mayor número de variaciones, con 5 tipos de nomenclaturas diferentes cada una, y en general las mediciones en ambos tipos de muestras (con y sin mortero) obtuvieron un total de 8 nomenclaturas en las 12 muestras.

Tabla 3.3 Resultados de Prueba PANTONE muestras PECO.

Tipo Muestra	PANTONE Code Sin Envejecimiento	PANTONE Code Envejecimiento UV	PANTONE Code Envejecimiento XE
PECO a	75.24 C	7.5R 4/6 MUNSELL 18- 1434 ETRSUCAN 18-1350 BURNT BRICK	-----
PECO b	75.24 C	18- 1434 ETRSUCAN 7.5R 4/6 MUNSELL 18-1443 AUBURN	7.5R 4/6 MUNSELL 10R 4/6 MUNSELL

Por otra parte los resultados de las muestras **PECO-UV** variaron en 3 tipos de nomenclaturas cada uno, en total solo 3 c

Los resultados de los cambios cromáticos obtenidos mediante la prueba PANTONE posteriores al Envejecimiento UV muestran en primera una diferencia de respuesta ante el tipo de radiación, por una parte se observa una mejor respuesta a la radiación UV por parte de la pintura PECO, con menores variaciones en cuanto

al cambio de color entre las muestras. Por otro lado las muestras PEX, a pesar de tener la característica de resistencia a este tipo de radiación mostraron un mayor cambio de cromática en sus muestras.

En cuanto a los resultados del envejecimiento XENON, se observan menos cambios debido al menor número de muestras. Las muestras PEXb- XE muestran dos variaciones de medición, al igual que las muestras de tipo PECOb- XE. En ambos casos se presentaron nomenclaturas similares a las de la radiación UV.

### 3.2.2 DELTA E

Las mediciones realizadas con esta prueba se dividirán en dos, debido a la exactitud; esto parte porque el instrumento de medición debe tener contacto completo con el objeto para que la reflexión se logre dentro del rango de medición del equipo, por lo tanto en las muestras con base en vidrio cumplen con este aspecto, mientras que las pruebas de mortero carecen de esta cualidad al ser altamente rugosas. Sin embargo se han realizado ambas mediciones, que serán analizadas a continuación.

Las mediciones cromáticas de este tipo han sido realizadas con un espectrofotómetro MINOLTA CM- 508d (Fig. 3.2), que utiliza la reflexión difusa. La medición se realiza en un área circular de 8 mm de diámetro, cubriendo completamente las muestras. Con esto se evaluara los cambios de color en cada uno de los tipos de muestras.



Fig. 3. 2 DELTA E espectrofotómetro MINOLTA CM- 508d

Las mediciones **DELTA E ( $\Delta E$ )** sobre las muestras en vidrio, fueron realizadas de la siguiente manera, se tomaron 5 muestras (las de mejor apariencia) en los casos de mayor existencia, y las muestras escasas. La prueba se realiza en la parte más homogénea de la muestra, posteriormente el aparato mide los tres aspecto **L\*a\*b\*** (**L= luminosidad, a= Rango Rojo/Verde, b= Rango Amarillo/ Azul**), datos que son expresados en la siguientes tablas.

La prueba DELTA E arroja las coordenadas del color medido, en estas coordenadas se recuerda en este punto que entre mayor sea el número de la coordenada el color tiene propiedades más nítidas en cualquiera de las tres mediaciones **L\*a\*b\***, por lo que una disminución de estos valores se entiende como un cambio intensidad, de brillo y calidad de color

En las tablas se observan las mediciones realizadas por tipo de muestra basado en el tipo de envejecimiento. Posteriormente la media obtenida de los resultados de cada uno de los valores de **L\*a\*b\***, a esto se le toma en cuenta un margen de error. A partir de este se genera un valor máximo y mínimo; a partir de estos se realizara la comparativa y analizaran los resultados. La presentación de resultados será por tipo de muestra y base, para concluir con una comparativa de resultados de ambas pinturas.

### 3.2.2.1 DELTA E en Muestras PEX

Los resultados a evaluar a continuación son los obtenidos en las muestras **PEX** Tipo a\* (vidrio) y b\*(mortero). La tabla 3.4 muestra los resultados obtenidos en **PEX a**. Las muestras no envejecidas claramente son las que presentan valores más altos, por otra parte las muestras **PEX-Natural** son las que obtuvieron valores más bajos en los valores L\*a\* b\*.

Tabla 3.4 Resultados DELTA E PEX a (vidrio)

#	$\Delta E$ PEX a								
	NOT AGED			UV - AGED			NATURAL AGED		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	47.69	34.04	24.66	47.05	32.31	23.47	46.16	27.49	20.29
2	47.2	32.62	23.6	47.12	32.24	23.43	46.13	27.3	20.28
3	45.77	33.33	23.7	46.79	32.18	23.35			
4	47.54	33.8	24.6	46.99	32.22	23.36			
5	47.12	32.77	23.67	47.05	32.17	23.17			
<b>Media</b>	<b>47.06</b>	<b>33.31</b>	<b>24.05</b>	<b>47.00</b>	<b>32.22</b>	<b>23.36</b>	<b>46.15</b>	<b>27.40</b>	<b>20.29</b>
Rango de error	0.76	0.62	0.53	0.13	0.06	0.12	0.02	0.13	0.01

En las siguientes gráficas se presentan las mediciones por tipo de muestra, Not Aged, UV- Aged y Natural Aged; se observa en la barra color gris los resultados de las muestras no envejecidas, en color morado los resultados de envejecimiento UV, y en color verde las muestras de envejecimiento natural; también se observan los rangos de error obtenidos. La gráfica siguiente representa los datos de luminosidad.

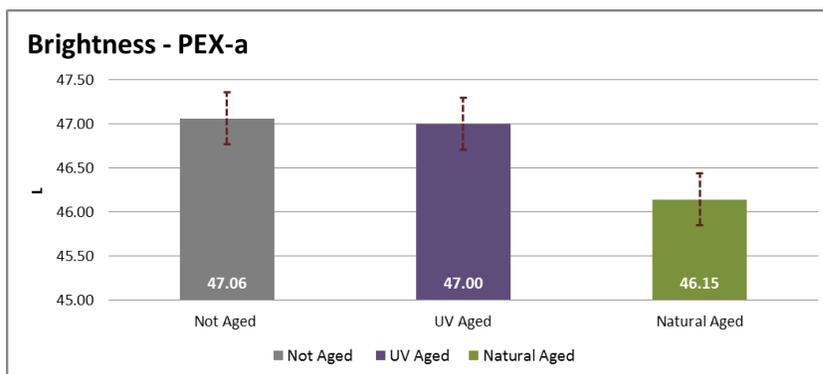


Fig. 3.3 Resultados de Luminosidad – PEXa . DELTA E test

En los resultados de Luminosidad ( Fig. 3.3) , la tendencia de la diferencia es de hasta un máximo de - 1.6 L\* en **PEXa- Natural** y de -0.60 L\* en las **PEXa - UV**. La luminosidad se pierde de una manera uniforme al externo natural, en este ambiente afecta directamente los otros factores de la interperie, en especial la lluvia.

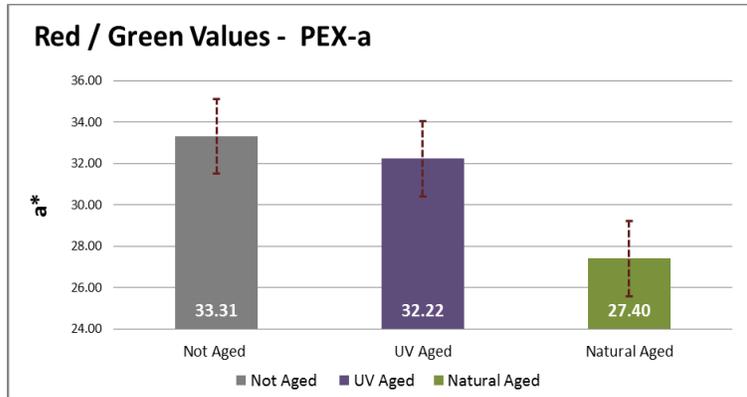


Fig. 3. 4 Resultados a\* - PEX. . DELTA E test

En los aspectos de cromática, la pintura posee un color rojo por lo tanto los resultados de esta gama se muestran mayores en el ambito de Rojo / Verde. En la figura 3.5 se observa de manera muy visible la perdida de valores en las mediciones en muestra envejecidas, con una diferencia de  $-4 L^*$ .

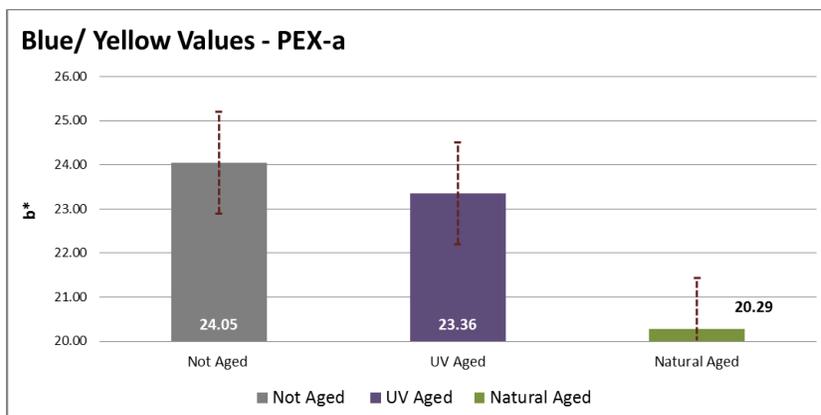


Fig. 3. 5 Resultados b\*- AE DELTA E Test

Las mediciones en las muestras sobre concreto arrojan resultados que son considerados de menor exactitud de acuerdo a la normativa, debido a que el tipo de muestras no tiene un criterio de medición exacto. Estos están colocados en la siguientes tablas con la misma representación a la anterior, de acuerdo a ambos tipos de pinturas, en este caso se suma un tipo de envejecimiento en las mediciones, el de tipo XE (xenón). Este tipo de mediciones se presenta, por la importancia de los resultados sobre material de tipo regional.

Tabla 3.5 DELTA E PEX b (mortero)

PEX	$\Delta E$ PEX b											
	NOT AGED			UV - AGED			XE - AGED			NATURAL AGED		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
1	46.14	31.19	22.54	47.43	31.58	22.85	46.24	30.87	22.2	48.52	24.93	17.27
2	47.09	32.18	23.28	47.15	31.23	22.45	45.28	30.26	21.12	47.36	23.85	15.21
3	47.06	31.51	22.89	46.51	30.93	22.21	45.87	30.78	22.42	47.78	25.72	17.23
4	47.03	31.9	22.85	47.09	31.43	22.7				44.27	26.69	18.96
<b>Media</b>	<b>46.83</b>	<b>31.70</b>	<b>22.89</b>	<b>47.05</b>	<b>31.29</b>	<b>22.55</b>	<b>45.80</b>	<b>30.64</b>	<b>21.91</b>	<b>46.98</b>	<b>25.30</b>	<b>17.17</b>
Rango de error	0.46	0.43	0.30	0.39	0.28	0.28	0.48	0.33	0.70	1.87	1.20	1.53

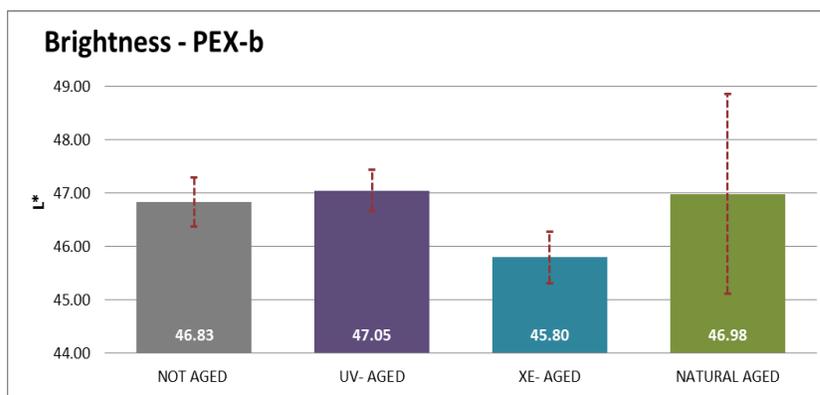


Fig. 3. 6 Resultados de Luminosidad en Pintura PEX base mortero DELTA E test.

En cuanto a las mediciones no envejecidas se obtuvo una disminución de luminosidad en aquellas sometidas a envejecimiento XE. Los resultados más sobresalientes son en la parte de las muestras PEX-NATURAL, estas con un mayor rango de error en los resultados presentaron un ligero aumento de la propiedad de brillo en sus mediciones. (Fig. 3.6)

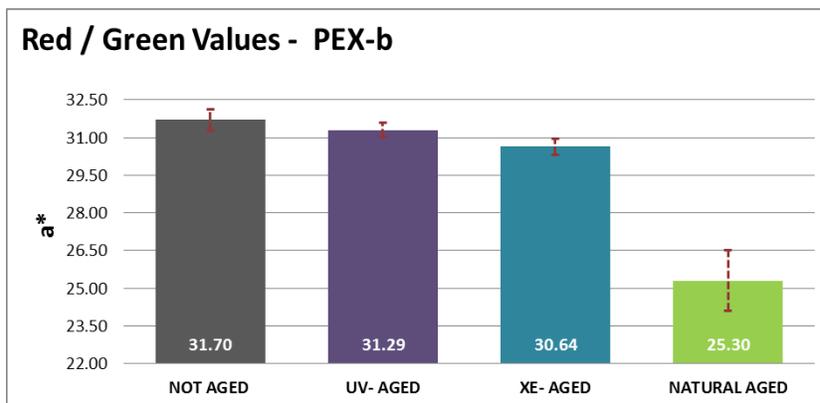


Fig. 3 7 Resultados de rango Rojo - Verde en Pintura PEX base mortero. DELTA E test.

En los valores a \* ( Fig. 3.7) la disminución de rango fue de hasta – 8 puntos, en las muestras AE-Natural, la disminución de resultados es observada en cada uno de los tipos de envejecimiento, las muestras AE-UV son las menos dañadas. El resultado de b\* tienen el mismo comportamiento que el anterior. (Fig.38)

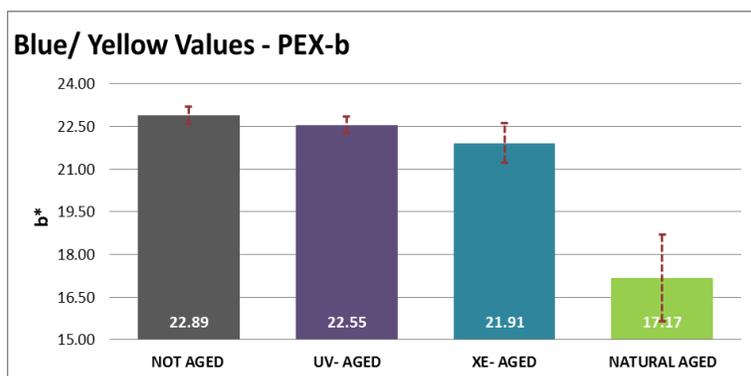


Fig. 3.8 Resultados de rango Azul-Amarillo en Pintura PEX base mortero. DELTA E test.

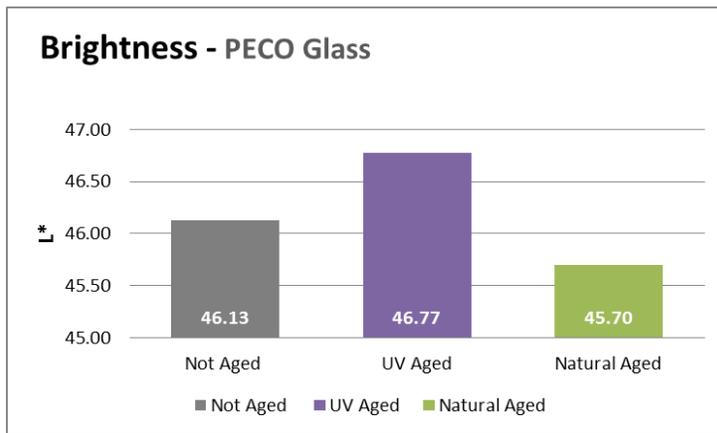
### 3.2.2.2 DELTA E en Muestras PECO

Los resultados de la Pintura Ecológica (PECO) se muestran en las siguientes graficas y tablas.

Tabla 3. 6 Resumen resultados DELTA E en Pintura Ecológica

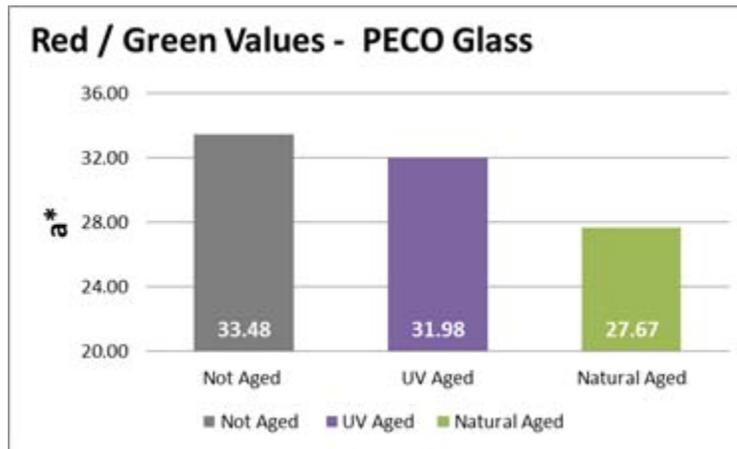
<b>ΔE PECO GLASS</b>									
	<b>NOT AGED</b>			<b>UV - AGED</b>			<b>NATURAL AGED</b>		
<b>PECO</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>b</b>	<b>L</b>	<b>A</b>	<b>b</b>
1	47.33	33.16	23.88	46.8	31.65	24.41	45.59	27.46	19.53
2	46.01	33.52	23.73	46.95	31.85	24.57	45.8	27.87	19.66
3	45.72	33.5	23.95	46.94	32.1	24.9			
4	45.71	33.51	23.86	46.65	32.1	24.66			
5	45.89	33.71	23.04	46.53	32.19	24.72			
<b>Media</b>	<b>46.13</b>	<b>33.48</b>	<b>23.69</b>	<b>46.77</b>	<b>31.98</b>	<b>24.65</b>	<b>45.70</b>	<b>27.67</b>	<b>19.60</b>
Rango de error	0.77	0.20	0.37	0.18	0.22	0.18	0.15	0.29	0.09

En el aspecto del brillo las muestras PECO muestran un cambio de maximo – 1 L\* contra las muestras de envejecimiento Natural. Las muestras PECO-UV muestran de manera contraria resultados con un **aumento en la luminosidad de + 0.64 L\***.( Fig.3.9 )



**Fig. 3. 9** Resultados de luminosidad en Pintura PECO base vidrio. DELTA E test.

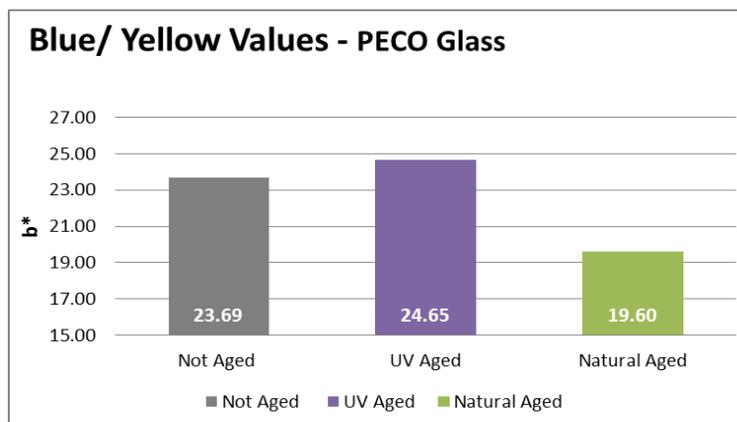
Los valores cromaticos de este tipo de muestras se representan en las siguientes gráficas, donde se observa una disminución del aspecto  $a^*$  en PECO- UV con un valor de 31.98, y en PECO- NATURAL de 27.67, por lo tanto la diferencia llega a ser mayor al  $-5 a^*$  en comparativa con las no envejecidas. (Fig.3.10)



**Fig. 3. 10** Resultados en rangos rojo/ verde en Pintura PECO base vidrio.

DELTA E test.

Por otra parte en el rango  $b^*$  se obtuvo un comportamiento extraño al tener un aumento en las mediciones de PECO-UV en comparativa de las no envejecidas. Las PECO- NATURAL mostraron una disminución de  $-4 b^*$  (fig.3.11).



**Fig. 3. 11** Resultados en rangos azul/amarillo en Pintura PECO base vidrio. DELTA E test.

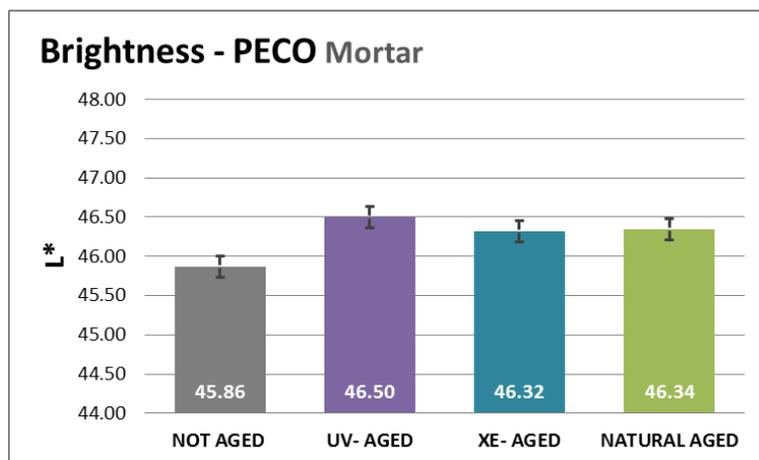
Tabla

### 3. 7 Resumen resultados DELTA E en Pintura Ecológica

<b>ΔE PECO MORTAR</b>												
	<b>NOT AGED</b>			<b>UV - AGED</b>			<b>XE - AGED</b>			<b>NATURAL AGED</b>		
<b>PECO</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
1	46.07	30.65	21.14	47.27	30.6	21.59	46.54	29.81	21.01	45.73	26.93	20.01
2	45.07	30.16	20.93	46.99	30.53	21.66	46.38	30.15	21.12	45.27	26.75	19.43
3	46.13	30.89	21.59	45.85	29.9	20.76	46.03	30.48	21.48	48.02	27.45	18.75
4	46.18	30.45	20.97	45.88	29.88	20.84						
<b>Media</b>	<b>45.86</b>	<b>30.54</b>	<b>21.16</b>	<b>46.50</b>	<b>30.23</b>	<b>21.21</b>	<b>46.32</b>	<b>30.15</b>	<b>21.20</b>	<b>46.34</b>	<b>27.04</b>	<b>19.40</b>
Rango de error	0.53	0.31	0.30	0.74	0.39	0.48	0.26	0.34	0.25	1.47	0.36	0.63

En la tabla anterior se presenta el resumen de resultados obtenidos en la pintura PECO en sus muestras sobre mortero (PECO b) en esta tabla se suma los resultados con envejecimiento Xenón.

En el aspecto de Luminosidad, se presenta un comportamiento similar que en las muestras anteriores, con un ligero aumento de esta característica en las muestras BE- Natural (Fig. 37). Sin embargo a diferencia de la anterior este ligero aumento se observa de igual manera en las demás muestras, estos resultados se mantienen con menor rango de diferencia entre uno con en otro.

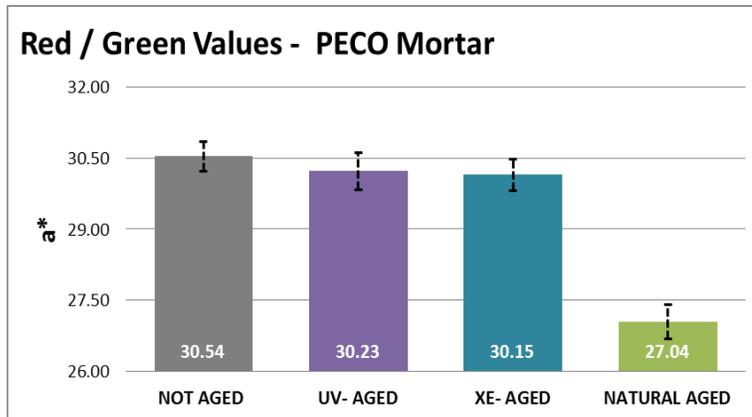


En las siguientes mediciones, se muestra un comportamiento prácticamente invariable en cuanto la resistencia de color sobre la superficie, de nuevo se observa un cambio mayor en aquellas expuestas al envejecimiento externo.

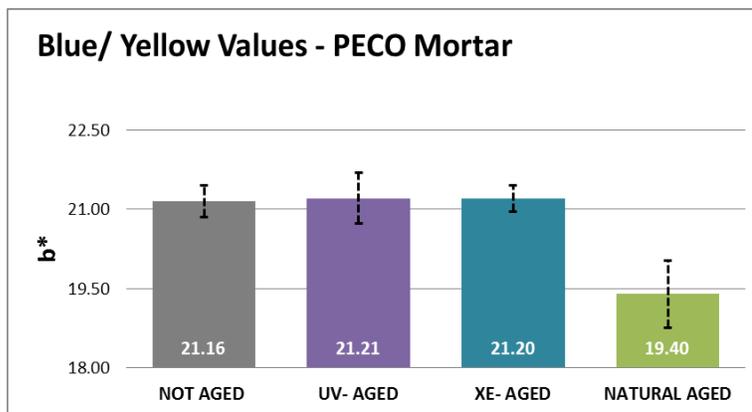
Fig. 3. 12 Resultados de luminosidad en Pintura PECO base mortero. DELTA E test.

En ambos rangos como muestran las siguientes gráficas (Fig. 3.12) se aprecia la disminución en los cuatro tipos de envejecimiento, y el notorio comportamiento obtenido en las muestras de envejecimiento natural.

Los rangos de error en estas mediciones fueron menores, lo que hace notar un trabajo uniforme de la pintura en las pruebas realizadas.



**Fig.3.13** Resultados en rangos rojo/ verde en Pintura PECO base mortero. DELTA E test.



**Fig.3.14** Resultados en rangos azul/amarillo en Pintura PECO base mortero. DELTA E test

### 3.3.2 BRILLO

El brillo ha sido medido con un brillosímetro ZEHNTNER GLOSS de 60 °, ZFM 1020 (Fig. 3.15) en ambas muestras A\* y B\* (vidrio y mortero), realizadas dos veces por muestra, obteniendo en general el mismo resultado, comprobando la medida obtenida, los resultados se expresan en unidades de brillo **GU**.



Fig. 3. 15 Medición de Brillo por medio de GLOSS 60° ZEHNETER

El análisis está dividido por tipo de muestras, iniciando con las muestras tipo A\*(vidrio), mostrados en la siguiente tabla, en estas muestras existen tres tipos de muestras, no envejecidas contrastando con las envejecidas UV y natural. Para esta prueba se escogieron las 3 muestras de mejor calidad.

1.Fig. 3. 16 . Resultados Glossimeter / PEX & PECO Tipo a (vidrio)

Tipo de muestra A* : BASE VIDRIO							
TIPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MEDIA	Error	Max	Min
PEX Not Aged	8.9	9.6	9.1	9.20	0.36	9.56	8.84
PEX UV- Aged	8.8	8.2	8.4	8.47	0.31	8.77	8.16
PEX Natural Aged	6.4	6.3	6.4	6.37	0.06	6.42	6.31
Tipo de muestra B* : BASE VIDRIO							
TIPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MEDIA	Error	Max	Min
PECO Not Aged	17.7	18.5	18.1	18.10	0.40	18.50	17.70
PECO UV- Aged	17.2	16.4	16.4	16.67	0.46	17.13	16.20
PECO Natural Aged	6	7.1	6	6.37	0.64	7.00	5.73

Las muestras PEX mostraron un valor de 9.2 GU, en su estado no envejecido, en comparación con medidas posteriores al envejecimiento, se obtienen valores de hasta -2.38 GU, que es el brillo perdido en la exposición natural. (Fig. 3.19)

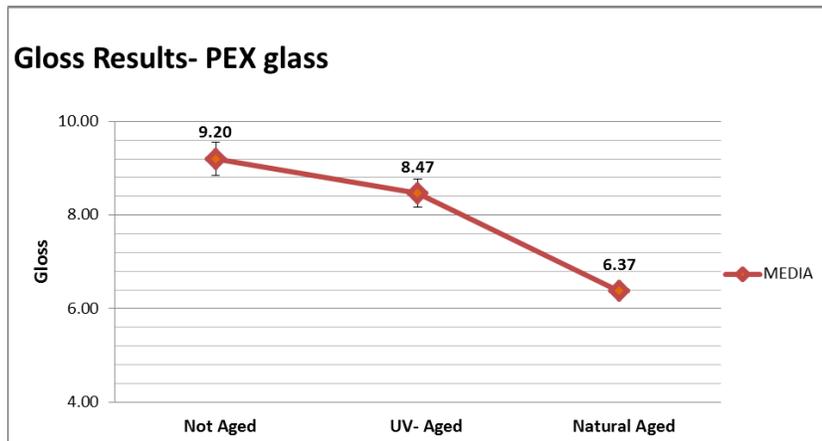


Fig. 3. 17 Resultados Promedio brillo obtenidos por Glossmeter. PEX glass

Por otra parte las muestras PECO mostraron un brillo mayor, el doble de las tipo AE en su medición antes del envejecimiento. Sin embargo se observó una disminución igual en los resultados al envejecimiento natural, esto se observa en la gráfica de resultados (Fig.3.18)

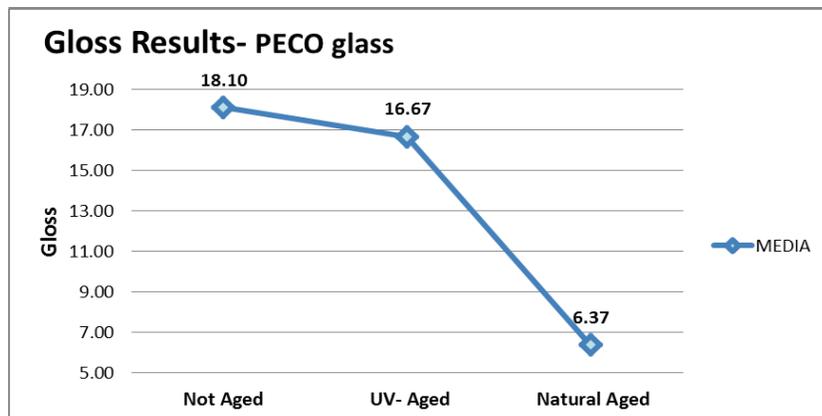
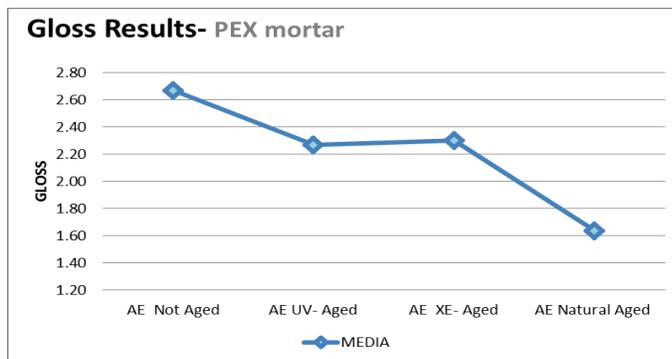


Fig. 3. 18 Resultados Promedio brillo obtenidos por Glossmeter. PEX glass

Las pruebas realizadas sobre las muestras tipo B\* ( mortero) muestran resultados diferentes, por la composición de las mismas, a primera vista se observa una disminución significativa del brillo medido, esta es la reacción obtenida al estar en contacto con un material diverso, y por el cual es absorbido de diferente manera, reduciendo hasta 10 **GU**. En la siguiente tabla:

Tabla 3. 8 Resultados de Glossmeter. Muestras PEX &amp; PECO TIPO b\*

Tipo de muestra PEX* : BASE MORTERO							
TIPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MEDIA	Error	Max	Min
AE Not Aged	2.6	2.5	2.9	<b>2.67</b>	0.21	2.87	2.46
AE UV- Aged	1.9	2.7	2.2	<b>2.27</b>	0.40	2.67	1.86
AE XE- Aged	2.4	2.2	2.3	<b>2.30</b>	0.10	2.40	2.20
AE Natural Aged	1.8	1.5	1.6	<b>1.63</b>	0.15	1.79	1.48
Tipo de muestra PECO* : BASE MORTERO							
TIPO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MEDIA	Error	Max	Min
BE Not Aged	3.8	3.3	3.4	<b>3.50</b>	0.26	3.76	3.24
BE UV- Aged	3.2	3.2	3.1	<b>3.17</b>	0.06	3.22	3.11
BE XE- Aged	2.4	2.1	2.7	<b>2.40</b>	0.30	2.70	2.10
BE Natural Aged	1.6	1.6	1.5	<b>1.57</b>	0.06	1.62	1.51



Los resultados de las pruebas PEX tipo B\*, expresados en la siguiente gráfica, muestran una disminución de – 1 GU en envejecimiento natural. Por otra parte las muestras PEX-UV tienen una disminución ligeramente menor en comparación con las PEX-XE, esto indica que la radiación UV modifico mayormente este rango.

Fig. 3. 19 Resultados de PEX Promedio de Brillo en muestras tipo B (Fig. 3.19)

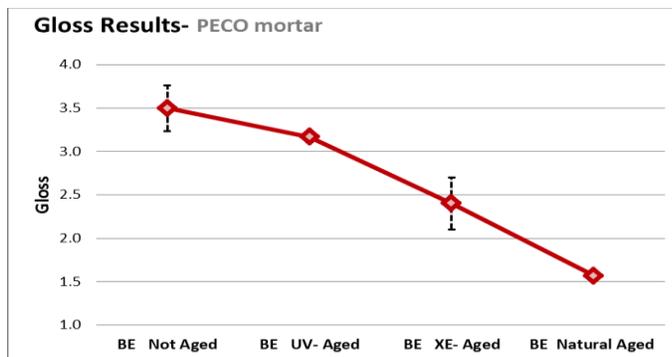


Fig. 3. 20 Resultados de PEX Promedio de Brillo en muestras tipo B

## 3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

### 3.3.1 Rugosidad

La rugosidad es medida con un instrumento MITUTOYO serie 178, a una distancia de  $2,5 \times 3 \mu\text{m}$  en medición la más alta de acuerdo al tipo de muestra, realizando una cuadrícula de medición sobre las muestras, compuesta por 4 líneas en el eje X y 4 en el eje Y a una distancia aproximada de (+/-) 1.5 mm, sobre cada tipo de muestra (Fig. 3.19). Esta prueba se realizó solamente en las muestras sobre vidrio, debido a que las muestras sobre mortero (B\*), eran demasiado rugosas para el instrumento.



Fig.3.21 . Medición de Rugosidad con Rugosimetro MITUTOYO

Se escogieron las muestras de mayor calidad en general se toman dos de cada una de las existentes. Posteriormente se realiza una recopilación de datos para realizar la siguiente comparativa. Los resultados de esta prueba son presentados en micrómetros =  $\mu\text{m}$ .

Tabla 3. 9 Resultados de Rugosidad. PEX

PEX ROUGHNESS						
Tipo de Medición	NOT AGED		UV - AGED		NATURAL AGED	
	1	2	1	2	1	2
X 1	2.12	2.66	4.13	7.13	3.56	4.97
X 2	1.99	3.4	9.55	7.06	3.13	7.38
X 3	2.67	2.56	2.84	5.29	3.96	7.38
X 4	3.99	2.88	4	4.51	3.56	3.06
Y 1	1.37	1.34	3.22	4.96	3.13	3.06
Y 2	1.42	1.88	9.98	2.59	3.11	3.83
Y 3	1.63	1.31	3.42	4.56	2.33	7.33
Y 4	1.8	3.64	4.56	5.29	3.11	4.82
Rango de error	0.86	0.88	2.86	1.46	0.48	1.90
<b>Media</b>	<b>2.12</b>	<b>2.46</b>	<b>5.21</b>	<b>5.17</b>	<b>3.24</b>	<b>5.23</b>

En la primera tabla se observa un cambio importante en los resultados de rugosidad, comparando las muestras PEX- Not aged con las otras, esto es más notorio en comparación con las PEX-UV.

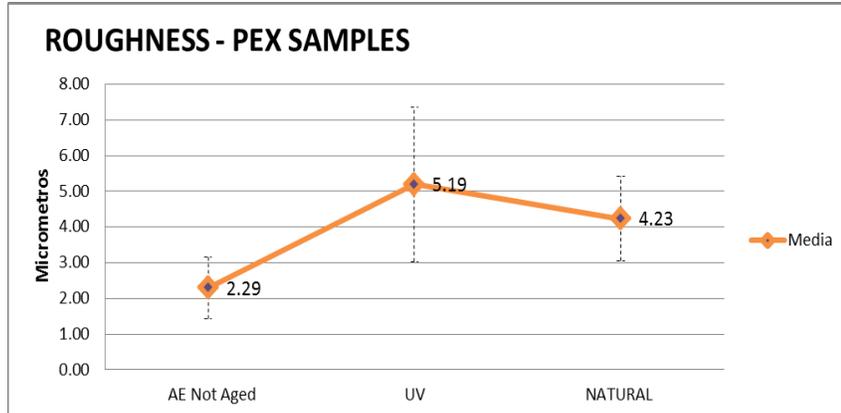


Fig. 3. 22 Comparativa de Resultados de Rugosidad- Pintura PEX con rango de error.

En la Gráfica de resultados (Fig.3.22) es posible observar este aumento, donde tomando en cuenta el rango de error de las mediciones, en su máxima expresión, esta aumenta hasta + 5  $\mu\text{m}$  en las PEX-UV. Las muestras de tipo PEX- Natural. Muestran un aumento de + 2  $\mu\text{m}$  en su valor máximo (considerando el rango de error máximo obtenido).

Por otra parte las muestras tipo PECO, arrojan resultados menores a los anteriores en cuanto a la media de su rugosidad medida. Los resultados se encuentran en la Tabla 3.11, donde también se expresa un rango de error menor al de las muestras anteriores.

Tabla 3. 10 Resultados de Rugosidad BE

PECO ROUGHNESS						
	NOT AGED		UV - AGED		NATURAL AGED	
Tipo de Medición	1	2	1	2	1	2
X 1	1.82	4.53	8.06	3.92	1.75	2.22
X 2	1.72	1.9	3.93	4.55	1.66	2.04
X 3	1.89	2.37	4.59	4.29	3.08	1.49
X 4	1.84	2.69	3.2	4.27	2.02	2.22
Y 1	1.61	1.61	1.76	5.58	2.79	3.58
Y 2	1.54	1.83	3.71	4.76	2.46	2.77
Y 3	1.48	2.11	4.09	3.56	2	2.61
Y 4	1.51	1.65	4.69	3.55	2.76	2.01
Rango de error	0.16	0.96	1.79	0.67	0.53	0.63
<b>Media</b>	<b>1.68</b>	<b>2.34</b>	<b>4.25</b>	<b>4.31</b>	<b>2.32</b>	<b>2.37</b>

Los resultados aumentan considerablemente en las muestras tipo PECO – UV. Los rangos de error se comportan de manera uniforme en las mediciones. Se obtuvo una media de + 2.57 $\mu\text{m}$  (más 4.21) por lo tanto muestra una reacción menos rugosa en la exposición a la radiación UV, mientras que en los resultados en PECO- Natural, se mantienen un máximo de + 1.15 $\mu\text{m}$  (Fig.3.23)

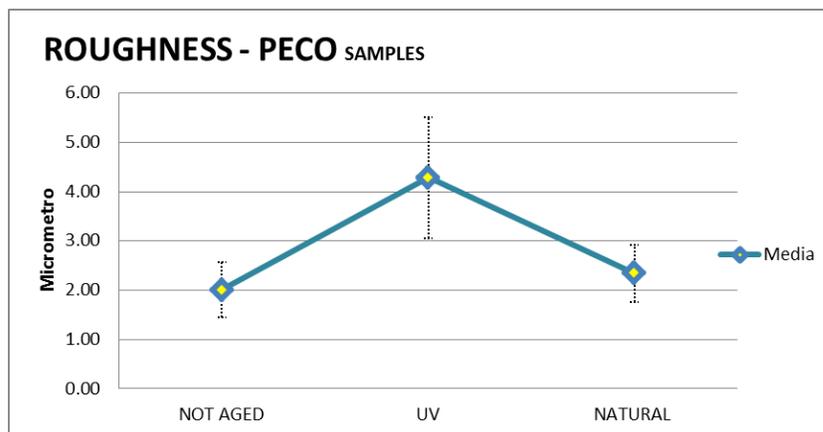


Fig. 3. 23 Resultados de Rugosidad en Pintura PECO

### 3.3.2 Ángulo de Contacto

Esta prueba se ha realizado con base a la normativa UNI EN 158002 la cual establece que las pruebas son realizadas con una gota de agua destilada sobre la muestra. La medida se ha realizado con el equipo **Drop Shape Analyzer** (DSA100) y el software DSA 3. El equipo toma una foto a la gota colocada sobre la superficie de la muestra a evaluar calcula el ángulo de contacto ( $\theta$ ) de esta, arrojando el resultado en Grados °. (Fig.3.24).

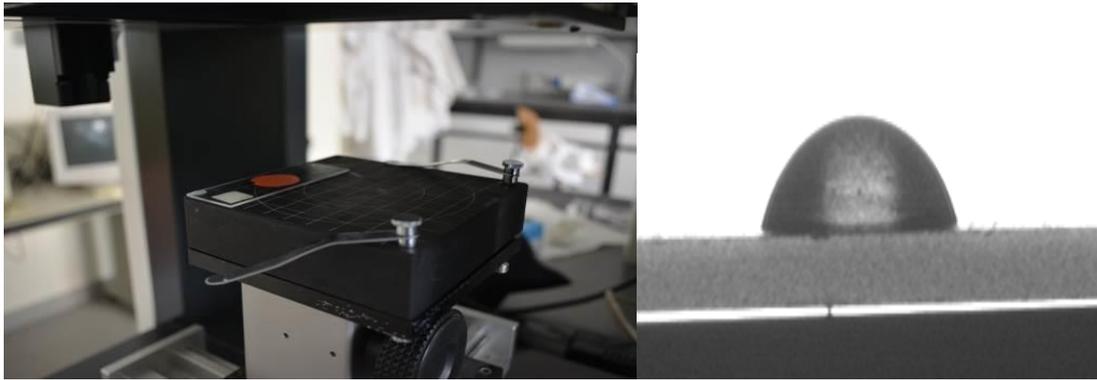


Fig. 3. 24 Medición de Angulo de Contacto- Muestras PECO-UV glass utilizando el equipo Drop Shape Analyzer DSA100 y software DSA3

Las mediciones según la regla son de 5 por muestra, como se muestran en las siguientes tablas de cada una de las muestras. Debido al tipo de prueba, es necesario realizarla en una superficie lisa, por lo cual no fue posible realizarla en la muestras tipo B\* como se observa en la figura 3.25 la superficie impide la medición clara del ángulo de contacto de la gota.



Fig. 3. 25 Ángulo de contacto medición errónea sobre Muestras PEX/ Mortero. Fotografía tomada por el software DSA 3

Tabla 3. 11 Resultado de Contact Angle PEX

PEX	NOT AGED				UV - AGED				NATURAL AGED	
Medición	AE1	AE2	AE3	AE4	AE 1	AE2	AE3	AE4	AE1	AE2
1	29.06	49.9	49.7	31.8	50.4	72.8	64.1	67.2	74.7	52.3
2	32.7	26.4	33.4	33.8	76.3	79.7	53.3	53.5	68.8	60.1
3	29.8	23.8	32.3	40.5	71.2	69.4	51.8	51.7	56.8	64.4
4	30	45.5	46.5	34.6	62.9	61.4	43.2	63.1	66.7	58.5
5	35.8	26.7	45.9	31.4	56.4	65	58.9	49.3	50.9	74.2
Media	31.47	34.46	41.56	34.42	63.44	69.66	54.26	56.96	63.58	61.90
Error	2.78	12.24	8.09	3.65	10.55	7.08	7.87	7.76	9.58	8.13
<b>Media</b>	<b>35.478</b>				<b>61.08</b>				<b>62.74</b>	

En este punto recordamos la relación de ángulo de contacto, la figura 3.26 muestra el comportamiento de las medidas de ángulo de contacto. En la tabla anterior se muestran las 10 muestras evaluadas por medio del ángulo de contacto, los resultados que para su discusión son relacionados a partir de una media y rangos de error. Posteriormente se promedian las medias de los tres tipos de muestras evaluadas.

En los resultados de tipo PEX en sus 10 mediciones se observa un ángulo de contacto mayor en el caso de las muestras PEX-UV, con una medición promedio de 69.66°. Los resultados de las muestras PEX- Natural mostraron un comportamiento similar entre ambas muestras. (Fig. 3.26)

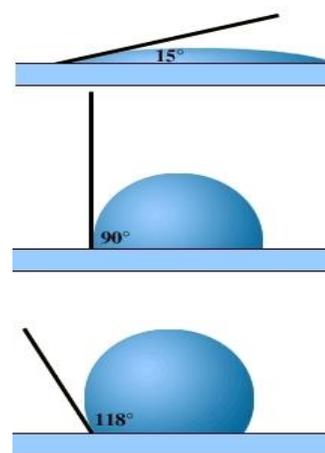


Fig. 3. 26 Formación del Ángulo de Contacto en una gota de agua

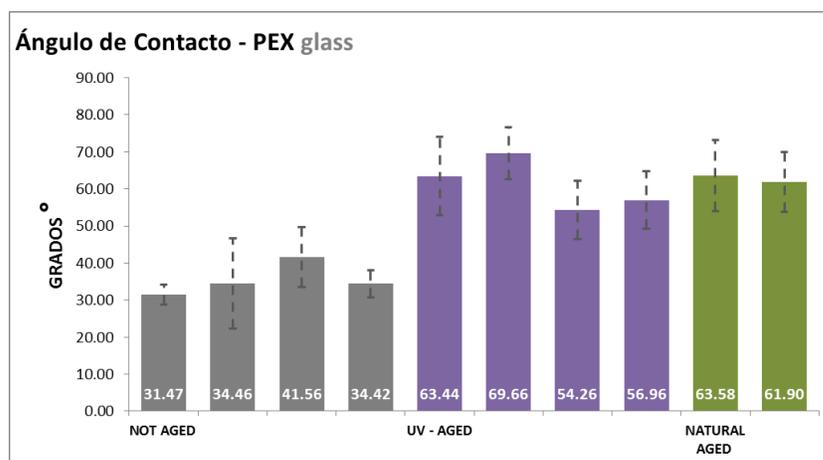


Fig. 3. 27 .Gráfica Ángulo de Contacto muestras TIPO PEX

Tabla 3. 12 Resultados Contact Angle PECO

PECO	NOT AGED				UV - AGED				NATURAL AGED	
Medición	BE1	BE2	BE3	BE4	BE 1	BE 2	BE 3	BE 4	BE1	BE2
1	31.3	25.9	28	28.3	47.1	56.6	56.3	38.4	73.1	50.2
2	35.5	32.8	37.4	47.6	37.1	43.2	45.4	46.7	72	59.2
3	32.9	10.1	12.4	48.9	49.9	53.3	36.2	49.1	48	63.7
4	29.1	23.2	46.2	24.5	48.9	42.7	47.5	50.2	59.4	54.3
5	43.8	12.1	50.2	52	46	37.8	46	45.6	64.4	64
Media	34.52	20.82	34.84	40.26	45.8	46.72	46.28	46	63.38	58.28
Error	5.69	9.56	15.18	12.82	5.10	7.89	7.15	4.63	10.27	6.00
<b>Media</b>	<b>32.61</b>				<b>46.2</b>				<b>60.83</b>	

Los resultados PECO por otra parte, mostrados en la tabla anterior (.3.13) se observan en promedio un ángulo de contacto diverso entre las tres clases de muestras medidas, estos resultados se observan en la siguiente gráfica. Donde también se observa una estabilidad de resultados. El comportamiento de las muestras cambio en mayor escala en las muestras de tipo PECO-Natural como se muestra en la siguiente grafica (Fig.3.28) En este caso cabe destacar que las muestras de tipo PECO-Not Aged mostraron un comportamiento muy desigual, al mismo tiempo que un rango de error mayor.

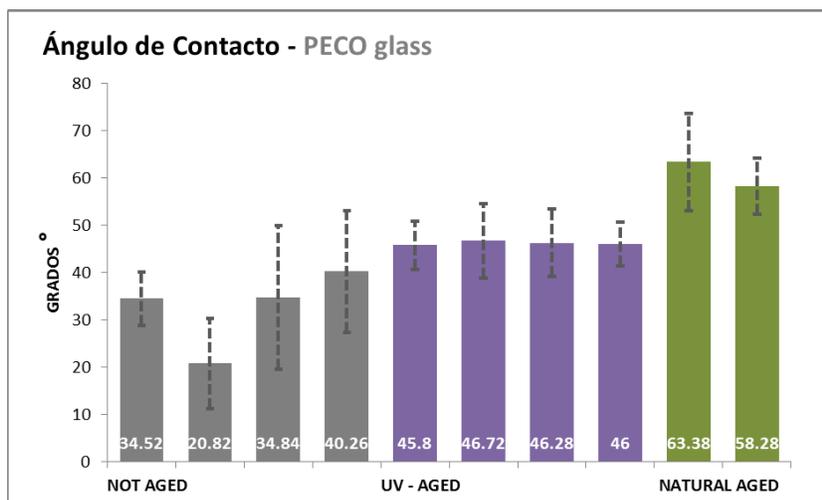


Fig. 3. 28 Gráfica Comparativa de Ángulo de Contacto muestras TIPO PECO

Cabe señalar que durante las mediciones de esta prueba, las muestras PECO mostraron un comportamiento diverso al de las muestras PEX, ya que al momento de colocar la gota sobre la superficie de las muestras PECO, reaccionaron de manera inmediata en algunos casos a la humedad sobre ellas, cambiando por completo la textura de la superficie de la muestra.

### 3.3.3 Adhesión

La prueba de adhesión se realizó con el TAPE TEST bajo la normativa del mismo instrumento a utilizar. La cual consiste realizar por medio de una navaja la cual genera cortes espaciados milimétricamente, realizar unos dos trazos perpendiculares de una longitud aproximada de 20 mm. Posteriormente se realiza la colocación de la cinta adhesiva, y de acuerdo a la Norma ISO 24 09 se retira la cinta en un ángulo de 60° como se observa en la figura. (Fig. 3.29) Los trazos deben de traspasar de un sustrato a otro, es decir del recubrimiento a su sustrato utilizando la navaja # 4 de acuerdo al tipo de recubrimiento.

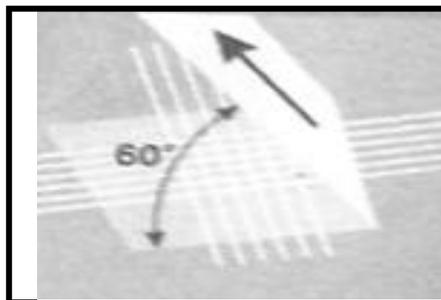


Fig. 3. 29 . Normativa para Tape Test

Al realizar esta prueba, los trazos fueron difíciles de lograr, ya que al hacer trazos que cortaran la película de pintura se retiraba esta sin necesidad de utilizar la cinta como se muestra en la figura 3.30. Donde se observa el acercamiento con la lupa del equipo en los trazos fallidos, así como el comportamiento de la película al retirarse sin usar la cinta.

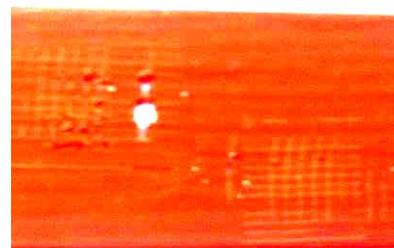


Fig. 3. 30 Acercamiento de Trazos de Navaja de Tape Test.

Los resultados sobre el vidrio fueron completamente inmediatos, al mostrarse una adhesión baja debido a la relación vidrio- pintura. En las siguientes figuras se observa como independiente del tipo de pintura o de muestra el resultado fue el mismo en las muestras donde se realizó esta prueba con el levantamiento del recubrimiento con la cinta.



PEX Not Aged



PECO Not Aged



PEX- UV



PECO- UV

Fig. 3. 31 Resultados Tape Test Not Aged y UV aged. Muestras PEX & PECO

En la figura anterior se observa los resultados aumentados de las pruebas sobre las muestras de tipo NOT AGED y UV AGED. Ambas muestras de acuerdo a la Norma ISO se catalogan en una categoría **S5**. En la figura anterior comparando ambas muestras, se observa una adherencia menor en las envejecidas, por lo tanto se confirma que el envejecimiento por radiación UV deteriora esta propiedad mecánica de los recubrimientos.

### 3.3.4 Dureza

La prueba de dureza ha sido realizada con el conocido Pencil Test (prueba del lápiz) esta prueba consiste en el uso de lápices en sus diversas medidas de dureza, es decir desde el 6b al 6h, los lápices deben estar bien afilados y probados previamente en una hoja blanca para su posterior uso ( Fig.3.31 ).

Esta prueba se realizó de acuerdo a la normativa ISO 15184 (ver anexo.) la cual consiste en detener el lápiz a  $45^\circ$  correspondiente a la muestra y trazar una línea de 6mm aproximadamente aplicando la misma fuerza en todos los lápices a utilizar, formando una línea continua o líneas como se observa en la figura 3.33, se realiza partiendo del lápiz 6B el más suave en adelante, hasta encontrar la medida de lápiz que genere una fractura del material generada por un tipo de lápiz.

La prueba se realizada en cada uno de los tipos de muestra, en dos muestras de cada una en direcciones perpendiculares, buscando que los resultados no varíen a más de 2 niveles de dureza del lápiz como lo establece la norma. En caso de ocurrir lo contrario se repite.



Fig. 3. 32 Pencil test herramienta

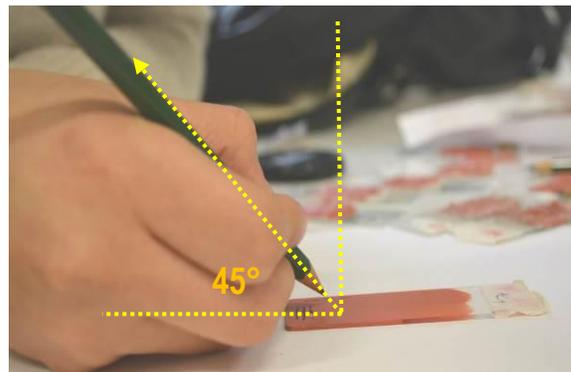


Fig. 3. 33 Procedimiento de Pencil Test

Los resultados en las pruebas se definen en la tabla siguiente donde se aprecia el momento en el cual el lápiz logra penetrar el recubrimiento dejando la línea realizada al descubierto, es decir el momento de la ruptura, y del momento de inicio de daño.

**Tabla 3. 13 Resultados Pencil Test en Muestras PEX & PECO Glass**

Nombre	6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H
PEX- Not Aged	-	-	-	-	-	○	●	/	/	/	/	/	/	/	/
PEX-UV	-	-	-	-	-	○	●	/	/	/	/	/	/	/	/
PEX- Natural	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/	●	/	/	/	/
PECO - Not Aged	-	-	-	-	-	○	●	/	/	/	/	/	/	/	/
PECO- UV	-	-	-	-	-	-	●	/	/	/	/	/	/	/	/
PECO Natural	-	-	-	-	-	-	-	-	●	/	/	/	/	/	/

- Inicio de ruptura
- Ruptura
- Sin Ruptura
- / No Realizado

Las muestras PEX y PECO no envejecidas muestran el mismo tipo de respuesta como se observa en las siguientes fotografías (Fig. 3.34). Por otra parte las Muestras de tipo UV obtuvieron resultados semejantes, ambos tipos de muestras se mantienen con una dureza HB. Los cambios sobresalientes existen en las muestras de tipo envejecimiento Natural, mostrando una resistencia mayor, es decir una mayor dureza llegando en el caso de la PEX Natural 4 H y en PECO



**Fig. 3. 34 Aplicación de Pencil test en muestras PEX y PECO sobre vidrio.**

Natural a 2H como lo muestra la tabla anterior.

Los resultados de las muestras tipo B\* en mortero (Fig. 3.35) resultaron con una dureza mayor en cada una de los tipos de envejecimiento. Esto al tomar en cuenta que la adherencia a esta superficie es mayor, al igual que la superficie de la misma. En estos resultados se obtuvo un resultado de dureza mínimo de HB por el tipo de pintura PECO.



**Fig. 3. 35 Aplicación de prueba Pencil Test en muestras PECO sobre mortero**

Tabla 3. 14. Resultados de Pencil Test en PEX Y PECO tipo B\*

Nombre	6B	5B	4B	3B	2B	B	HB	H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H
PEX- Not Aged	-	-	-	-	-	-	-	○	●	/	/	/	/	/	/
PEX-UV	-	-	-	-	-	-	-	-	●	/	/	/	/	/	/
PEX- Natural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PECO - Not Aged	-	-	-	-	-	-	●	/	/	/	/	/	/	/	/
PECO- UV	-	-	-	-	-	-	○	●	/	/	/	/	/	/	/
PECO Natural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- Inicio de ruptura
- Ruptura
- Sin Ruptura
- / No Realizado

Como se muestra la tabla anterior se observa que las muestras de envejecimiento natural en ambos casos muestran una dureza mayor, en la figura 3.33 se observa que la prueba no muestra una ruptura al aplicar todos los grados de dureza, lo que significa que su dureza está por arriba del rango mayor, debido a esto se establece que la dureza aumenta una vez colocada la pintura en un ambiente externo con una probable relación de tiempo.

### 3.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

El propósito del siguiente capítulo es resumir los resultados sobre el trabajo de ambas pinturas analizadas anteriormente para realizar una comparativa donde se observen las diferencias con el fin de determinar la de mejor comportamiento tomando en cuenta su caracterización física y un análisis profundo en la pérdida cromática a consecuencia de la exposición a la radiación solar (ultravioleta). Para concluir en seleccionar la pintura de mejores características para la propuesta mejora.

A continuación se presenta en primera parte la comparativa con los resultados de las muestras tipo a (sobre vidrio) ya que una vez completada la parte experimental los resultados de estas muestras son de acuerdo a las normativas de prueba. Una vez concluido con esta comparativa se procederá a realizar el mismo procedimiento de análisis con los resultados de las muestras tipo B (sobre mortero)

#### 3.4.1 Comparativa de Resultados Cromáticos

En los resultados de tipo PANTONE en la siguiente gráfica se observa que la pintura tipo **PECO** tiene una menor variación de color, basado en el número menor de cambio de nomenclatura posterior al envejecimiento, esto en ambas bases de muestras (sobre vidrio y mortero).

Los resultados utilizados para la siguiente comparativa son los de las muestras sobre vidrio en la prueba DELTA E. Los datos son resumidos y expresados en tres gráficas, presentando los

tres criterios medidos comparando los dos tipos de pintura. La prueba DELTA E arroja las coordenadas del color medido, en estas coordenadas se recuerda en este punto que entre mayor sea el número de la coordenada el color tiene propiedades más nítidas en cualquiera de las tres mediaciones  $L^*a^*b^*$ , por lo que una disminución de estos valores se entiende como un cambio intensidad, de brillo y calidad de color

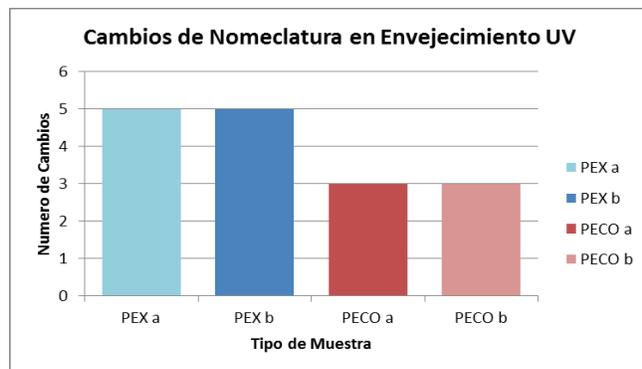


Fig. 3. 36 Resultados de PANTONE. Comparativa entre ambas pinturas.

En el criterio de la Luminosidad ambas pinturas entorno al envejecimiento UV no muestran un cambio significativo. Ambas pinturas muestran un declive en cuanto al envejecimiento natural, siendo la pintura PEX la que muestra una disminución mayor. (fig.3.37)

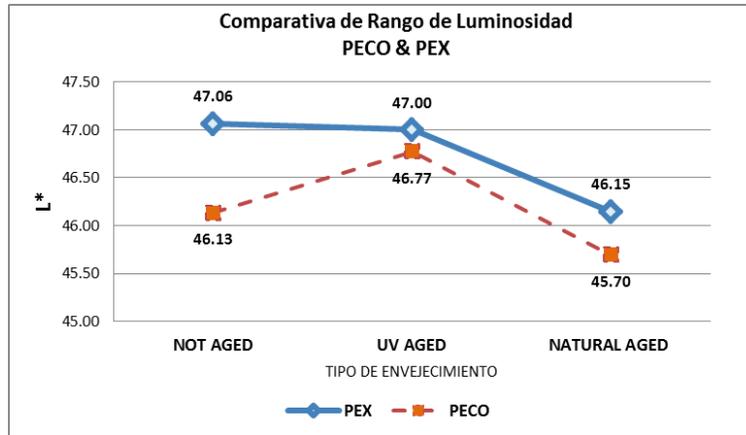


Fig. 3. 37. Gráfica comparativa de Resultados de Luminosidad en DELTA E test.

El siguiente rango corresponde a la coordenada de nombre  $a^*$ , rango que representa los valores de colores rojo y verde en las coordenadas, cabe mencionar que este rango es de carácter importante debido al color de las muestras (rojo). En el caso de los resultados en este rango, los dos tipos de pinturas muestran una variabilidad similar de comportamiento como se observa en la gráfica comparativa (Fig. 3.39) la disminución mayor es en el caso de envejecimiento natural, con una disminución importante, la mayor por parte de la PEX con  $- 5.91 a^*$ , siendo la tipo PECO la que ha resultado con un menor daño con  $-5.81 a^*$ .

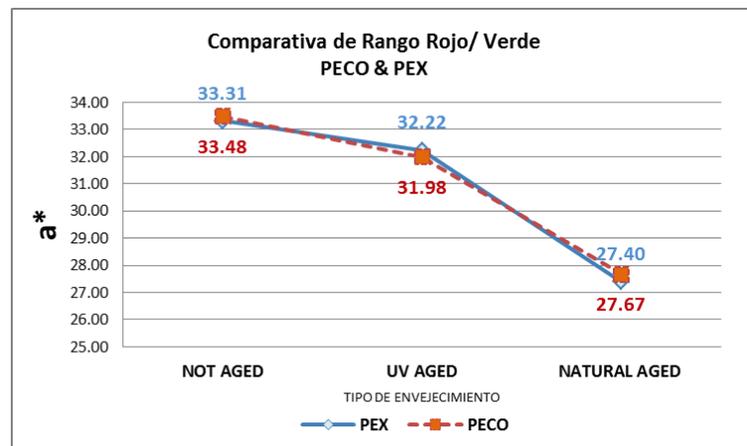


Fig. 3. 38 Gráfica comparativa de Rango Azul/Amarillo en DELTA E test.

Por último los resultados en el rango  $b^*$ , en las tipo PECO se observa un ligero aumento en aquellas con envejecimiento UV y una disminución de  $-4.09 b^*$ . Mientras que la PEX tiene una disminución de  $-3.76 b^*$ . En pocas palabras en el rango  $b^*$  las muestras PEX mostraron un menor cambio de cromático.

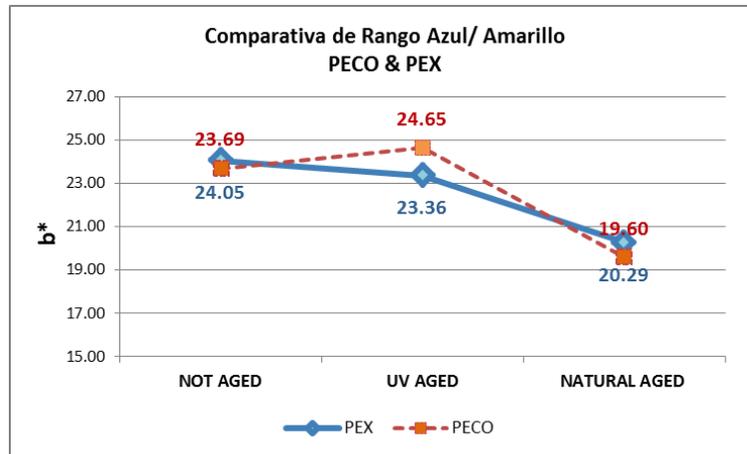


Fig. 3. 39 Gráfica comparativa de Rango Rojo - Verde . Realizado en DELTA E test.

En el caso de los resultados de brillo, importante por ser una de las características que rigen el comportamiento cromático se presentan los siguientes resultados comparativos.

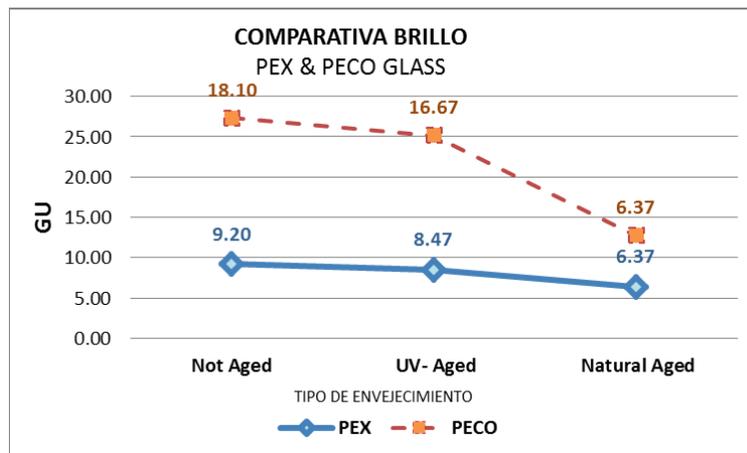


Fig. 3. 40 Resultados de Medición de brillo. Glossmeter.

En resumen los resultados en brillo sobre las muestras PEX y PECO expresados en la gráfica (Fig.3.40), Por un lado las muestras PEX muestra un comportamiento más uniforme, por lo tanto muestra una Resistencia mayor en ambos tipos de envejecimiento, con un cambio de  $-0.73$  GU por UV. En las mediciones de PECO los resultados muestran una disminución alta de brillo, en un principio estas muestras presentaron un resultado más alto de brillo contra las tipo PEX, sin embargo la disminución de acuerdo a la prueba aplicada es más marcada en ambos tipos de envejecimiento, llegando hasta  $-2$  GU en las PECO- Natural.

Recapitulando el comportamiento de los dos tipos de pinturas fue diverso, en este caso la pintura que muestra resultados más uniformes y de mejor calidad es la PEX, con una menor perdida de brillo en las mediciones realizadas con una diferencia mayor de  $-2.83$ GU en la media del envejecimiento natural, cambio que ha sido de menor escala a la de tipo PECO. La cual en este aspecto no mostro un buen comportamiento con un resultado de  $-11.30$  GU, es decir que el brillo alcanzado por la pintura apenas colocada en una superficie, reduce a más de la mitad en poco tiempo. Por lo tanto la pintura PEX mantiene el brillo durante más tiempo sobre su superficie.

Para resumir los anteriores resultados expuestos se elabora una tabla comparativa de comportamiento cromático de pinturas ante la luz solar. Los datos expresados en la tabla son los obtenidos en la diferencia obtenida en los resultados con envejecimiento UV contra los resultados sin envejecimiento. Es decir:

$$PEX_{NOT\ AGED} - PEX_{UV} = + - \text{CAMBIO CROMÁTICO PEX}$$

**Tabla 3. 15 Resumen de comparativa diferencial de la Cromática posterior a Envejecimiento UV.**

Cambios obtenidos posteriores a Envejecimiento UV.			
Prueba	Medición	PEX Pintura para exteriores	PECO Pintura Ecológica
DELTA E	Luminosidad	-0.06	+0.64
DELTA E	Rango Rojo- Verde	-1.09	-1.5
DELTA E	Rango Amarillo- Azul	-0.69	+0.96
GLOSSMETER	Brillo	-0.73	-1.43
	<b>Total</b>	<b>-2.57</b>	<b>-1.33</b>

Al realizar el mismo procedimiento con cada una de las mediciones realizadas, se realiza una sumatoria de resultados por pintura, donde en este resultado total como lo muestra la tabla 3.16, se concluye que la pintura PECO demostró una menor diferencia después de ser sometida al mismo tiempo de radiación UV.

**Tabla 3. 16 Resumen de comparativa diferencial de la Cromática posterior a Envejecimiento Natural.**

<b>Cambios obtenidos posteriores a Envejecimiento Natural.</b>			
<b>Prueba</b>	<b>Medición</b>	<b>PEX</b> Pintura para exteriores	<b>PECO</b> Pintura Ecológica
<b>DELTA E</b>	Luminosidad	<b>-0.91</b>	<b>-0.43</b>
<b>DELTA E</b>	Rango Rojo- Verde	<b>-5.91</b>	<b>-5.81</b>
<b>DELTA E</b>	Rango Amarillo- Azul	<b>-3.76</b>	<b>-4.09</b>
<b>GLOSSMETER</b>	Brillo	<b>-2.83</b>	<b>-11.73</b>
	<b>Total</b>	<b>-13.41</b>	<b>-22.06</b>

En la tabla anterior se ha realizado el mismo resumen pero con los datos obtenidos del envejecimiento natural. En este caso la pintura de tipo ecológica demuestra un descoloramiento mayor. Es decir que esta pintura muestra un mejor comportamiento ante la luz ultravioleta que la de tipo PEX, pero tiene mayor falla ante otros factores del medio exterior. En ambas tablas no se toma en cuenta los resultados de la prueba PANTONE.

Con los resultados obtenidos en cuanto a la pérdida cromática de cada pintura, a continuación se realiza una relación correspondiente a la cantidad de horas en envejecimiento de cada tipo de radiación; el propósito es obtener un porcentaje de pérdida relacionado directamente con la disminución cromática y el tiempo de envejecimiento. Esto se realiza por medio de una simple regla de tres, como se muestra a continuación:

$$\begin{array}{l} \text{ENVEJECIMIENTO NATURAL} \text{ ----- } 100\% \\ \text{ENVEJECIMIENTO UV} \text{ ----- } X \end{array}$$

Partiendo de lo anterior, se realiza la siguiente tabla para expresar, el porcentaje correspondiente al daño causado por la radiación UV con respecto al envejecimiento natural, de esta manera exponer la comparativa de daño causado. Primero se hace una igualación de daño por número de horas en envejecimiento, para poder obtener el porcentaje al número de horas totales de envejecimiento natural.

Tabla 3. 17 Resultados de Porcentaje de Daño Cromático por Radiación UV

Tipo de envejecimiento	Tiempo de envejecimiento hrs	PEX Pintura para exteriores	PECO Pintura Ecológica
Envejecimiento natural	1170	-13.41	-22.06
Envejecimiento UV	720	-2.57	-1.33
Envejecimiento UV	1170	-4.17	-2.16
<b>Porcentaje de afectación de UV</b>	<b>1170</b>	<b>31.09 %</b>	<b>9.79%</b>

Esta comparativa entre ambos tipos de envejecimiento es en consideración de que el total del daño en exterior también es generado por factores como: humedad, precipitación, viento, suciedad y contaminación, por lo tanto el resultado es el correspondiente a la afectación causada por la radiación ultravioleta, para demostrar el nivel de afectación de este tipo de radiación para la cromática del material.

Considerando los anteriores el porcentaje de daño generado por la luz UV puede ser definido con los resultados que han sido obtenidos en este estudio. Esto haciendo una homologación del número de horas en envejecimiento de ambas pinturas Tomando en cuenta lo anterior, se tiene que la pintura de tipo PEX tuvo un 31.09% de deterioro de la luz UV en contrario de la tipo PECO, la cual demuestra un 9.79 % de deterioro.

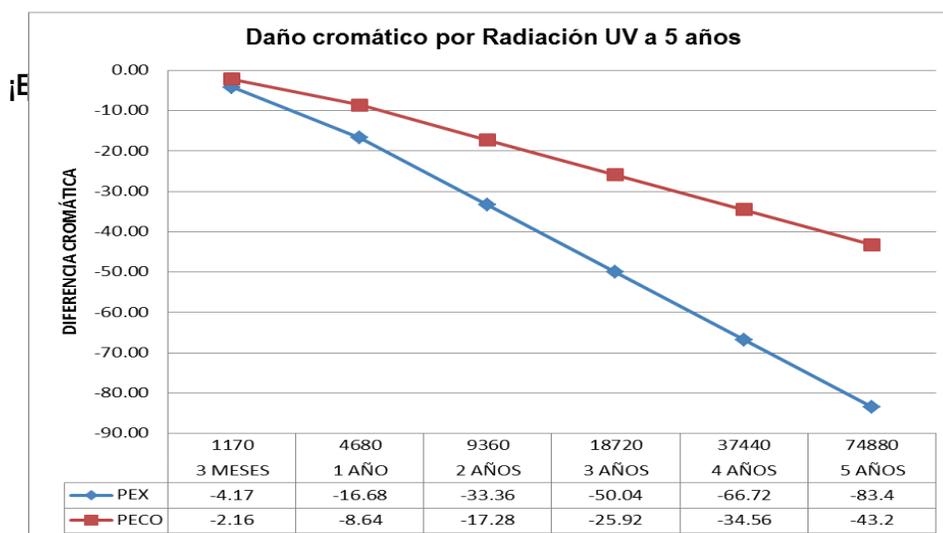


Fig. 3. 41 Proyección de Daño a 5 años

En la gráfica anterior se observan los datos de pérdida cromática, se realiza una relación con el número de horas expuestas, convirtiendo los resultados de tiempo en años, con lo cual se hace una proyección a 5 años de la pintura colocada; se observa la falla de ambas pinturas ante una radiación ultravioleta a larga crece de manera exponencial. Es importante recalcar esto, esta investigación está enfocada a la pérdida cromática por radiación solar, pero gracias a los resultados obtenidos es notorio el cambio cromático a atacar en las pinturas, y la falta de análisis en cuestión de necesidades de la pintura ante otros factores en ambientes externos.

Para concluir se realiza el procedimiento en viceversa, es decir no a una proyección mayor de tiempo, si no, a una relación por hora, con lo cual se establece la pérdida cromática obtenida por hora en cada pintura, lo cual toma el nombre de Unidad de Descoloramiento por Radiación Ultravioleta por hora

$$\begin{array}{lcl} \text{PEX} & = & -0.00356 \text{ PC/hr} \\ \text{PECO} & = & -0.00184 \text{ PC/hr} \end{array}$$

**PC= UNIDAD DE PERDIDA CROMÁTICA POR RADIACIÓN UV**

Toda la información anterior es la base para sustentar la necesidad de ambas pinturas en cuestión a la cromática de las mismas. Se resume que cada pintura actuó de manera diversa, arrojando resultados interesantes en cada una de las pruebas realizadas, a partir de todo el análisis comparativo anterior, se define las cualidades de las pinturas en cuestión a su resistencia cromática y a su respuesta a la exposición de radiación solar, enfocado a su respuesta ante el foto envejecimiento por parte de la radiación ultravioleta, resultado ser la Pintura Ecológica la de mejor resultado (PECO). Estos resultados, serán primordiales en el momento de definir la pintura como base para la mejora.

### 3.4.2 Comparativa Física

En esta siguiente sección se compararan los resultados de acuerdo a las pruebas físicas realizadas, para una vez finalizados se sumen a cada una de las caracterizaciones de las pinturas analizadas, y con esta información definir la de mejores resultados.

#### Rugosidad

Como se observa en la siguiente gráfica, la pintura PECO muestra tener un comportamiento en cuanto al cambio de rugosidad son las de tipo PEX (Fig. 3.43) Los resultados de PEX son mayores en ambos casos de envejecimiento; a pesar de tener un inicio similar, PEX-NATURAL alcanza una diferencia de + 3.02  $\mu\text{m}$ , mientras que PECO-NATURAL solo + 0.69  $\mu\text{m}$ . Esto genera una diferencia importante entre ambos comportamiento haciendo entre ellos una diferencia notoria + 2.86  $\mu\text{m}$ .

El otro aspecto importante es que la rugosidad aumento con la exposición UV, esto en ambos casos se mostró con valores altos partiendo del neutral. La reacción anterior establece que **la radiación UV modifica directamente la rugosidad de los recubrimientos utilizados**

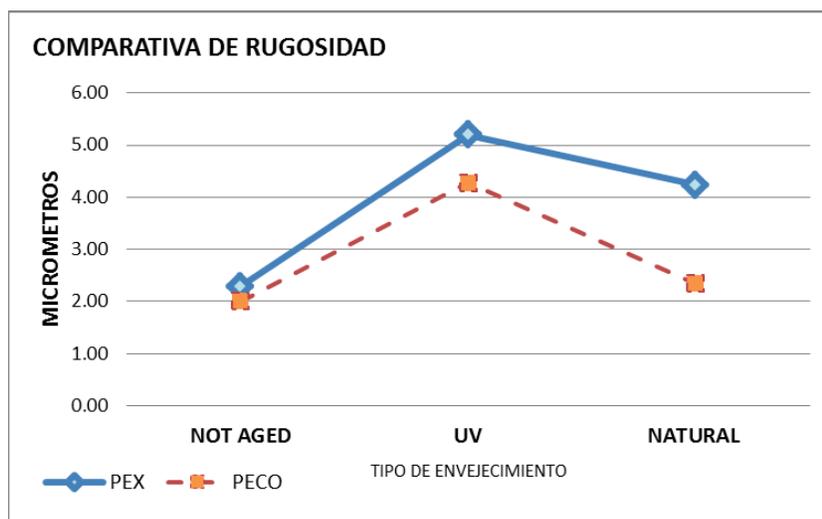


Fig. 3. 42 Gráfica comparativa de Resultados en Rugosidad- PEX & PECO

## Angulo De Contacto

Con respecto a esta medición se busca un ángulo de contacto mayor, es decir una superficie más hidrófoba.

En la siguiente gráfica se observa el comportamiento de ambas pinturas, se observa que en las muestras no envejecidas, es decir sin un cambio en su polaridad, las tipo PEX tienen un ángulo de contacto solo 3 ° mayor a las PECO. Al igual esta prueba muestra un trabajo similar en el caso del envejecimiento natural en cuanto al aspecto de hidrofobia. En este resultado las variables del envejecimiento natural generan que ambas pinturas trabajen casi con la misma humectación.

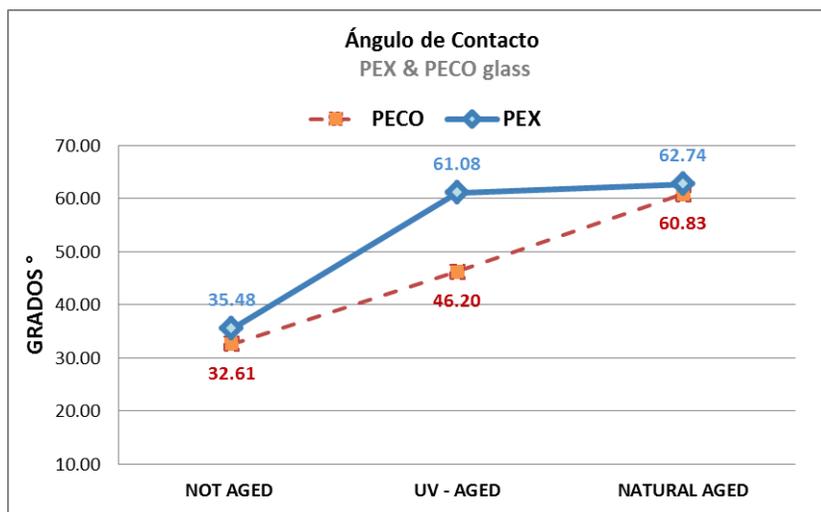


Fig. 3. 43. Gráfica Comparativa de Ángulo de Contacto

Los resultados obtenidos por ambas pinturas son similares tanto en las no envejecidas como en las envejecidas naturalmente. La pintura PEX presenta un ángulo de contacto mayor, de 2° a 3 ° grados de diferencia con respecto a los resultados de PECO.

Por el contrario los resultados sobre las muestras de envejecimiento UV tienen una gran diferencia, cuentan con un comportamiento diverso; la pintura tipo PEX logra aumentar su ángulo de contacto, 26° mayor posterior a la exposición UV, mientras que la tipo PECO mantiene un crecimiento menor de solo 14 °. Lo anterior demuestra la variabilidad del tipo de pintura, la pintura PECO como se estableció anteriormente es una pintura de

tipo solo Acrílica, mientras que PEX es de tipo Acrílica- Vinílica, por lo tanto la reacción del vinil ante la radiación UV aumenta la característica de hidrofobia, estableciendo la relación anterior sobre porosidad y envejecimiento.

. En general los resultados del ángulo de contacto fueron menores a  $90^\circ$ , el cambio notorio de ángulo de contacto de las muestras no envejecidas a las otras, es debido al cambio estructural interno en su composición superficial. El aumento de ángulo de contacto confirma lo anterior establecido por Ploeger, Rebecca et. Al. 2008 como: **un incremento de la polaridad en la superficie durante el envejecimiento UV, lo cual se relaciona con el envejecimiento de foto- oxidación y degradación de los componentes de la pintura.**

En el caso de la propiedad de adhesión ambas pinturas muestran el mismo comportamiento demostrándose con una capacidad mínima de adhesión de acuerdo a las normas con las que se ha desarrollado la prueba.

Por último el análisis de dureza llevado a cabo sobre las muestras, presenta una característica en común en ambos tipos de pinturas., en la cual ambas pinturas muestran un aumento de dureza en el caso de los envejecimientos naturales, lo que representa el cambio estructural obtenido por las muestras durante este envejecimiento es modificado por otros factores externos, es decir la luz UV no afecta directamente la dureza del recubrimiento; esto se puede comprobar al observar los resultados obtenidos en las muestras con envejecimiento UV donde en ambos casos las pinturas reaccionan de la misma manera.

Por lo tanto en términos de dureza sobresale con un nivel mayor la pintura PEX, como se puede observar en la siguiente gráfica.

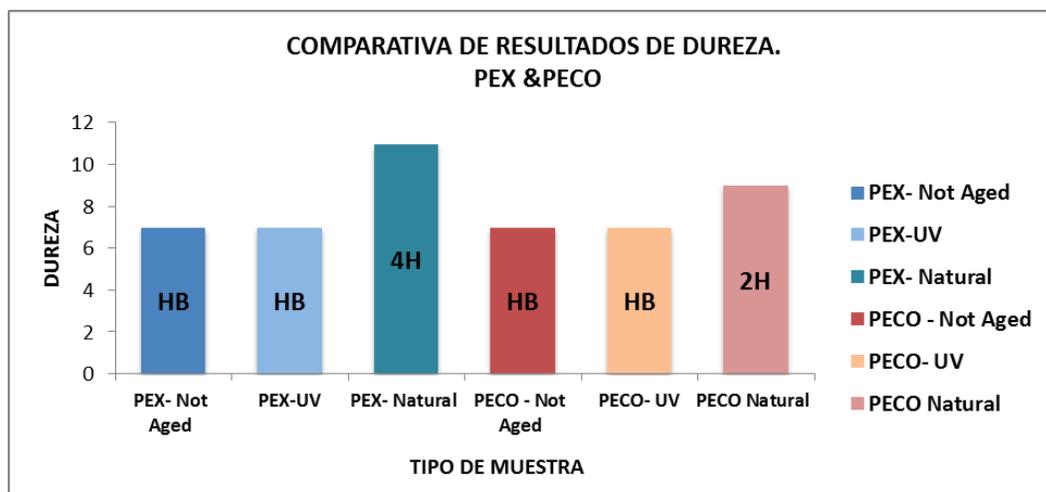


Fig. 3. 44 Comparativa de Dureza.

### 3.4.3 Comparativa de muestras sobre concreto

Las muestras sobre concreto (tipo “b”) se analizaron de manera independiente, en esta comparativa no se cuenta con la misma cantidad de datos que sobres las muestras anteriores, como anteriormente se mencionó se pudieron realizar las mismas pruebas por normativas o por manejo del equipo.

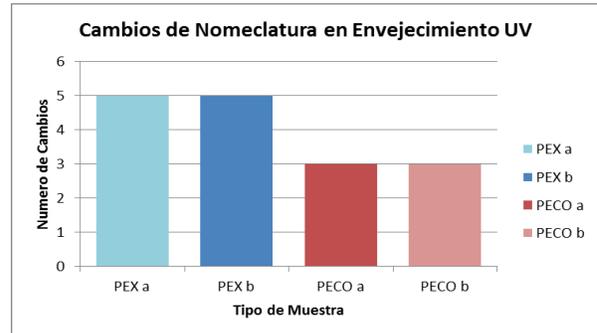


Fig. 3. 45 Comparativa en codigos PANTONE

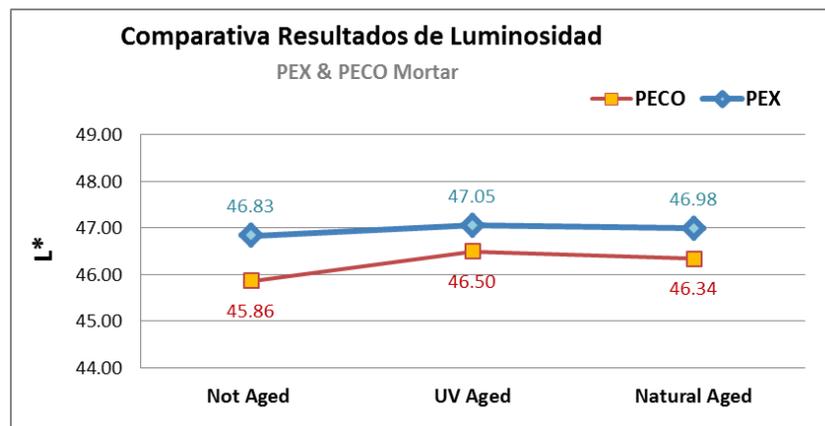


Fig. 3. 46 Gráfica comparativa de Luminosidad en DELTA E test.

Las pruebas cromáticas pudieron ser realizadas, obteniendo los siguientes resultados. En cuanto a la prueba PANTONE. Se observan resultados iguales a los anteriores con 5 cambios en PEX y 3 cambios en PECO. En cuanto los resultados de la prueba DELTA E, se detalla a continuación los resultados en cada medición. En principio los resultados de Luminosidad ( $L^*$ ) obtenemos que la pintura con mejor comportamiento es la tipo PEX sin mayor cambio en la luminosidad. Mientras que la PECO tiene un ligero cambio pero de aumento en luminosidad. (Fig.3.47)

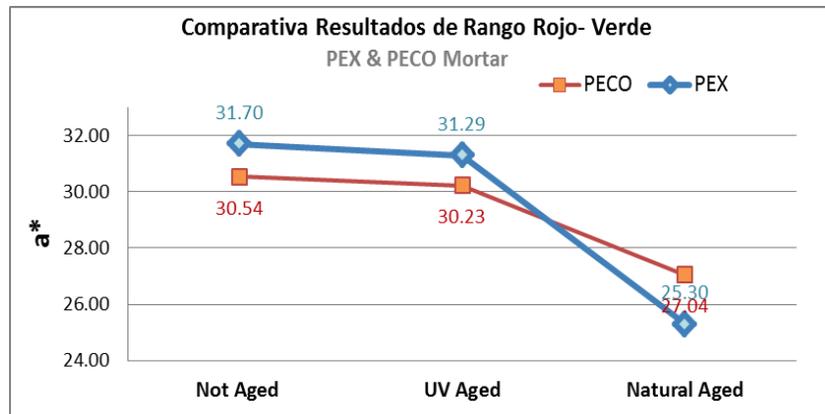


Fig. 3. 47 Gráfica comparativa Rangos Azul- Amarillo en DELTA E test. Muestras tipo b

En cuanto las coordenadas en  $a^*$  (rango rojo-verde), se observa una disminución muy notoria en ambos casos, PEX con  $-6.00$  y PECO con  $-3.19$  ambos en caso del envejecimiento natural. Mientras que en el envejecimiento UV ambas presentaron una mejor resistencia.

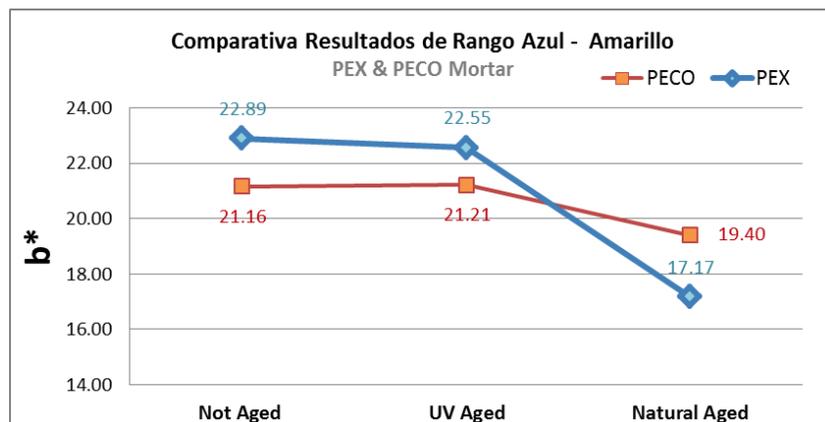


Fig. 3. 48 Gráfica comparativa de Rangos Rojo- Verde en DELTA E test. Muestras tipo b

Por ultimo en las coordenadas  $b^*$  (rango azul-amarillo), PECO obtiene resultados más estables y una diferencia mayor en el caso del envejecimiento natural de  $-1.76$ . Por el contrario PEX muestra una disminución mayor en los envejecimientos UV y natural, hasta los  $-5.19$ .

En la medición de brillo se observa en primera instancia que ambas pinturas redujeron los valores de brillo en este tipo de muestras. La muestra PECO obtiene valores mayores de brillo y mayor perdida en comparación con la PEX.

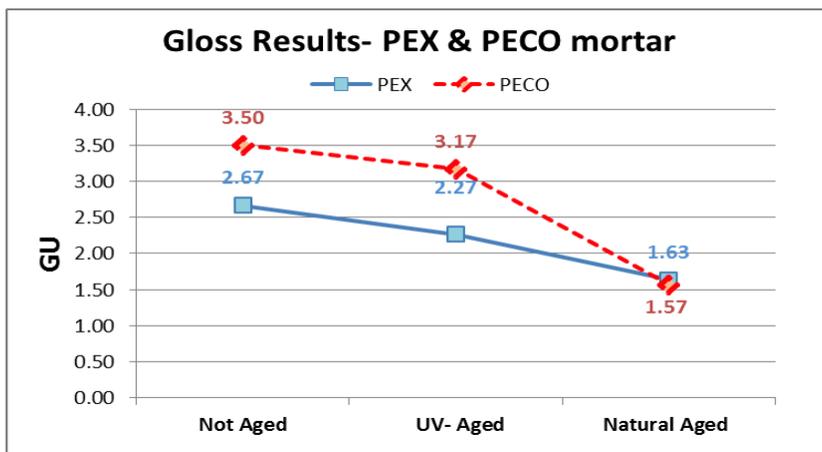


Fig. 3. 49 Gráfica Comparativa de Resultados en Brillo

Tabla 3. 18. Cambios en Cromática en Muestras Tipo B

Cambios obtenidos posteriores a Envejecimiento UV.			
Prueba	Medición	PEX Pintura para exteriores	PECO Pintura Ecológica
DELTA E	Luminosidad	-0.22	+0.64
DELTA E	Rango Rojo- Verde	-0.41	-0.31
DELTA E	Rango Amarillo- Azul	-0.34	+0.05
GLOSSMETER	Brillo	-0.4	-0.33
	<b>Total</b>	<b>-1.37</b>	<b>0.05</b>

En la Tabla 3.18 se resume la diferencia de datos obtenidos en cada uno de los envejecimientos. Obteniendo como resultado una mejor respuesta de la pintura tipo PECO a la radiación Ultra violeta con +0.05, mientras que la pintura PEX tiene una diferencia de - 0.4

**Tabla 3. 19 Cambios en Cromática en Muestras Tipo B**

<b>Cambios obtenidos posteriores a Envejecimiento Natural.</b>			
<b>Prueba</b>	<b>Medición</b>	<b>PEX</b> Pintura para exteriores	<b>PECO</b> Pintura Ecológica
<b>DELTA E</b>	Luminosidad	<b>+0.15</b>	<b>+0.48</b>
<b>DELTA E</b>	Rango Rojo- Verde	<b>-6.4</b>	<b>-3.5</b>
<b>DELTA E</b>	Rango Amarillo- Azul	<b>-5.72</b>	<b>-1.76</b>
<b>GLOSSMETER</b>	Brillo	<b>-1.04</b>	<b>-1.93</b>
	<b>Total</b>	<b>-13.01</b>	<b>-6.71</b>

En el análisis de envejecimiento Natural se obtiene que la pintura con mayor cambio se presente en la tipo PEX con una diferencia de – 13.01. Por otra parte la pintura PECO obtiene una diferencia de – 6.71.

Para finalizar se realiza una relación con relación al porcentaje (con el mismo procedimiento al anterior) de afectación obtenida por la radiación Ultravioleta. La cual homologando en un periodo de 1170 horas, se obtiene como resultados que la pintura tipo PEX tiene un deterioro por radiación Ultravioleta de un 15.80%. La pintura tipo PECO obtiene una mejor reacción ante la radiación con solo un 1.12%.

**Tabla 3. 20 Resumen de Resultados Cromáticos en pintura PEX y PECO**

<b>Tipo de envejecimiento</b>	<b>Tiempo de envejecimiento hrs</b>	<b>PEX</b> Pintura para exteriores	<b>PECO</b> Pintura Ecológica
<b>Envejecimiento natural</b>	1170	-13.01	-6.71
<b>Envejecimiento UV</b>	720	-1.37	0.05
<b>Envejecimiento UV</b>	1170	-2.22	0.08
<b>Porcentaje de afectación de UV</b>	<b>1170</b>	<b>17.06%</b>	<b>1.12%</b>

A continuación se presenta una comparativa del resumen de los resultados obtenidos en ambos tipos de muestras, sobre vidrio y mortero, es decir muestras a\* (vidrio) y b\* (mortero) para analizar los comportamientos diversos entre una muestra simple y una muestra sobre material tradicional empleado en el país. Uno de los objetivos de la investigación es el conocer de qué manera influye la colocación convencional del recubrimiento en los procesos constructivos nacionales. Esto debido a la falta de estudios sobre este tipo de muestras. En las siguientes gráficas se observan la comparativa por Pintura por tipo de muestras.

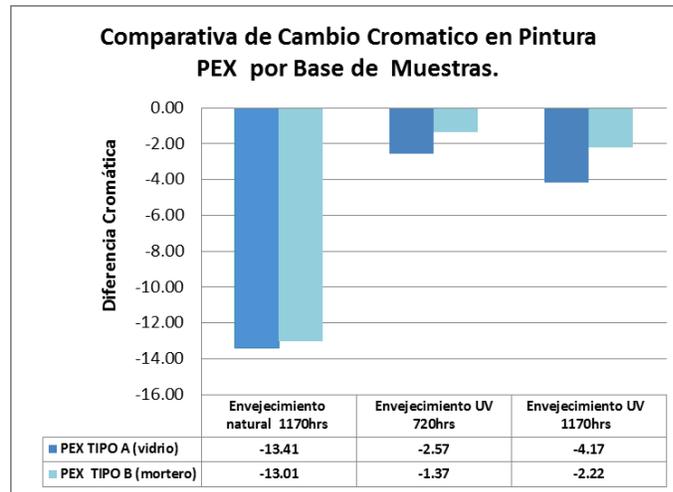


Fig. 3. 50 Gráfica de resumen comparativa entre tipo de muestras a y b en resultados de pintura PEX

En el caso de la pintura para exteriores se observa un comportamiento muy similar en los resultados de las mediciones. Se obtiene un total con diferencia de + 0.40 observado en el caso de las muestras sobre mortero para el envejecimiento natural, mientras que en los resultado del Envejecimiento Ultravioleta se tiene como resultado una diferencia de + 1.20 en las muestras tipo b. Esto concluye en que las pinturas sobre mortero modifican sus resultados ligeramente comparados a los de la pintura sola.

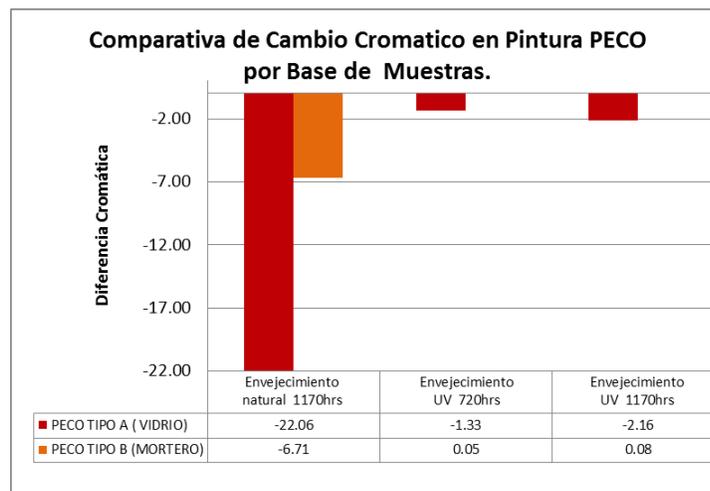


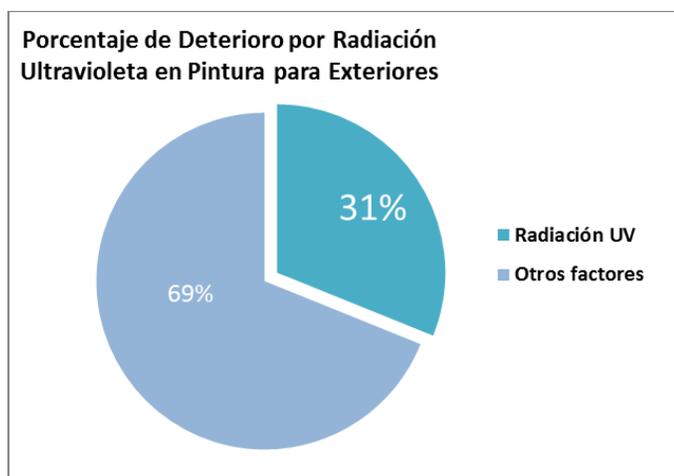
Fig. 3. 51 Gráfica de resumen comparativa entre tipo de muestras a y b en resultados de pintura PECO

Por otra parte, los resultados de la pintura Ecológica, si muestran resultados muy diferentes sobre todo en el caso de las muestras expuestas a la radiación natural, las cuales tienen una diferencia de + 15.35, es decir la pintura sobre mortero mejoro más del 65% . En el caso de la radiación Ultravioleta se obtuvieron buenos resultados en las muestras, donde no se observan cambios drásticos en este envejecimiento. En este punto se confirma en ambos casos que la pintura Ecológica muestra una reacción extraña a la radiación UV, en ambos casos no se observan tan negativos los resultados, demostrando un mejor comportamiento.

### 3.5 CONCLUSIONES

En los anteriores resultados se logra el objetivo de establecer las reacciones adversas ante la radiación ultravioleta y la radiación solar junto con los otros factores de la intemperie (envejecimiento natural), esto con el fin de establecer los rangos de daño de la radiación ante las características cromáticas y físicas de las pinturas seleccionadas para el estudio anterior. A partir de la anterior se concluyen los siguientes puntos como resultado de la caracterización y comparativa de las pinturas PEX y PECO.

1. En los resultados entre muestras envejecidas natural y artificialmente se aprecia desde una perspectiva visual los cambios superficiales de las películas de pintura. Esto recalca la importancia de tener ambos tipos de envejecimiento en la investigación.
2. Las pruebas no pudieron realizarse de la misma manera en ambos tipos de muestras A\* y B\* como se esperaba, debido a que la mayor parte de la instrumentación utilizada no permitía la existencia de una rugosidad tan alta como las muestras sobre mortero. Esto genera una disminución de datos sobre este tipo de muestras, al contrario como se pretendía establecer. Por lo tanto se propone la realización de muestras con un rango de rugosidad mucho menor al de las realizadas y la búsqueda de más instrumentos de medición más adecuados al tipo de rugosidad de las muestras.
3. La radiación UV afectó cromáticamente ambas muestras a pesar de tener un tiempo corto de envejecimiento. Los resultados en cambios cromáticos obtenidos por las pruebas muestran un posible crecimiento proporcional; por lo tanto se define que al año el cambio cromático por radiación Ultravioleta haciendo una comparativa con el resto de los factores externos en cada una de las pinturas, son los siguientes:



**Fig. 3. 52 Gráfica de Porcentajes de Afectación UV en PEX**

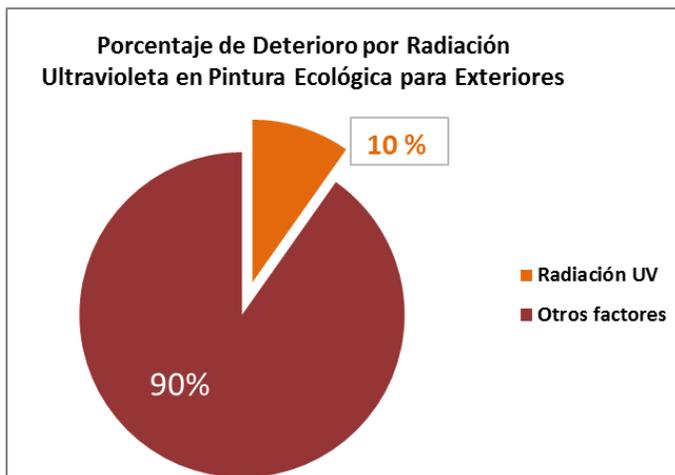


Fig. 3. 53. Gráfica de Porcentajes de Afectación UV

4. Se establece una unidad de disminución cromática por hora en relación al daño causado por la radiación ultra violeta, es decir **Unidad De Perdida Cromática por Radiación UV**.

$$\begin{aligned} \text{PEX} &= -0.00356 \text{ PC/hr} \\ \text{PECO} &= -0.00184 \text{ PC/hr} \end{aligned}$$

5. En criterios de cromática, de acuerdo al resultado de porcentaje equivalente se define que:
- a) La pintura tipo PEX (*pintura especial para exteriores con resistencia a la radiación UV*) muestra una mayor afectación por la radiación UV con respecto a los demás factores externos.
  - b) La pintura tipo PECO (*pintura ecológica*) demuestra una afectación menor en consideración de los otros factores.
  - c) La pintura PECO adquiere mayor decoloración por otros factores de acuerdo a los resultados. Por lo tanto resulta con una mayor resistencia ante los cambios provocados por radiación ultravioleta
6. El aspecto de la rugosidad es de carácter importante debido a su papel en tres cualidades de una pintura: reflexión, uniformidad y humectación (limpieza). Esta propiedad es de importancia en las respuestas naturales ante la reflexión y manejo de la radiación solar. En los resultados de las mediciones de rugosidad se destaca **el aumento de rugosidad en el caso de radiación UV, el resultado es mayor que el obtenido en envejecimiento natural en un 120%, en consecuencia se entiende que la radiación UV es la que más afecta a la porosidad de la superficie afectando directamente las propiedades de reflexión, uniformidad, humectación y limpieza**, por ende disminuye las tres cualidades anteriores, generando que el recubrimiento sea deficiente.
7. Considerando la rugosidad en la difracción del brillo y la humectación, la pintura con mejor comportamiento de tipo **Ecológica PECO**.

8. En la medición del ángulo de contacto se obtiene como aporte de reacción de las pinturas vinílicas y acrílicas posterior al envejecimiento, los resultados que **confirman el cambio del ángulo por el cambio de porosidad de la superficie del materia**. Establecido anterior mente por Ploeger, Rebbeca et. Al. 2008 como: un incremento de la polaridad en la superficie durante el envejecimiento UV, lo cual se relaciona con el envejecimiento de foto- oxidación y degradación de los componentes de la pintura. Se debe profundizar más en este aspecto, ya que la radiación en esta característica es benéfica al recubrimiento.
9. En la Pruebas Mecánicas en cuanto a dureza y adhesión los resultados fueron inmediatos y similares a los de investigaciones anteriores. El aporte es la obtención de los resultados en las muestras de concreto, donde se destaca el incremento en ambas propiedades.
10. En el comportamiento de las pinturas sobre los materiales convencionales., se concluye que estas aumentan en mayor porcentaje las características físicas de adhesión y dureza, sin embargo en cuanto las características de cromática y de resistencia a la radiación UV el cambio no fue muy notorio. Por lo tanto se establece que en cuanto al uso de materiales de manera convencional los recubrimientos necesitan mejoras.

## CAPITULO 4.

# PINTURA CON DURABILIDAD CRÓMATICA

En el primer capítulo se habla de la importancia de la cromática exterior y las afectaciones de la radiación solar en los materiales. En consecuencia se establece que la falta de productos capaces de combatir las afectaciones por la intemperie, en el especial a la radiación solar, se establezcan nuevas líneas de investigación para proponer la mejora de los materiales, en este caso la pintura para exteriores es el objeto de estudio y la decoloración como aspecto negativo a contrarrestar.

La composición de las pinturas se basa en dos componentes importantes: los pigmentos y el vehículo. En estos casos la clasificación de los mismos es lo que le da el nombre de las pinturas, las de tipo sintético utilizan pigmentos polimerizados y de minerales, mientras que las pinturas de origen vegetal sus pigmentos son propiamente de ese origen. Por lo tanto, el pigmento es el responsable del color, mientras que el vehículo está conformado por el solvente y el aglutinante, es decir, en donde se disolverán los ingredientes para ser aplicados, mientras que el aglutinante será el que los mantenga unidos. En estos ingredientes, las industrias de las pinturas han generado una gran cantidad de aditivos para mejorar cada una de esos componentes, y poder ofrecer productos de mejor calidad, distintos usos y una mayor durabilidad. Estos aditivos se realizan con recursos dañinos para el ambiente. .

Una vez terminada la etapa experimental, se obtienen los resultados que dan los lineamientos para sustentar que con base a lo anterior, la bio-inspiración es el camino a elegir para dar solución a la problemática encontrada. En este último capítulo se establecen los lineamientos de la elección del aditivo de mejora, las mejoras en cuestión de producción, durabilidad y sobre todo darle importancia a la mitigación de los aspectos negativos en impacto ambiental.

## 4.1 ANÁLISIS BIOMIMETICO

La bio-inspiración es una de las claves para encontrar las soluciones a respuestas externas. Esta investigación se centra en el aspecto positivo de la relación entre las plantas y la radiación solar para encontrar respuesta a las problemáticas planteadas y sustentadas en la experimentación.

Previamente, se ha realizado una comparativa de trabajo entre las hojas de las plantas y la radiación (véase capítulo 1.4), en este capítulo se presenta un análisis más profundo sobre la capacidad foto-receptora de las plantas utilizando la información obtenida a partir de la experimentación realizada, para comprender a profundidad las reacciones de foto-comportamiento de ambos objetos ( plantas y pinturas), para posteriormente exponer el porqué de la elección de la bio –inspiración como medio de solución.

Anteriormente se definió la importancia sobre la afectación causada por la radiación ultravioleta en el medio ambiente actual, esto debido a que es una afectación que implica a todo tipo de objeto expuesto a esta radiación. A esta información se agrega, en lo que corresponde a las plantas el aumento de la radiación ultravioleta también afecta sus mecanismos de foto respuesta, se detalla a continuación esta problemática.

Las respuestas de algunas plantas ante un incremento de radiación ultravioleta, sobre todo en el rango B, gracias a este tipo de radiación las consecuencias en las plantas han sido negativas, debido a que ante este tipo de radiación aún no cuentan un mecanismo completo de defensa, causando una completa modificación en sus estructuras, en el proceso fotosintético y terribles consecuencias de hasta la extinción en los últimos años. Una vez que el rayo logra pasar las primeras capa de cera de la hoja, afectan directamente los cromóforos<sup>11</sup>, los pigmentos de la hoja, encargados de la foto respuestas durante el proceso fotosintético, teniendo como consecuencia deficiencias en el mismo.

De acuerdo a Carrasco (2009) a lo largo de la evolución, la radiación UV ha inducido en las plantas diversos cambios anatómicos, que han permitido modificar su intercepción y su penetración al interior de las células. Una de las reacciones de las plantas ha sido la modificación y aumento de ceras expuestas a la radiación solar, favoreciendo la reflexión de la Luz ultravioleta A y B y reduciendo su penetración al interior de la estructura

---

<sup>11</sup> Un cromóforo es la parte o conjunto de átomos de una molécula responsable de su color. Es una región molecular donde la diferencia de energía entre dos orbitales moleculares cae dentro del rango del espectro visible. La luz visible que incide en el cromóforo puede también ser absorbida excitando un electrón a partir de su estado de reposo.

de la hoja. Además de las ceras, las plantas han reducido su tamaño de hojas y su grosor como consecuencia de la radiación ultravioleta extrema.

**Las ceras vegetales tienen la capacidad de actuar como reflejantes de luz visible, ultravioleta, infrarroja e incluso son las encargadas de darle a la superficie sus propiedades hidrófobas** (tal es el caso de la Flor de loto). Por lo tanto esta capacidad de las plantas es la base para la bio-inspiración en el funcionamiento de una pintura que sea capaz de funcionar como un recubrimiento con una foto- respuesta mejorando su durabilidad y capacidad al exterior.

En la siguiente tabla se sintetiza la información recabada sobre la importancia de una capacidad de foto reacción para las superficies externas tanto de la fuente natural: las plantas y la fuente artificial: las pinturas.

**Tabla 4. 1 Comparativa Funcionamiento de Respuesta.**

 <b>Planta</b>	<b>Característica</b>	 <b>Pintura</b>
El color en las hojas es estable ante los factores climatológicos, siempre y cuando tengan los nutrientes necesarios, el principal es <b>la luz solar. Las moléculas encargadas del color funcionan por refracción exacta de luz visible.</b>	<b>Cromática</b>	La durabilidad está ligada a los componentes, esta varía según el clima y la superficie de colocación. El mantenimiento es necesario para mantener un color intenso
El color en las hojas es estable ante los factores climatológicos, siempre y cuando tengan los nutrientes necesarios, el principal es <b>la luz solar.</b>	<b>Durabilidad</b>	La durabilidad está ligada a los componentes, esta varía según el clima y la superficie de colocación. El mantenimiento es necesario para mantener un color intenso.
El funcionamiento de las ceras de protección en las hojas de las plantas son las encargadas de esta propiedad, protegen a la hoja de la humedad creando una superficie hidrófoba. Por lo tanto la humedad en algunos casos solo genera el estancamiento de suciedad en la superficie, mientras que en otros limpia la superficie. En este caso la humedad no logra traspasar la superficie de la epidermis de la hoja-	<b>Humectación</b>	La película de pintura aumenta su grado de humectación posterior al envejecimiento sin embargo, está muy por debajo de llegar a ser una superficie hidrófoba. En consecuencia la Humedad se detiene más tiempo en la superficie, la afecta y logra atravesarla, en casos extremos penetra la superficie impactando directamente en la cromática, adhesión y dureza del recubrimiento
La rugosidad varía dependiendo el tipo de planta y su funcionamiento. No cambia por la radiación solar se mantiene constante.	<b>Rugosidad</b>	La rugosidad es directamente modificada por la penetración de la radiación solar.

<p>La recepción de altos niveles de radiación ultravioleta, en especial UV-B afecta directamente el proceso fotosintético a través de la afectación directa de los cromóforos. Afecta la alimentación, cromática de la hoja, el tamaño y su orientación</p>	<p><b>Foto Daño</b></p>	<p>La alta radiación ultravioleta afecta directamente desde la superficie de la película de la pintura. Disminuye la cromática hasta en un 30% durante el primer año ante la radiación. Afecta la propiedad de rugosidad.</p> <p>Genera foto oxidación de los pigmentos empleados.</p>
<p>La estructura de las clorofilas está diseñada para <b>absorber las ondas de luz visible necesarias para su alimentación y su color. La superficie tiene mecanismos de protección eficientes para prevenir el efecto dañino de la UV.</b></p>	<p><b>Foto Respuesta</b></p>	<p>Las ondas reflectadas son manipuladas por el hombre. Manejan resistencia a los daños de la radiación infrarroja y UV pero no es capaz de rechazarlas.</p>
<p><b>Los distintos mecanismos de adaptación a la radiación UV son estrategias que evitan la penetración de estos rayos, al igual que los reflejan; este funcionamiento se le denomina proceso de FOTO REPARACIÓN</b></p>	<p><b>Foto Reparación</b></p>	<p>No cuentan con un proceso de rechazo o adecuación a la radiación UV.</p>

Después de haber revisado los puntos anteriores, se llega a la conjetura de que el medio para imitar cada una de las propiedades de resistencia de las plantas es la modificación molecular de las pinturas. Las plantas siguen modificándose a nivel celular, molecular y anatómico ante los cambios negativos del clima como se menciona en cada uno de los puntos de la tabla anterior. Lo anterior confirma que el uso de la nano tecnología como vía para la modificación interna del recubrimiento seleccionado mejoraría los aspectos sobre todo ante el daño de radiación ultravioleta y otras resistencias. Esta nueva ciencia multidisciplinar proporciona productos con nuevas propiedades fisicoquímicas diferentes a las de las moléculas individuales o sólidos de la misma composición (Medina et al., 2007).

## 4.2 SELECCIÓN DE ADITIVO PARA MEJORA

Después de conocer que las necesidades de mejora, y definir que las necesidades de imitación se pueden lograr siempre y cuando estas actúen a un nivel molecular e inteligente de reacción, se establece que la nano tecnología es el mejor camino para lograr el objetivo de mejora.

Hoy en día, la tecnología nanométrica está presente en los materiales para la construcción, estos cambios en los materiales generan un catálogo de materiales, más útiles, con un ciclo de vida más eficiente. Esta búsqueda de materiales más eficientes, son la reacción ante el uso desmedido de recursos dentro de la construcción, uso que ha generado consecuencias en el deterioro del medio ambiente, por lo que se busca que la nano tecnología llegue a reducir estas consecuencias. La nanotecnología funciona mejorando las características del material, transformando su composición química, de esta manera los materiales reaccionan de manera diferente a su entorno. .

En capítulos anteriores se ha mencionado la existencia actual de estas tecnologías en la industria de las pinturas, la primera utilización fue dentro de las pinturas con la característica de la Flor de Loto, en la Pintura Lotus-san. Esta pintura es capaz de crear una superficie hidrófoba , creando una superficie auto-limpiable .A partir del éxito de la pintura anterior se han desarrollado más investigaciones sobre el uso de la nanotecnología en las pinturas de uso arquitectónico tales como la aplicación de componentes de nano- sílice para diseñar una pintura más agradable con el ambiente y de mayor resistencia, Mizutani et al., 2004 presentan un estudio el cual habla sobre la aplicación de nano- sílice en pinturas para muros. En su estudio destacan la búsqueda de solución a otras necesidades de las pinturas fuera de su resistencia a la humedad, especificándose en crear una pintura nano-compuesta que contrarreste los daños obtenidos por polución

En la siguiente tabla se mencionan los NANO- compuestos utilizados en mejoras de recubrimientos, estos mismos han sido objeto de estudio en otras investigaciones y lo siguen siendo para investigaciones futuras. Para esta investigación son sumamente importantes los valores de daño ambiental, de esa manera responden a una mejora completamente funcional.

Tabla 4. 2 Comparativa de Características de Nano Compuestos

Descripción	Nano Sílice	Nano Plata	Nano Dióxido de Titanio
<b>Composición</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>AgNPs</b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>
<b>Origen</b>	Mineral. Artificial Vegetal	Mineral	Mineral Artificial
<b>Producción</b>	Es un compuesto químico de silicio y oxígeno En la actualidad se puede encontrar de manera natural o artificial, de esta última pueden obtenerse a través del método sol-gel o Método Pirogénico <b>Método vegetal a partir de cascara de Arroz</b>		Compuesto químico de titanio y oxígeno. La extracción en mineral, y se producen industrialmente en grandes cantidades. Presente en ciertos minerales, se encuentra en forma esférica, barata y abundante en la Tierra.
<b>Características</b>	El estado más común en la naturaleza es como mineral sólido cristalino, como el cuarzo o el opal-Son principalmente usadas para el reforzamiento, la disminución de grosor y el mejoramiento de las superficies	La plata es un metal de acuñar muy dúctil y maleable Alta conductividad eléctrica de todos los metales. Algunas sales de plata son fotosensibles (se descomponen por acción de la luz) y se han empleado en fotografía.	Pigmento inorgánico más importante en términos de producción mundial, por sus propiedades de dispersión, su estabilidad química y su no toxicidad.
<b>Propiedades</b>	Mejora la dureza de los materiales Resistencia a ralladuras. Anti- humectante Aumenta el brillo y son transparentes <b>Demuestra una alta reflexión a las ondas largas, Luz visible y Ultra violeta.</b>	BIOCIDA Purificador natural. Un efecto de esterilización natural de la atmósfera al entrar en contacto con la Turmalina, previniendo la formación de hongos, virus y bacterias, ácaros y partículas de polvo.	Es un semiconductor sensible a la luz que absorbe radiación electromagnética cerca de la región UV. Funciona como foto catalizador. Estable químicamente y no es atacado por la mayoría de los agentes orgánicos e inorgánicos. (BIOCIDA)
<b>Usos</b>	Electrónica, Pinturas, Concretos, Recubrimientos Anti humectables. Vidrio artificial, cerámicas y cemento.	electrónica, ropa, pinturas, cosméticos, bactericidas, biofungicidas, aplicaciones Biomédicas, en la industria médico-farmacéutica y alimentaria.	Pinturas, Cosméticos, Alimentos, Prótesis, entre otras
<b>Efectos negativos para la salud *</b>	La inhalación durante su producción puede ocasionar daños en los pulmones, y llegar a hacer agente cancerígeno. Algunos tipos de partículas han demostrado que inducen inflamación y provocan enfermedades como fibrosis y cáncer En caso de consumo humano en cantidades pequeñas ha demostrado no ser dañino. No se presentan consecuencias en piel.	La ingestión de partículas de plata en suspensión está asociada con una serie de consecuencias perjudiciales, incluyendo úlceras intestinales. daño al ADN, también se ha observado que la exposición de AgNPs induce la liberación de una serie de marcadores pro inflamatorios, principalmente el factor de necrosis tumoral	La inhalación de nano-partículas de titanio es mala para los pulmones, y posible agente cancerígeno. El consumo en alimento aun en dosis pequeñas ha demostrado contribuir a la formación de cánceres, problemas gastrointestinales, entre otro.  Problemas en la piel por sus agentes
<b>Efectos negativos para el medio ambiente</b>	Actualmente han mejorado los estándares de fabricación de este compuesto, y han aumentado las posibilidades de producción. Esto mejora el uso de recursos destinado a la producción.	Es capaz de contaminar altamente en los ecosistemas acuáticos y terrestres por su alta presencia en desechos.	Una alta extracción de Dióxido de titanio El efecto ambiental más importante de la minería subterránea es la extracción de recursos naturales no renovables. Durante la extracción de materias primas se pierden recursos y se deterioran otras

			secciones del yacimiento. La mejor forma de contrarrestar estas consecuencias consiste en planificar cuidadosamente las operaciones de extracción, relleno con estéril, etc.
--	--	--	--

\* En general toda elaboración de nano partículas expone sobre todo a partículas liberadas que generan problemas serios en los pulmones por su inhalación conduciendo a una irritación crónica y un efecto negativo sobre el desarrollo de los pulmones. La industria de nano compuestos actualmente está estableciendo los riesgos del manejo y durante el ciclo de vida de estos materiales. Sin embargo la emisión de nano partículas al ambiente es presente en el ambiente como consecuencia de varios sucesos, como se observa en la imagen siguiente, las fuentes son de tres tipos pueden ser Naturales, Accidentales o Intencionales. (Fig., 4.1)



**Fig.4.1 Fuentes de Emisión de Nano Partículas al Medio Ambiente (Smita et al., 2012).**

Las Nano Partículas tienen la capacidad de tener una relación más eficiente de superficie-volumen, por lo tanto una mayor superficie de contacto con el entorno. Esto hace que los nano materiales sean muy atractivos para su explotación en múltiples sectores (Johnston et al., 2010) y que la nanotecnología se expanda a un gran ritmo.

De los elementos anteriores se descarta el dióxido de titanio, este elemento ha sido utilizado en la industria de la pintura sobre todo para las pinturas blancas, y su capacidad de absorción de radiación ultravioleta lo diferencia de otros materiales. Sin embargo su producción masiva afecta actualmente la reserva de este material al ser solo de origen mineral.

La segunda característica negativa es, (Kaiser, Diener, & P, 2012) realizaron un estudio enfocado en el nivel de daño de nano partículas ocupadas en las pinturas, en caso de tener contacto con tejidos gastrointestinales y del sistema inmune. En la experimentación se utilizaron las tres partículas de Sílice, Plata, y Titanio, en la mayor parte de las pruebas, las partículas de Sílice resultaron ser menos dañinas que las otras.

En general, los estudios realizados a los nano-compuestos anteriores sobre consecuencias en la salud, se encuentra mayor información sobre el nano dióxido de titanio, donde a pesar de ser el más empleado en varias industrias, tiene los rangos conocidos más altos de daños a la salud humana entre las tres opciones, también se ha propuesto no utilizarlo hasta no descartar su completo rango de daños. (Senjen, 2009)

La nano plata tiene fines diferentes a los requeridos por la investigación ha demostrado tener una buena refracción de luz y propiedades bactericidas. Sin embargo su posible uso como aditivo a las pinturas exteriores serviría para mejorar la resistencia a la formación de microorganismos por exceso de humedad.

Por último, el nano sílice se destaca por tener más de las características que se necesita aportar en la mejora, se destaca su la propiedad de dureza y sobre todo en el aspecto físico el grado tan alto de hidrofobia que naturalmente tiene este mineral (utilizado anteriormente en recubrimientos auto limpiables) También por contar con propiedades de foto reflexión de la luz visible. La mejor ventaja de este nano compuesto es que actualmente ya se puede obtener a través de **origen vegetal**

“La sílice forma parte de numerosos vegetales, principalmente para cumplir funciones estructurales o para aumentar la resistencia de las mismas. Además, se conoce que en la mayoría de las plantas la sílice se toma del medio como un componente inerte y luego se concentra en ciertas zonas específicas, incluso puede participar en el metabolismo y conformación de compuestos orgánicos. La sílice se encuentra distribuida a través de la estructura de las plantas, especialmente en los tallos, para reforzarlas y endurecerlas; ejemplos de ello son los tallos de pastos y granos, el bambú, la cáscara de las nueces, las espinas duras de algunas plantas como la ortiga y ciertas especies de madera.”

En investigaciones anteriores las características del nano sílice han sido de gran interés, por lo que sus propiedades se han estudiado en diferentes ámbitos. “Añadiendo las Nano partículas, mejoran la estabilidad de suspensión, la Tixotropía<sup>12</sup> del recubrimiento, refuerza la combinación entre sustrato y

---

<sup>12</sup> La propiedad de algunos fluidos no newtonianos y pseudoplásticos que muestran un cambio de su viscosidad en el tiempo; cuanto más se someta el fluido a esfuerzos, más disminuye su viscosidad.

recubrimiento con el grado de acabado. Además de disminuir el tiempo de secado (...)” (EPRUI Nanoparticles & Microspheres CO. Ltd, 2014)

Las industrias actuales se están enfocando a la elaboración de nano compuestos, el silice es una de ellas, actualmente al ser un producto del mercado actual, se han descubierto más propiedades y usos.

“La Nano-Silicua tiene las siguientes características: partículas diminutas, distribución angosta de partículas, porosa, superficie de área grande (...) **Demuestra una alta reflexión a las ondas largas, Luz visible y Ultra violeta.** (EPRUI Nanoparticles & Microspheres CO. Ltd, 2014)

Las propiedades que el nano-silice genera en los recubrimientos, se enfocan en la durabilidad, resistencia y sobre todo en búsqueda de una mejora de la calidad de los recubrimientos en cuanto a características de impacto ambiental y de funcionamiento. Esta investigación a diferencia de las anteriores se enfoca en la cromática y la reflexión de radiación solar, característica que de acuerdo a la cita anterior, será modificada por su alta reflexión a las ondas de Luz Visible con respecto al color y la reflexión de Radiación UV para la disminución de las afectaciones causadas y comprobadas en este estudio.

Lo anterior, ha sido comprobado por otras investigaciones, como el caso de Sun Daoxing, 2010, en su investigación se observa claramente la reducción de tiempo de secado, la mejora de adhesión, la durabilidad en cuanto a uso y factores externos como el agua ( véase tabla 3.19 ). “ La tabla demuestra como la nano-silica puede mejorar casi todos los aspectos de las propiedades de los recubrimientos. La razón es que el nano-silice tiene partículas pequeñas, una superficie grande, y un gran número de uniones hidroxilas<sup>13</sup> residuales y activas en su superficie”. (Sun Daoxing, 2010)

---

<sup>13</sup> *El grupo hidroxilo es un grupo funcional formado por un átomo de oxígeno y otro de hidrógeno, característico de los alcoholes, fenoles y ácidos carboxílicos entre otros compuestos orgánicos.*

Tabla 4. 3 Influencia del nano - sílice en el funcionamiento de las pinturas. (Sun Daoxing, 2011)

Properties	No nano-silica	3% Nano-silica
Solid (%)	70	70
No pick-up time (min)	8–10	<5
Solid dry time (min)	>80	<30
Pencil hardness (h)	2	>3
Adhesion (100%)	90	100
Wear resistance (days)	132	370
UV resistance (h) (200 W, 10 cm distance)	500 chalky	>2000 not chalky
Water resistance (h)	560 desquamate	>1000 not desquamate
Stability (months)	>12	>12

Esta investigación se enfocará en la característica obtenida por esta y otras investigaciones, sobre el comportamiento de la nano sílica y la radiación solar. En la tabla anterior también en la pintura de tránsito se observó un crecimiento notorio de la resistencia a la radiación UV.

Para concluir, se analizaron otras investigaciones similares en pinturas, las cuales han logrado probar las capacidades de este nano compuesto como aditivo a pinturas. En la siguiente tabla se resumen los resultados de las pruebas realizadas en esta investigación, y se comparan con los resultados obtenidos en otras investigaciones. Los resultados variaron también con base al tipo de pintura. En esta comparativa de resultados, la presente investigación añade la parte cromática.

Descripción		Envejecimiento			Cromática					Mecánica		Hidrofobia	
Reference	Type of Paint	Natural	UV	Time (hrs)	Gloss 60°* (GU)	ΔE CIE (L*a*b*)			Roughness (μm)	Adhesion (**)	Hardness (***)	Contact Angle (°)	
FREE - SILICA PAINTS	Daoxing et. Al. 2010	White Traffic Paint Water borne	●		>672	N-M			N.M	Class 5	2 B	N-M	
	Mizutani et. Al. 2006	White Paint Water borne	●		168	62			N.M	Class 5	2B	66 ± 2	
	Actual Research 2014	Red Paint UV resistance Water borne	●		1	9			47 33 24	2.29	Class 5	B	35 ± 2
	Actual Research 2014	Red Bio- Paint Water borne	●		1	18			46. 20. 32. 3	2	Class 5	B	32 ± 2
	Actual Research 2014	Red Paint UV resistance Water borne	●		2016	6.37			33. 45. 23. 5 7 4	4.23	Class 5	4H	63 ± 2
	Actual Research 2014	Red Bio- Paint Water borne	●		2016	3.37			23. 32 45. 7 7	2.34	Class 5	2H	61 ± 2
	Actual Research 2014	Red Paint UV Resistance Water borne		●	720	8.4			46. 27. 27. 1 7 7	5.19	Class 5	B	61± 2
	Actual Research 2014	Red Bio- Paint Water borne		●	720	16.6			27. 47 19. 4 6	4.28	Class 5	HB	46 ± 2
SILICA PAINTS	Mizutani et. Al. 2006	White Wall Paint Water borne	●		168	43			N.M	N.M	Class 5	2B	36 ± 2
	Daoxing et. Al. . 2010	White Traffic Paint Water borne	●		>672	N.M			N.M	N.M	Class 5	3B	N.M

N.M.: Not Measure

(\*) Glossmeter 60°

(\*\*) Tape Test

(\*\*\*) Pencil test

Tabla 4. 4 Tabla 4. 4 Tabla Comparativa de Evaluación de Pinturas

Para la realización de la tabla anterior se toma en cuenta dos investigaciones anteriores ( Mizutani et. Al. 2006, Daoxing et. Al. . 2010) Las otras investigaciones se basaron en los datos obtenidos después de un envejecimiento natural cabe destacar que ambas investigaciones se enfocaron en pinturas base agua como primera medida de disminución de impacto ambiental. Los valores en cada investigación varían de acuerdo al enfoque, sin embargo al comparar los resultados obtenidos en la presente investigación con las otras se observan resultados semejantes.

Los estudios anteriores proponen el uso de nano-sílice en pinturas, con resultados positivos en cuanto a varias características importantes de las pinturas. Sin embargo los procesos de creación del nano compuesto, se catalogan como altamente contaminantes, por lo que es necesario encontrar opciones de carácter ecológico que ayuden a que las propiedades encontradas en el nano compuesto puedan ser utilizadas sin tantas consecuencias negativas al ambiente.

*“De acuerdo a la Comisión Europea (2012) la cantidad global de nano materiales en el mercado es de aproximadamente 11.5 millones de toneladas. Esta cantidad, en su mayoría se refiere a dos tipos de nano materiales, Carbón negro ( 9.6 millones) y el nano sílice (1.5 millones). Por otra parte, Keller et al. Reportan que en el 2010 se produjeron 81 200 toneladas de Si O<sub>2</sub>, de las cuales 9 500 toneladas fueron usadas en las categorías de recubrimientos, pinturas, y pigmentos.” (Liljenström, Lazarevic, & Finnveden, 2013)*

El dióxido de sílice es un compuesto químico de silicio y oxígeno. En la actualidad se puede encontrar de manera natural o artificial, de esta última pueden obtenerse a través del método sol-gel o Método Pirogénico. El estado más común en la naturaleza es como mineral solido cristalino, son principalmente usadas para el reforzamiento, la disminución de grosor y el mejoramiento de las superficies.

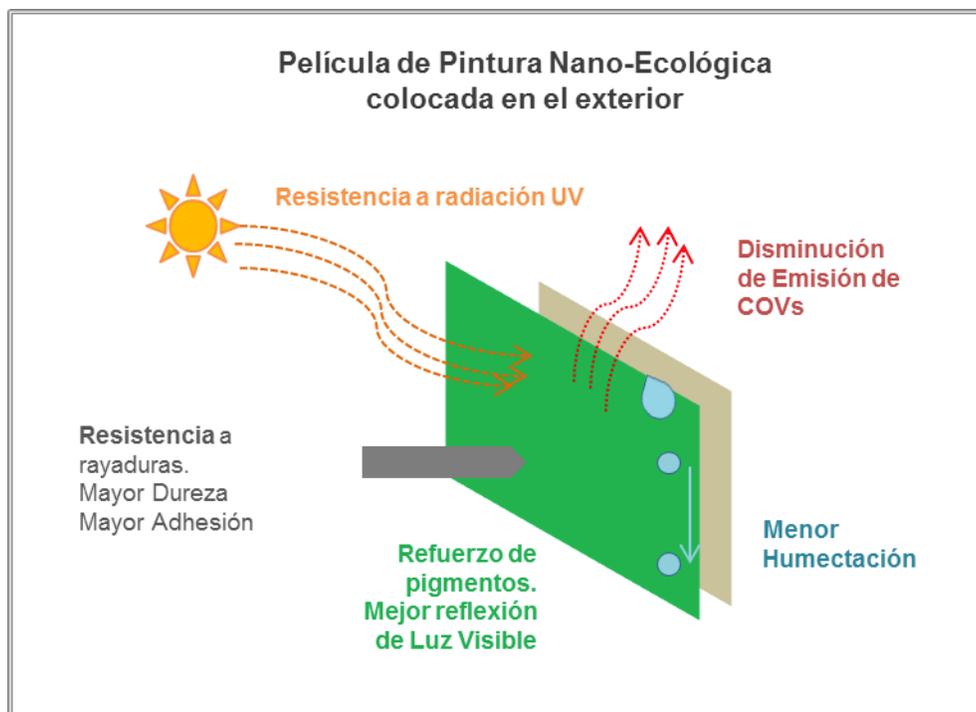
El método sol-gel es una alternativa en la preparación de nano materiales algunas de las ventajas potenciales son: Muy alta homogeneidad y pureza, control total del tamaño de partícula y mayor estabilidad térmica. El proceso de sol-gel consiste en la obtención de materiales óxidos por medio de la preparación de un sol, la gelación del sol y la eliminación del solvente. Un sol es una dispersión de partículas coloidales sólidas en una fase líquida en donde las partículas son suficientemente pequeñas para permanecer suspendidas por el movimiento browniano. Un gel es un sólido consistente de dos fases, en donde la fase sólida forma una red que atrapa e inmoviliza a la parte líquida

Por otra parte el Método Priogénico, más conocido por su nombre en inglés como Fumed Silica, su nombre se debe a que es producido en una flama, consiste de microscópicos de sílice amorfa, las cuales se unen para formar aglomerados en partículas tridimensionales. El resultado es un polvo, el cual a través de su formación obtiene mejores resultados cuando se utiliza como aditivo. Este polvo es el más utilizado en las pinturas nano estructuradas con sílice.

El problema de los procesos anteriores es su nivel de riesgos tanto sanitarios como ambientales y económicos, ya que su producción a pesar de que año con año se establecen medidas de precaución y normativas. Los procesos de obtención de nano materiales así como su ciclo de vida continúan siendo estudiados, para reducir efectos negativos.

La propuesta analiza las fuentes de producción del nano sílice anterior, para de esta manera buscar una alternativa de producción a partir de la cascara del arroz y la utilización de ácido clorhídrico (Arcosa y Pintob 2006). De acuerdo a lo anterior el utilizar residuos para producir el nano compuesto a través del uso de ácido y calor, se puede definir como proceso ecológico de extracción vegetal de sílice que mejore su producción y disminuya su impacto. La extracción de la sílice se hace a través de un tratamiento químico con Ácido clorhídrico, para someterlas bajo tratamiento térmico a 800 °C durante 6 horas con el fin de eliminar la fracción orgánica presente en las mismas y obtener SiO<sub>2</sub>. (Arcosa y Pintob, 2006)

Con la información anterior se define, que el uso de nano sílice en pinturas ha demostrado ya importantes cambios en sus propiedades, por lo que se plantea que con su uso también se pudieran corregir las fallas del material ante la radiación UV, y sobre todo disminuir la afectación cromática, prolongando una buena calidad de color. Por lo que en esta investigación se define que el uso de la nano sílice obtenida por el método de extracción de la cascara de arroz puede compararse con los otros métodos, y con lo anterior lograr un aditivo de origen reciclado no de extracción de recursos. Con lo anterior el material adquiriría las propiedades de la sílice, como lo expresa la siguiente imagen.



**Fig.4. 2 Esquema de funcionamiento de la Pintura Nano-Ecológica**

En el esquema anterior se observa que las características pretendidas a partir de la aplicación del aditivo, donde en primera instancia se define una mayor resistencia a la Radiación UV , resistencia a fracturas de la película de pintura, un refuerzo en los pigmentos y el mejoramiento de la reflexión de Luz visible. La característica propia de la sílice de menor humectación, es una de las principales funciones de esta pintura ante la presencia de humedad externa (lluvia). Por ultimo por ser de tipo ecológica, la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles a la atmosfera es menor.

A continuación se realiza un análisis del funcionamiento del material, partiendo de la observación de todo su ciclo de vida desde la producción, para con esto entender mejor la presente propuesta para la mejora de las pinturas ante la radiación Ultravioleta.

### 4.3 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA: PINTURA SINTÉTICA VS PINTURA NANO.

Hoy en día, el uso de materiales nano estructurados ha desencadenado un gran interés en la tecnología actual, por lo que las industrias actuales en este rubro han conseguido la producción de estos materiales e introducirlos al mercado actual. Sin embargo, una de las barreras con la que más ha tenido que lidiar es, el impacto ambiental durante su ciclo de vida; la importancia de definir los ciclos de vida de los materiales recae aún más en la etapa de producción y eliminación.

El propósito de analizar un ciclo de vida es llegar a semejar a la naturaleza, donde lo que se produce se reutiliza y transforma, logrando que no exista como tal desechos. En los materiales de construcción como muestra la Figura 4.3 Sin embargo, en el aspecto de los materiales nano compuestos, aún existe una falta importante de información, sobre todo en la última fase de eliminación o reciclaje.



**Fig.4. 3 Esquema del Ciclo de Vida de los Materiales de Construcción**

Dentro del propósito de esta investigación también está el mejorar el ciclo de vida de la pintura seleccionada después de la experimentación, junto con el tipo de aditivo nano de acuerdo a los análisis realizados; pero esta propuesta, también se tiene aspectos negativos o positivos a los ciclos de vida del material. En consiguiente, se realiza una comparativa entre el ciclo de vida de una pintura sintética tradicional y una pintura nano- ecológica la propuesta de solución a en esta investigación. (Fig. 4.4)

En la primera etapa de Extracción de recursos, las pintura nano-ecológica aumentará el uso de material reciclado, como lo es la cascara de arroz, la cual es el desecho dentro de la producción de arroz comestible estos residuos en la mayoría de los casos son quemados por lo que este proceso utilizaría la casi la misma energía para producir el aditivo a la pinturas. Esto disminuiría la cantidad de químicos utilizados como aditivos en las pinturas. Sin embargo se seguirían utilizando productos poliméricos en su fabricación.

En la etapa productiva se sumaría la extracción de la nano sílice del arroz de acuerdo a (Arcosa y Pintob 2006), el proceso sería aumentado en el proceso productivo regular de una pintura. La mejora del material de recubrimiento, pintura, pretende que un mejor desempeño del material disminuirá directamente los índices de mantenimiento requeridos. Al disminuir los mantenimientos, el consumo de material será menor bajando el impacto ambiental en su producción. El uso de aditivos provenientes de recursos reciclados modifica los procesos de producción agregando el de obtención del aditivo, pero disminuyendo la cantidad de aditivos existentes. Esto es el objetivo principal en la etapa de producción

En la etapa de uso en sitio se disminuye el nivel de toxicidad de la pintura, como lo plantea el uso de pinturas ecológicas. La base de solvente seguiría siendo base agua por lo que no se añade ningún tipo de solvente dañino. La aplicación es la misma por lo que no hay diferencia entre ambos productos. Esto es de carácter importante ya que se contempla que son liberadas entre un 10-90 % de nano partículas aplicadas a los recubrimientos durante su periodo de vida (Liljenström, Lazarevic, & Finnveden, 2013), afectando directamente el aire, el agua y la tierra.

La etapa más beneficiada sería el mantenimiento, donde la reducción durante su trabajo de mantenimientos, disminuye por ende el uso de más producto en un área, así también este producto obtendría un mayor tiempo sin la necesidad de mantenimiento y re-aplicación de producto prolongando el uso en tiempo y costos. De igual manera este aumento de duración se relaciona con una menor emisión de componentes volátiles durante el tiempo de vida, a diferencia de las pinturas convencionales.

Lo anterior definiría que durante su retiro o desecho el material propuesto tenga un impacto toxicológico menor. Sin embargo ninguna de las dos opciones se convierte en objeto de ser reciclable o reutilizable por, lo que siguen siendo solo residuos desechable.

El uso de nano compuestos tiene una debilidad muy fuerte aun, lo que es que a pesar de los avances de investigación y tecnología, ya que se tiene el conocimiento de que al ser partículas de tamaño nano, pueden ser fácilmente depositadas en otras superficies y con esto afectar los elementos del medio ambiente como agua, aire, tierra y seres vivos. Organizaciones a nivel internacional están trabajando en el control y aumento de esta información para poder conocer con claridad el ciclo de vida de materiales con nano compuestos.

### COMPARATIVA DE CICLO DE VIDA ENTRE PINTURA SINTÉTICA Y PINTURA NANO-ECOLÓGICA.



Fig.4. 4. Comparativa de Ciclo de vida.

En el mercado actual, no se pretende que el productor exprese al consumidor al cien por ciento los ciclos de vida de los productos, lo importante es tomar en cuenta que con cada producto utilizado o cada decisión de diseño, se está invirtiendo en los recursos de ese material, la energía utilizada y los desechos de cada uno de esos materiales y procesos.

Con la información anterior, se refuerza la propuesta desde otro punto de vista, en el cual se plantean resultados negativos y positivos, por lo que es un pequeño avance a la aplicación de la propuesta, con base a los resultados de esta investigación.

## CAPITULO 5.

# CONCLUSIONES

La importancia del estudio de un recubrimiento cromático recae en parte en los factores sociales y psicológicos que reflejan un espacio arquitectónico al usuario. El color es primordial en el ejercicio arquitectónico para impactar directamente dichos factores de una manera positiva y negativa, es por lo anterior que el análisis de una mejora en los materiales cromáticos para la arquitectura obtiene un carácter importante en lo que corresponde al que hacer arquitectónico.

La industria de la Pintura es una de las más grandes en el mundo, aunado a esto el medio de la construcción es el actual mayor consumidor de este producto. El grado de consumo es importante para recalcar la importancia ambiental de este producto, por lo que no se puede deslindar que partiendo de eso el impacto ambiental es una de las consecuencias del consumo del producto.

Hoy en día, en el mercado existen ya pinturas inteligentes que han revolucionado en los últimos años las características del producto, sin embargo estos productos satisfacen solo una parte de la demanda de necesidades actuales. Las pinturas por su origen, se definen en mineral, sintético y vegetal, cada una de ellas tiene un comportamiento y uso diferente; de acuerdo a lo anterior la presente investigación analizó las pinturas de mayor preferencia y consumo en el mercado nacional, las sintéticas; con el fin de entender de manera precisa su comportamiento ante la decoloración y cambios producidos por la radiación solar.

Actualmente los daños generados por la Radiación Solar forman parte de una preocupación general para materiales y seres vivos, estos efectos negativos impactan directamente la calidad del material expuesto; aunado a lo anterior, además se estima un incremento futuro de la radiación Ultravioleta tipo B, lo cual generara aún más necesidades de respuestas ante las modificaciones generadas por este tipo de radiación. Parte de la aportación de esta investigación fue obtener el conocimiento de los efectos de la radiación solar, haciendo un enfoque en la radiación Ultravioleta, respecto a la disminución cromática presentada por el objeto de estudio una vez expuesto bajo el envejecimiento determinado.

Por lo tanto, con el fin de obtener datos sobre la afectación causada por la radiación en consideración a aspectos cromáticos y físicos, el propósito de la experimentación fue el juntar datos de envejecimientos en pinturas, pero con el uso de materiales actuales en el mercado para tener información reciente, esto tomando en cuenta también los procesos de colocación utilizados en el país, obteniendo información actual. El diseño de la experimentación fue realizado especialmente para contar con resultados cromáticos a diferencia de otros estudios.

Al finalizar la etapa de **experimentación se obtuvo información comparativa entre el envejecimiento natural y el envejecimiento ultravioleta con la utilización de materiales convencionales; desarrollando así un Estudio especializado y enfocado en la pérdida cromática de pinturas en el exterior por radiación Ultravioleta.**

Los resultados de la investigación hacen un enfoque hacia el daño recibido por Radiación UV, con respecto a la característica cromática del material, comprobando que a pesar de tener materiales específicos, no trabajan con los requerimientos necesarios. Se determinó que la radiación ultravioleta afecta la cromática de las pinturas sintéticas convencionales hasta en un 30%. Determinando con esta información la **Unidad de Descoloramiento por Radiación Ultravioleta por hora, con lo que se definió que las pinturas sintéticas ecológicas reaccionan de mejor manera ante la radiación Con lo anterior se confirma que la afectación de la Radiación Ultravioleta impacta de manera importante el descoloramiento de las pinturas en exteriores.**

De igual manera se determinó, que en los aspectos físicos, la radiación Ultravioleta desencadena **el envejecimiento de foto- oxidación y degradación de los componentes de la pintura, lo cual aumenta su resistencia a la humedad; la rugosidad de las pinturas sintéticas aumenta hasta un 120%** por la radiación UV afectando directamente las propiedades de reflexión, uniformidad, humectación y limpieza. **No modifica la dureza y adhesión (baja) del recubrimiento.**

**Concluyendo que los cambios negativos de la Radiación Ultravioleta siguen siendo poco mitigados por las pinturas actuales, y tomando en consideración que se prevé un aumento de este tipo de radiación a futuro, las necesidades tendrán que cubrirse, logrando materiales más eficaces que sobre todo disminuyan su propio consumo. Gracias a los resultados de esta investigación se opta por la utilización de la pintura tipo Ecológica para la aplicación de mejoras, las cuales serán resultado de un análisis paralelo a esta investigación que parte de la bio-inspiración en la búsqueda de mejora.**

Las soluciones a partir de propuestas basadas en la bio-inspiración, son un hecho actual en la arquitectura, los materiales de construcción y diseño, este trabajo combina anteriores búsquedas de soluciones para problemáticas materiales, que con la implementación de la bio- inspiración y de la mano de nuevas tecnologías han logrado propuestas para la modificación de materiales, sobre todo a nivel nano tecnológico haciendo la mejora más efectiva.

**Las mejora se plantea partiendo de una bio-inspiración sobre los mecanismos de defensas de las plantas, ya que al investigar sus propiedades, están funcionan de manera correcta ante los aspectos de la radiación, mismos que son enfrentados por las pinturas al exterior. Una vez realizada la comparativa de funcionamientos de foto respuesta de ambas partes, se determinaron las características de las plantas que funcionarían en las pinturas como solución ante los daños por radiación solar. Por consiguiente, teniendo el conocimiento de estas características, se define que esta vía de mejora sería alcanzada por medio del uso de nano-sílice.**

El uso de nano compuestos como agregados en las pinturas es un tema presente en el estudio en materiales. Es necesario conocer y aplicar nuevos y mejores procesos para la fabricación de estas partículas, estudiando siempre su desempeño positivo como negativo. Por la cantidad de información y de aplicaciones existentes, se optó que la mejor decisión entre diferentes tipos de nano compuestos es el nano sílice, para mejorar la durabilidad, resistencia y humectación de las pinturas

Con el fin de reducir las consecuencias negativas durante la producción de nano sílice y para reducir el gasto de recursos nuevos por el uso de uno reciclados, se seleccionó el proceso de extracción de sílice a partir de la cascara del arroz. Sin embargo cualquiera de este tipo de procesos están considerados como inestables a pesar de las regulaciones existentes, las cuales cuidan en un alto índice los efectos secundarios de su producción ( daños a la salud o ambientales), todo esto por la falta de información, debido a su corto tiempo en la industria y mercados actuales.

El siguiente paso es analizar el uso del nano sílice extraído mediante una vía ecológica, a partir de la cascara del arroz, como una mejora en las pinturas en cuanto a calidad y desarrollo del material, en consideración a su propiedades de nanotecnología, pero en esta ocasión proponiendo el origen vegetal del agregado. La propuesta de producción sería lograr una pintura capaz de mejorar sus características físicas así como las estéticas, aunado a una durabilidad, reduciendo el mantenimiento.

**La aplicación de nano partículas de sílice, extraídas de la cascara de arroz, como aditivo a las pinturas sintéticas de tipo ecológicas podría disminuir el efecto negativo de la radiación ultravioleta en los aspectos de cromática, rugosidad, dureza, humectación e impacto ambiental; con lo que llevaría a un aumento de la durabilidad del recubrimiento en fachadas.**

El uso de pinturas nano-ecológicas, aportaría:

1. Disminución de la producción de pintura ( Reducción de mantenimientos)
2. Disminución de aditivos de origen sintético
3. Aumento de las características de foto reacción.
4. Consumo de recursos de origen reciclado
5. Reducción de toxicidad.

El aspecto positivo de esta propuesta es que se tomó en cuenta la información, donde se señala que la sílice hasta ahora tiene un nivel menor de impacto ambiental y de toxicidad. De igual manera, como parte de la propuesta se analizó el ciclo de vida, en lo cual es necesario indagar a mayor profundidad las afectaciones en su producción, ya que si reduciría la extracción de recursos vírgenes, por recursos reciclados, pero se deberá obtener la extracción a gran escala de este medio ecológico. A partir de lo anterior, no es posible asentar que el uso de este material tenga un menor impacto como tal, solo las mejoras que se prevén durante etapas de su ciclo de vida; la información anterior debería ser analizada como parte de otro estudio especializado en ese aspecto.

Finalmente, el conocimiento alcanzado sobre la perdida cromática en exteriores por Radiación solar ayuda a futuras investigaciones a conocer varios aspectos de influencia negativa y de necesidades de este material importante para la industria de la construcción. La búsqueda para combatir los actuales y futuras problemáticas de los recubrimientos y materiales cromáticos al exterior, generara una nueva línea de productos no solo con mayor resistencia si no que tomaría en cuenta la estética (color), siendo este un factor muy importante en percepción de la arquitectura en el medio.

*El conocimiento obtenido a partir del análisis cromático y físico del daño causado por la radiación solar en las pinturas y el estudio sobre la foto- respuesta de las plantas determinaron la propuesta de mejora anteriormente presentada, con la cual, se pretende aumentar la durabilidad y mejorar el comportamiento del material al exterior; ya que mejorando los recubrimientos en fachadas por medio de la utilización de tecnologías aplicadas a aumentar la durabilidad y calidad de su cromática, se mejora directamente la percepción psicológica y fisiológica de los individuos del espacio, resaltando la importancia de la armonía, contraste y color como elementos dentro medio ambiente.*

## 5.1 INVESTIGACIONES FUTURAS

La propuesta de mejora establece una línea de investigación a seguir, en la cual el análisis de pinturas nano-Ecológicas es el centro de trabajo, con el fin de utilizar el método establecido para poder así contrastar las diferencias entre los resultados obtenidos en esta investigación. El propósito sería continuar con las mejoras para la mitigación de las consecuencias de la exposición del material a la Radiación Solar, abriendo paso a pinturas de mayor durabilidad, resistencia y mejores cualidades estéticas, impactando a una nueva generación de materiales inteligentes. Se pretende que las mejoras brindarían al sector de la construcción un material avanzado capaz de resistir mejor a las exigencias del medio, y mejorando la estética y los procesos de construcción en la arquitectura.

Por lo tanto se definen las siguientes tres líneas de investigación a seguir:

- 1. El uso de nano compuestos en las pinturas ecológicas para mejoras ante los daños de la radiación ultravioleta es la línea principal**
- 2. A partir de lo anterior, abre el enfoque sobre la producción de sílice por medio de la cascara del arroz y su uso como aditivo en las pinturas para mejora en producción a partir de recursos reciclados.**
- 3. Por último el uso de nano compuestos para reforzamiento de pinturas orgánicas para su uso en el exterior, esto con el fin de reducir el uso de compuestos de origen sintético en las pinturas.**

## BIBLIOGRAFÍA

- (CAR/PL)., El Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia. (1 de Septiembre de 2004). *¿Qué pintamos nosotros? La pintura de pared.* . Obtenido de [www.cprac.org](http://www.cprac.org): <http://www.cprac.org/consumpediamed/sites/all/documents/Opciones13castellanoPinturas.pdf>
- A. Lazaro, G. Q. (2013). Synthesis of a Green Nano-Silica Material Using Beneficiated Waste Dunites and Its Application in Concrete. *World Journal of Nano Science and Engineering*, 41-51.
- A.L. Andarady, S. H. (1998). Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology* (46), 96-103.
- actimat. (octubre de 2012). Materiales Inteligentes. *Adimendun Materialak*.
- Adaray. (1998). Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology*( 46 ), 96-103.
- Agnes, L. S. (2012). *Enviromental Psycology* . Oxford: John Wiley & Sons.
- Arnim Gleich, C. P. (2010). *Potentials and Trends in Biomimetics*. London: Springer.
- Asra Awizar, D., & Norinsan Kamil, O. (2013). Nanosilicate Extraction from Rice Husk Ash as Green Corrosion Inhibitor. *International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE*, 1759 - 1769.
- Atlas Electric Devices Company. (2001). *Weathering Testing Guidebook*. USA: Atlas Materials Testign Solutions.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. USA: Harper Perennial.
- Berge, B. (2009). *The Ecology of Building Materials*. ELSEVIER.
- Catalán, M. A. (1998). El Informe de Investigación . En L. B. Eisman, *Investigación Educativa* (págs. 317-357). Sevilla: ALFAR.
- Catalina, L. M. (10 de noviembre de 2013). *Polimeris Fotosensibles*. Obtenido de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso11-12/Laura/polimeros-fotosensibles/>
- cienciapopular. (12 de noviembre de 2013). <http://www.cienciapopular.com>. Obtenido de [http://www.cienciapopular.com/n/Ecologia/El\\_Color\\_de\\_las\\_Plantas/El\\_Color\\_de\\_las\\_Plantas.php](http://www.cienciapopular.com/n/Ecologia/El_Color_de_las_Plantas/El_Color_de_las_Plantas.php)
- D. R. Askeland, P. P. (2009). *Essentials of Materials Science and Engineering: SI Edition*. (D. K. Bhattacharya, Ed.) USA: Cengage Learning, 2009.
- Dashtizadeh Ahmad, A. M. (2010). Acrylic coatings exhibiting improved hardness, colvent resistance and golssiness by using silica nano-composites. *Applied Surface Science*.
- Donald R. Askeland, W. J. (2012). *Essentials of Materials Science and Engineering*. USA: Cengage Learning.
- Emmit, S. (2002). *Architectural Technology*. London: Blackwell Science Ltd.

- EPRUI Nanoparticles & Microspheres CO. Ltd. (13 de noviembre de 2014). *Nanoparticles & Microspheres*. Obtenido de Multi-Functional Nano Coatings: <http://www.nanoparticles-microspheres.com/Products/Nano-SiO2.html>
- Fernando, F. d. (2012.). *Certificación de materiales de construcción con principios biomiméticos*. México : Tesis de posgrado de Maestría en Arquitectura .
- Ferrer, E. ( 1999). *Los lenguajes del color*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- Fraile, M. U. (2008). *POLÍMEROS INTELIGENTES, Informe de Vigilancia Tecnológica*. Madrid: Citman.
- Francis, T. &. (2006). *Coatings Technology Handbook*. Broken Spund Parkway NW: Taylor & Francis Group.
- Goethe, J. W. (1840). *Goethe's Theory of Colours*. Oxford: J. Murray.
- Gonzalez Martin, J. (1994). *La Pintura Como Recubrimiento Protector*. Madrid: A. MADRID VICENTE.
- González, M. J. (2010). *La pintura más que el color*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Group, T. &. (2006). *Coatings Technology Handbook*. Broken Spund Parkway NW: Taylor & Francis Group.
- Gruber, P. (2011). *Biomimetics In Architecture: Architecture of Life and Buildings*. Springer.
- Heller, E. (2004). *Psicología del color: como actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*. Gustavo Gili.
- Junjie, Y., Wentao, X., & Gu, G. (2008). The properties of organic pigment encapsulated with nano-silica. *Dyes and Pigments*, 463-469.
- Kaiser, J.-P., Diener, & P, W. (2012). Nano Particles in paints: A New Strategy to Protect facades and surfaces? *Nano Safe 2012: International Conferences on Safe Production and Use of Nanomaterials*. Suiza: IOP Publishing.
- Leydecker, S. (2008). *Nano Materials: In Architecture, Interior Architecture and Design*. Springer.
- Liljenström, C., Lazarevic, D., & Finnveden, G. (2013). *Silicon-based nanomaterials in a life-cycle perspective, including a case study on self-cleaning coatings*. (R. I. Technology, Ed.) Estocolmo, Suecia: US AB.
- Lopez, R. M. (2011). *Percepción de placer- displacer en el color de la vivienda*. Mexico : UNAM.
- Marras, A. (1999). *ECO-TEC: Architecture of the In-Between* . Princeton Architectural Press.
- Martín, J. G. (1999). *ANÁLISIS DE ALGUNAS CAUSAS QUE PUEDEN DETERIORAR LOS REVESTIMIENTOS CONTIGUOS CONGLOMERADOS*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Ministerio de Educación e Investigación de Alemania. (2004). *La Nanotecnología. Innovaciones para el mundo del mañana* . Berlin : Comisión Europea.
- Miravete, A. (1995). *Los Nuevos Materiales de la Construcción* . Barcelona: Reverte.
- Moser, G. (2003). La Psicología Ambiental en el Siglo 21.: *La Psicología Ambiental en el Siglo XXI*, 47.

- Noor Sheeraz Che, Z., & Ismail Ab, R. (2013). A green sol–gel route for the synthesis of structurally controlled. *Ceramics International*, 4559–4567.
- Ocampo, R. E. (Mayo de 1996). *nanotecnologiayarquitectura*. Recuperado el 25 de Agosto de 2013, de <http://nanotecnologiayarquitectura.blogspot.mx/search/label/Biodise%C3%B1o>
- Paul Zelanski, M. P. (2001). *Color*. AKAL.
- Pawlyn, M. (Dirección). (2011). *Using nature's genius in architecture* [Película].
- Porter, T. (1988.). *Color ambiental : Aplicaciones en arquitectura*. México: Editorial Trillas.
- Rajesh r, N. (2005.). Integrating Biomimetics. *Material Study E.U.A*, 9.
- Rasmussen, S. E. (2008). *La experiencia de la arquitectura: percepción de nuestro entorno*. Reverte.
- Ruano, D. S. (2010). *Diseño y biomimética , Simbiosis para la innovación sustentable*. México D.F: Tesis de maestría de posgrado Diseño industrial.
- Ruiz, C. (2004). *La experiencia de la Arquitectura*. Barcelona: Editorial Reverte.
- Ruiz, E. O. (1999). *Evolución y evaluación de nuevos materiales y sistemas constructivos*. MÉXICO: Tesis de posgrado de Maestría en Arquitectura UNAM.
- Sanz, J. C. (1993). *El libro del color*. Madrid : Alianza Editorial.
- Senjen, R. (2009). *Nano materials Health and Enviromental Concern* . EBB.
- STO CORP. (1998-2013). *STOCORP*. Retrieved MAYO 13, 2013, from <http://www.stocorp.com/>
- Sun Daoxing, Z. Y. (201). Preparation of fast Drying waterborne nano-complex traffic- marking paint. *Coating Technology*, 151-156.
- Tamayo, M. T. (2011). *El Proceso de La Investigación Científica* (5 ed.). México, México: Limusa.
- Tapia, J. I. (2010). *Psicología Ambiental*. Piramide.
- Tintometer, G. (2012). *Guida alla compresione del colore*. Italia.
- Tsutomu Mizutani, K. A. (Diciembre de 2006). Application of silica- containing nano-composite emulsion to wall pain: A new environmentally safe paint of high performance. *Progress in Oganic Coatings*, 276-283.
- varios. (2010-2013). *Energy*. MIT, *Technology Review*.

# ANEXO A

## (Descripción de Pinturas Seleccionadas)

### VINIMEX ULTRA

Pintura Vinil acrílica para Interiores y Exteriores.



### CARTA TÉCNICA

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

##### PRODUCTO

Pintura base agua para interiores y exteriores en colores resistentes a la luz solar.

##### TIPO

Vinil Acrílica

##### USOS RECOMENDADOS

Muros de concreto, aplanados de yeso nuevo o repintado, ladrillo, materiales compuestos con cemento, Placa Comex de yeso, plafones, etc.

##### COLORES

14 colores.

##### ACABADO

Satinado Brillo @ 85° 6-20 U.B

#### 2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

##### SÓLIDOS POR PESO (%)

Pasteles	46.0 - 50.0
Tonos medios	42.0 - 46.0
Tonos intensos	36.0 - 42.0

##### SÓLIDOS POR VOLUMEN (%)

Blanco y pasteles	30.34 - 35.5
Tonos medios	27.5 - 32.5
Tonos intensos	21.5 - 28.5

##### VISCOSIDAD

97-110 Unidades Krebs al momento de envasado.

##### DENSIDAD (g/ml)

1.050 - 1.290

##### LAVABILIDAD

Mayor a 10000 Ciclos.

#### 3. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

##### GENERAL

Pintura Vinil- Acrílica de acabado Satinado con pigmentos resistentes a la decoloración y magnífica resistencia a la alcalinidad, puede ser aplicada al exterior sobre tabique, concreto y todo tipo de aplanados, así como excelente inhibidor al crecimiento de hongos y algas.

##### EN RELACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

Este producto está fabricado con materias primas que no están elaboradas a base de plomo ni de mercurio.

#### 4. DATOS DE APLICACIÓN

##### PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

La superficie debe estar libre de cualquier contaminante que inhiba la adherencia de la pintura como polvo, grasa, incluyendo salitre y alcalinidad.

##### INDICACIONES SOBRE EL MEZCLADO

Mezcle bien antes de usar y ocasionalmente durante la aplicación.

Cuando use más de un envase del mismo color, mézclelos entre sí antes de usarlos para uniformar el color.

##### DILUCIÓN

El producto se puede diluir con agua cuando se aplica con pistola ó equipo de aspersión. Cuando se aplica con brocha la pintura debe diluirse máximo un 15% con agua. Cuando la aplicación sea con rodillo la pintura debe diluirse máximo un 10% con agua.

##### MÉTODO DE APLICACIÓN

Aplique con brocha, cepillo o rodillo a dos manos uniformes, dejando secar entre mano y mano mínimo 60 minutos. Puede lavar después de siete días de aplicada.

Se puede utilizar sistema de aspersión sin aire para aplicarla, diluyendo de acuerdo a las indicaciones del fabricante del equipo. Cuando pinte pase la brocha del área húmeda hacia las áreas secas. Evite volver a pasar la brocha en las áreas ya pintadas.

Nota: Nunca descarte la operación de empapelado.

Recomendamos pintar de áreas superiores hacia las inferiores.

##### EQUIPO DE APLICACIÓN

**Brocha:** Para obtener un acabado más terso se recomienda usar la brocha Comex.

**Rodillo:** Liso o terso. Se recomienda usar Rodillo profesional 9" de Comex.

Equipo de Aspersión convencional o Airless.

##### PRECAUCIONES AL APLICAR

Aplique solamente si la temperatura del aire, la superficie a pintar y el producto se encuentran entre los 10° C (50° F) y los 33° C (90° F). Evite aplicar la pintura cuando la humedad relativa este arriba del 80% ya que no permite que seque. Si va a pintar al exterior se debe evitar pintar tarde cuando hay mas probabilidad de rocío y condensación, no aplique la pintura si hay sospecha de lluvia. Evite que se congele.

# VINIMEX ULTRA

Pintura Vinil acrílica para Interiores y Exteriores.

## CARTA TÉCNICA

### APLICACIÓN

Después de preparar la superficie y si la superficie a pintar es nueva utilice el sellador 5\*1 clásico diluido 3 partes de agua por 1 de sellador.

Si la superficie tiene problemas de alcalinidad y eflorescencia (sales), utilice el sellador 5\*1 reforzado diluido 1 parte de agua por 1 parte de sellador.

Si va a repintar la superficie utilice el sellador 5\*1 clásico diluido 5 partes de agua por 1 parte de sellador

En el caso de usar colores intensos para pintar se recomienda utilizar el Sellador Entintable igualado a un color similar al de la pintura y diluido 1 parte de sellador por 1 parte de agua.

Después aplique 2 capas de Vinimex Ultra para lograr el desarrollo del color y satín completo.

### TIEMPO DE SECADO

A 25° C (77° F) y 50% de humedad relativa:

La primera mano seca al tacto 30 minutos. Para aplicar la segunda mano debe esperar 60 minutos.

### ESPESOR RECOMENDADO DE PELÍCULA HÚMEDA POR CAPA

5.0 milésima de pulgada.

### ESPESOR RECOMENDADO DE PELÍCULA SECA POR CAPA

2.0 - 3.0 milésima de pulgada.

### RENDIMIENTO TEÓRICO

Pasteles	10.0–12.0 m <sup>2</sup> /L
Tonos Medios	8.0–9.0 m <sup>2</sup> /L
Tonos Intensos	7.0–9.0 m <sup>2</sup> /L

**Pasteles:** Arena Supremo, Beige Navajo, Vainilla Colonial, Amarillo Imperial, Blanco Mosaico, Arrecife Coral, Gris Boulevard y Rosa Alebríje.

**Medios:** Salmón Class.

**Intensos:** Amarillo Villas, Naranja Cantera, Rojo Hacienda, Rojo Costamar, Azul Infinito y Verde Agave.

Los cálculos de rendimiento no incluyen pérdidas por variaciones del espesor, por mezclado, por aplicaciones irregulares de la superficie ni porosidad y pueden ser del orden del 50% o más.

### LIMPIEZA DEL EQUIPO

Lave la brocha, los rodillos y otros utensilios de pintar con agua y jabón inmediatamente después de usarlos.

Cuando se pinta durante lapsos prolongados, la pintura se acumula en la base de las cerdas de la brocha. Lave con agua y después con Thinner estándar Comex o con otro solvente de buena calidad. El equipo de aplicación debe limpiarse por último con aguarrás Comex o con otro solvente para ayudar a prevenir la corrosión.

### 5. MANEJO DEL PRODUCTO

#### INFLAMABILIDAD

Material base agua no inflamable.

#### ALMACENAMIENTO

En envases cerrados entre 5 y 35° C, bajo techo. Debe mantenerse en lugares frescos y secos, después de su uso manténgase bien cerrado y fuera del alcance de los niños.

### 6. LIMITACIONES DEL PRODUCTO

No se recomienda usar en pisos, terrazas, escaleras o en otras áreas donde se deba pisar.

No es un producto que resista productos químicos corrosivos, altas temperaturas ni ninguna otra condición extrema.

No se recomienda en las partes del muro que estén en contacto con pisos de tierra suelta, ni constantemente húmedos o mojados.

No se recomienda para superficies que previamente fueron pintados con una pintura elastomérica ya que no permite la adherencia adecuada, en estos casos se recomienda pintar con una pintura similar.

### 7. PRESENTACIÓN DE ENVASE

**Galón** 4 L. Para los colores Salmón Class, Naranja Cantera, Amarillo Villas, Rojo Hacienda y Verde Agave.

**Cubeta** 19 L. Todos los colores

**Tambor** 200 L. Todos los colores

### 8. IMPORTANTE

#### ADVERTENCIA LEGAL Y LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES

Ninguna información, datos o diseños contenidos en este documento podrán ser alterados.

**VINIMEX ULTRA**

Pintura Vinil acrílica para Interiores y Exteriores.

**CARTA TÉCNICA**

Los datos de esta Carta Técnica representan valores típicos de las características del producto. Por lo tanto, esta información debe servir sólo como una guía general y el usuario deberá verificar que cuenta con la versión más reciente de la Carta Técnica de este producto, disponible a través de la línea de Atención al Consumidor o en la página [www.comex.com.mx](http://www.comex.com.mx). Cualquier modificación a las instrucciones y recomendaciones de nuestros productos, es responsabilidad de quien o quienes a su criterio han decidido cambiar o modificar el uso o manejo del producto. Si el usuario decide emplear el producto o sistema para un fin diferente al explícitamente recomendado, asume todo el riesgo y responsabilidad correspondientes. En algunos casos, en virtud de la variedad de sistemas a aplicar en una obra, el usuario deberá solicitar información ó asesoría directamente a su representante de productos COMEX autorizado.

La información técnica, advertencias, recomendaciones y el desempeño de este producto, se basan tanto en pruebas de laboratorio como en experiencia práctica y son proporcionados de buena fe. El Fabricante supone el uso de este producto por personas con la capacidad y el conocimiento necesarios para hacerlo correctamente bajo su propio riesgo y responsabilidad, por lo que no se hace responsable por el uso indebido del producto. El usuario asumirá todos los riesgos y responsabilidades asociados con la selección del producto para un uso específico. Se aconseja al usuario hacer pruebas de ensayo para verificar que el producto y su desempeño sean los adecuados para su necesidad particular. La información técnica aquí contenida está sujeta a cambios sin previo aviso.

El Fabricante no asume ninguna obligación o responsabilidad por el uso de esta información, a menos que El Fabricante acuerde lo contrario previamente y por escrito con el usuario. **EL FABRICANTE NO OTORGA GARANTÍAS, NI EXPRESAS, NI IMPLÍCITAS, INCLUIDAS LAS GARANTÍAS DE COMERCIALIZACIÓN O DE IDONEIDAD PARA UN USO PARTICULAR. EL FABRICANTE NO SERÁ RESPONSABLE POR NINGÚN DAÑO INCIDENTAL, CONSECUENCIAL O INDIRECTO.** Los mecanismos de compensación disponibles al usuario por cualquier defecto en este producto serán: la sustitución del producto defectuoso, o un reembolso del precio de compra según el comprobante correspondiente, a juicio del Fabricante y previo análisis de la reclamación en cuestión. Cualquier reclamación deberá ser presentada por el usuario y por escrito a los distribuidores que actúan en nombre del Fabricante, dentro de los cinco (5) días siguientes a que el usuario note la irregularidad reclamada y hasta un año contado a partir de la fecha de compra.

**ATENCIÓN AL CONSUMIDOR**

MÉXICO: +(52 55) 5864-0790

+(52 55) 5864-0791

01-800-7126-639 SIN COSTO

U.S.A: 1-800-383-8406 SIN COSTO

866-483-9887 SIN COSTO

CANADA: 1-888-301-4454 SIN COSTO

# VINIMEX

## BIOSENSE SATINADO

Pintura acrílica para Interiores y Exteriores

# Comex

### CARTA TÉCNICA

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

##### PRODUCTO

Pintura satinada amigable con el medio ambiente de bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (VOC).

Por su bajo olor y secado rápido permite habitar de inmediato los espacios pintados.

##### NOMBRE COMERCIAL

VINIMEX BIOSENSE SAT BCO, VINIMEX BIOSENSE SAT B1, VINIMEX BIOSENSE SAT B2, VINIMEX BIOSENSE SAT B3, VINIMEX BIOSENSE SAT B4, VINIMEX BIOSENSE SAT B5, VINIMEX BIOSENSE SATINADA VIVID B1, VINIMEX BIOSENSE SATINADA VIVID B2, VINIMEX BIOSENSE SATINADA VIVID B3, VINIMEX BIOSENSE SATINADA VIVID B4, VINIMEX BIOSENSE SATINADA VIVID B5.

##### TIPO

Acrílica 100%.

##### USOS RECOMENDADOS

Pintado y mantenimiento de muros interiores y exteriores y Plafones de concreto, aplanados de yeso, materiales compuestos con cemento, Plaka Comex, etc.

En cuartos de bebés y espacios interiores públicos y privados donde el cuidado de la salud de las personas que aplican o lo habitan, sea un aspecto importante.

##### COLORES

1400 colores en Color Center para el muestrario "Color Life".

##### COLORACIÓN

##### MUESTRARIO COLOR LIFE

Con los colorantes de "Color Center", se preparan las fórmulas para cientos de tonos. El máximo de colorante que se puede agregar por cada litro son:

B1	5 mL
B2	12 mL
B3	37 mL
B4	62 mL
B5	72 mL

Vivid B1	5 mL
Vivid B2	10 mL
Vivid B3	20 mL
Vivid B4	40 mL
Vivid B5	70 mL

Para el muestrario "COLOR LIFE" cada base se utiliza en los siguientes colores:

**B1 y Vivid B1** en la mayoría de regulares y grises con terminación 01 y 02.

**B2 y Vivid B2** algunos de regulares y grises con terminación 03, 04 y 05.

**B3 y Vivid B3** en la mayoría de regulares y grises con terminación 06, 07 y 08.

**B4 y Vivid B4** algunos de regulares y grises con terminación 09, 10 y 11.

**B5 y Vivid B5** en la mayoría de intensos terminación 12, 13 y 14.

##### ACABADO

Satinado 10.0 – 35 U.B. @ 85°

#### 2. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

##### SÓLIDOS POR PESO (%)

Blanco y pasteles	43.0-47.0
Tonos medios	38.0-42.0
Tonos intensos	29.0-36.0

##### SÓLIDOS POR VOLUMEN (%)

Blanco y pasteles	25.5- 29.5
Tonos medios	23.0-27.0
Tonos intensos	20.0- 25.0

##### VISCOSIDAD

90-105 Unidades Krebs al momento de envasado.

##### DENSIDAD (g/ml)

1.07 - 1.33

##### LAVABILIDAD

Mayor de 4000 ciclos.

##### VOC Teórico (g/L) ASTM 3960-05

Blanco 54.63

#### 3. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

##### GENERAL

Pintura Acrílica de acabado Satinado de magnífica resistencia al exterior que puede ser aplicada sobre tabique, concreto y todo tipo de aplanados; así como madera. Resiste a la formación de algas y hongos en los muros.

##### EN RELACIÓN AL MEDIO AMBIENTE

Este producto está fabricado con materias primas que no están elaboradas a base de plomo ni de mercurio. Las materias primas usadas no dañan la capa de Ozono, están libres de sílica cristalina. Esta pintura no contiene Alquil Fenol Etóxicos (APEO's), y es de muy bajo olor.

#### 4. DATOS DE APLICACIÓN

##### PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

La superficie debe estar acondicionada y libre de cualquier contaminante como polvo, grasa, óxido y sales incluyendo salitre

**VINIMEX****BIOSENSE SATINADO**

Pintura acrílica para Interiores y Exteriores

**Comex****CARTA TÉCNICA**

y alcalinidad que inhiba la adherencia y buen funcionamiento de la pintura.

**INDICACIONES SOBRE EL MEZCLADO**

Mezcle bien antes y ocasionalmente durante el uso. Cuando use más de un envase del mismo color, mézclelos entre sí antes de usarlos para uniformar el color.

**DILUCIÓN**

El producto está listo para aplicarse. **No deberá diluirse.**

**MÉTODO DE APLICACIÓN**

Aplique sobre la superficie a pintar Biosense Sellador Acrílico diluido con un 10% de agua limpia. Aplique con brocha, cepillo, pad, rodillo o equipo de aspersión sin aire (Airless) a dos manos uniformes, dejando secar entre mano y mano mínimo 20 minutos. Puede lavar después de siete días de aplicada.

Cuando pinte pase la brocha del área húmeda hacia las áreas secas.

Evite volver a pasar la brocha en las áreas ya pintadas.

**Nota:** Nunca descarte la operación de empapelado.

Recomendamos pintar de áreas superiores hacia las inferiores.

**EQUIPO DE APLICACIÓN**

**Brocha:** Para obtener un acabado más terso se recomienda usar la brocha **Comex**.

**Rodillo:** Se recomienda usar un rodillo profesional con cubierta de lana sintética o natural que tenga una longitud de pelo acorde con la rugosidad de la superficie a aplicar.

**Equipo Airless.** Para grandes áreas, siga las recomendaciones de tipo de boquilla y filtro del fabricante del equipo.

**Cepillo.** Se recomienda para superficies muy rugosas.

**PRECAUCIONES AL APLICAR**

Aplique solamente si la temperatura del aire, la superficie a pintar y el producto se encuentran entre los 10° C (50° F) y los 33° C (90° F). Evite aplicar la pintura cuando la humedad relativa este arriba del 80% ya que no permite que seque. Si va a pintar al exterior se debe evitar pintar tarde cuando hay más probabilidad de rocío y condensación, no aplique la pintura si hay sospecha de lluvia. Evite que se congele.

**APLICACIÓN**

Después de preparar la superficie se recomienda utilizar el Sellador Acrílico Biosense diluido máximo con 10% de agua limpia.

Después aplique 2 capas de Vinimex Biosense Satinado para lograr el desarrollo del color y acabado Satinado.

**TIEMPO DE SECADO**

A 25° C (77° F) y 50% de humedad relativa.

A brocha y rodillo, la primera mano seca al tacto 15 minutos, la segunda a 20 minutos.

Los tiempos de secado indicados pueden variar de acuerdo a las condiciones tales como: temperatura, humedad y movimiento del aire (ventilación).

Curado total: 7 días.

**ESPESOR RECOMENDADO DE PELÍCULA HÚMEDA POR CAPA**

5.0 milésima de pulgada.

**ESPESOR RECOMENDADO DE PELÍCULA SECA POR CAPA**

2.0 - 3.0 milésima de pulgada.

**RENDIMIENTO TEÓRICO**

8 a 10 m<sup>2</sup>/L

Los cálculos de rendimiento no incluyen pérdidas durante el mezclado ni variaciones del espesor debido a superficies porosas o muy irregulares, rústicas, de tirol, etc. El rendimiento puede disminuir un 50% o más.

**LIMPIEZA DEL EQUIPO**

Lave la brocha, los rodillos y otros utensilios de pintar con agua y jabón inmediatamente después de usarlos.

**5. MANEJO DEL PRODUCTO****INFLAMABILIDAD**

Material base agua no inflamable.

**VIDA DE ALMACENAMIENTO**

En envases cerrados entre 5 y 35° C, bajo techo de 1.5 años (ver fecha de fabricación).

Por ser un producto ecológico tiene una disminución en la cantidad de biocida lo cual la hace más susceptible a la contaminación por bacterias por lo que se recomienda utilizarlo en su totalidad una vez abierto.

Debe mantenerse en lugares frescos, secos y fuera del alcance de los niños.

**6. LIMITACIONES DEL PRODUCTO**

No se recomienda usar en pisos, terrazas, escaleras o en otras áreas donde se deba pisar.

No es un producto que resista productos químicos corrosivos, altas temperaturas ni cualquier otra condición extrema.

No se recomienda en las partes del muro que estén en contacto con pisos de tierra suelta, ni constantemente húmedos o mojados.

**Anexo B**  
**(Normativas para Pruebas Realizadas)**

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
11341

Second edition  
2004-09-01



20040899

---

**Paints and varnishes — Artificial  
weathering and exposure to artificial  
radiation — Exposure to filtered  
xenon-arc radiation**

*Peintures et vernis — Vieillessement artificiel et exposition au  
rayonnement artificiel — Exposition au rayonnement filtré d'une lampe  
à arc au xénon*



---

Reference number  
ISO 11341:2004(E)

## Introduction

Coatings of paints, varnishes and similar materials (subsequently referred to simply as coatings) are exposed to artificial weathering, or to artificial radiation, in order to simulate in the laboratory the ageing processes which occur during natural weathering or during exposure tests under glass cover.

In contrast to natural weathering, artificial weathering involves a limited number of variables which can be controlled more readily and which can be intensified to produce accelerated ageing.

The ageing processes which occur during artificial and natural weathering cannot be expected to correlate with each other because of the large number of factors which influence these processes. Definite relationships can only be expected if the important parameters (distribution of the irradiance over the photochemically relevant part of the spectrum, temperature of the specimen, type of wetting and wetting cycle, and relative humidity) are the same in each case or if their effect on the coatings is known.

## Paints and varnishes — Artificial weathering and exposure to artificial radiation — Exposure to filtered xenon-arc radiation

### 1 Scope

This International Standard specifies a procedure for exposing paint coatings to artificial weathering in xenon-arc lamp apparatus, including the action of liquid water and water vapour. The effects of this weathering are evaluated separately by comparative determination of selected parameters before, during and after weathering.

The standard describes the most important parameters and specifies the conditions to be used in the exposure apparatus.

### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 1513, *Paints and varnishes — Examination and preparation of samples for testing*

ISO 1514, *Paints and varnishes — Standard panels for testing*

ISO 2808, *Paints and varnishes — Determination of film thickness*

ISO 3270, *Paints and varnishes and their raw materials — Temperatures and humidities for conditioning and testing*

ISO 15528, *Paints, varnishes and raw materials for paints and varnishes — Sampling*

CIE Publication No. 85:1989, *Solar spectral irradiance*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

#### 3.1

##### ageing behaviour

change in the properties of a coating during weathering or exposure to radiation

**NOTE** One measure of ageing is the radiant exposure  $H$  in the wavelength range below 400 nm or at a specified wavelength, e.g. 340 nm. The ageing behaviour of coatings exposed to artificial weathering, or to artificial radiation, depends on the type of coating, the conditions of exposure of the coating, the property selected for monitoring the progress of the ageing process and the degree of change of this property.

ISO 11341:2004(E)

### 3.2 radiant exposure

$H$

amount of radiant energy to which a test panel has been exposed, given by the equation

$$H = \int E dt$$

where

$E$  is the irradiance, in watts per square metre;

$t$  is the exposure time, in seconds

NOTE 1  $H$  is therefore expressed in joules per square metre.

NOTE 2 If the irradiance  $E$  is constant throughout the whole exposure time, the radiant exposure  $H$  is given simply by the product of  $E$  and  $t$ .

### 3.3 ageing criterion

given degree of change in a selected property of the coating under test

NOTE The ageing criterion is specified or agreed upon.

## 4 Principle

Artificial weathering of coatings or exposure of coatings to filtered xenon-arc radiation is carried out in order to obtain the degree of change in a selected property after a certain radiant exposure  $H$ , and/or the radiant exposure which is required to produce a certain degree of ageing. The properties selected for monitoring should preferably be those which are important for the practical use of the coatings. The properties of the coatings exposed are compared with those of unexposed coatings prepared from the same coating materials at the same time and in the same way (control specimens) or with those of coatings exposed at the same time whose behaviour during testing in exposure apparatus is already known (reference specimens).

During natural weathering, solar radiation is considered to be the essential cause for the ageing of coatings. The same is valid for exposure to radiation under glass. Therefore, in artificial weathering and exposure to artificial radiation, particular importance is attached to the simulation of this parameter. The xenon-arc radiation source used is therefore fitted with one of two different filter systems, designed to modify the spectral distribution of the radiation produced so that, with one of the filters, it matches the spectral distribution, in the ultraviolet and visible regions, of global solar radiation (method 1) and, with the other filter, it matches the spectral distribution, in the ultraviolet and visible regions, of global solar radiation filtered by 3-mm-thick window glass (method 2).

Two spectral energy distributions are used to describe the irradiance values and permitted deviations of the filtered test radiation in the ultraviolet range below 400 nm. In addition, CIE Publication No. 85 is used for the specification of the irradiance in the range up to 800 nm because only in that range can the xenon-arc radiation be adapted to match solar radiation sufficiently well.

During testing in exposure apparatus, the spectral irradiance  $E$  may change due to ageing of the xenon-arc lamp and the optical-filter system. This occurs particularly in the ultraviolet region which is photochemically important for polymeric materials. Therefore, measurements are made not only of the duration of the exposure, but also of the radiant exposure  $H$  in the wavelength range below 400 nm, or at a specific wavelength, e.g. 340 nm, and used as reference values for the ageing of coatings.

It is impossible to simulate accurately every aspect of the way in which the weather acts on coatings. Therefore, in this International Standard, the term artificial weathering is used as distinct from natural weathering. Testing using simulated solar radiation filtered by window glass is referred to in this International Standard as exposure to artificial radiation.

## 5 Required supplementary information

For any particular application, the test method specified in this International Standard shall be completed by supplementary information. The items of supplementary information are given in Annex A.

## 6 Apparatus

### 6.1 Test chamber

The test chamber shall consist of a conditioned enclosure made from corrosion-resistant material, capable of housing the radiation source, including its filter system, and the test-panel holders.

### 6.2 Radiation source and filter system

One or more xenon-arc lamps shall be used as the optical radiation source. The radiation emitted by them shall be filtered by a system of optical radiation filters so that the relative spectral distribution of the irradiance (relative spectral energy distribution) in the plane of the test-panel holders is sufficiently similar either to global solar ultraviolet and visible radiation (method 1) or to global solar ultraviolet and visible radiation filtered by 3-mm-thick window glass (method 2).

Tables 1 and 2 give the spectral irradiance distribution, as a percentage of the total irradiance between 290 nm and 400 nm, required when using xenon-arc lamps with daylight filters (Table 1) and when using xenon-arc lamps with window-glass filters (Table 2).

Table 1 — Required spectral irradiance distribution for xenon-arc lamps with daylight filters  
[method 1 (artificial weathering)]

Wavelength, $\lambda$ nm	Minimum <sup>a,b</sup> %	CIE No. 85:1989, Table 4 <sup>c,d</sup> %	Maximum <sup>a,b</sup> %
$\lambda \leq 290$			0,15
$290 < \lambda \leq 320$	2,6	5,4	7,9
$320 < \lambda \leq 360$	28,2	38,2	38,6
$360 < \lambda \leq 400$	55,8	56,4	67,5

<sup>a</sup> The minimum and maximum limits in this table are based on 113 spectral irradiance measurements with water- and air-cooled xenon-arc lamps with daylight filters from different production lots and of various ages, used in accordance with the recommendations of the manufacturer. The minimum and maximum limits are at least at three sigma from the mean of all the measurements.

<sup>b</sup> The minimum and maximum columns will not necessarily sum to 100 % because they represent the minima and maxima for the measurement data used. For any individual spectral irradiance, the percentages calculated for the passbands in this table will sum to 100 %. For any individual xenon lamp with daylight filters, the calculated percentage in each passband shall fall within the minimum and maximum limits given. Test results can be expected to differ if obtained using xenon-arc apparatus in which the spectral irradiances differed by as much as that allowed by the tolerances. Contact the manufacturer of the xenon-arc apparatus for specific spectral irradiance data for the xenon arc and filters used.

<sup>c</sup> The global solar radiation data from Table 4 of CIE Publication No. 85:1989 are given in Annex B. These data shall always serve as target values for xenon-arc lamps with daylight filters.

<sup>d</sup> For the solar spectrum represented by Table 4 in CIE Publication No. 85:1989 (see Annex B), the UV irradiance (290 nm to 400 nm) is 11 % and the visible irradiance (400 nm to 800 nm) is 89 %, expressed as a percentage of the total irradiance from 290 nm to 800 nm. These percentages of UV irradiance and visible irradiance for actual specimens exposed in xenon-arc apparatus may vary, however, due to the number of specimens being exposed and their reflectance properties.

ISO 11341:2004(E)

Table 2 — Required spectral irradiance distribution for xenon-arc lamps with window-glass filters (method 2)

Wavelength, $\lambda$ nm	Minimum <sup>a,b</sup> %	CIE No. 85, Table 4, plus effect of window glass <sup>c,d</sup> %	Maximum <sup>a,b</sup> %
$\lambda \leq 300$			0,29
$300 < \lambda \leq 320$	0,1	$\leq 1$	2,8
$320 < \lambda \leq 360$	23,8	33,1	35,5
$360 < \lambda \leq 400$	62,4	66,0	76,2

<sup>a</sup> The minimum and maximum limits in this table are based on 35 spectral irradiance measurements with water- and air-cooled xenon-arc lamps with window glass filters from different production lots and of various ages, used in accordance with the recommendations of the manufacturer. The minimum and maximum limits are at least at three sigma from the mean of all the measurements.

<sup>b</sup> The minimum and maximum columns will not necessarily sum to 100 % because they represent the minima and maxima for the measurement data used. For any individual spectral irradiance, the percentages calculated for the passbands in this table will sum to 100 %. For any individual xenon-arc lamp with window glass filters, the calculated percentage in each passband shall fall within the minimum and maximum limits given. Test results can be expected to differ if obtained using xenon-arc apparatus in which the spectral irradiances differed by as much as that allowed by the tolerances. Contact the manufacturer of the xenon-arc apparatus for specific spectral irradiance data for the xenon arc and filters used.

<sup>c</sup> The data in this column was determined by multiplying the CIE No. 85:1989 Table 4 data by the spectral transmittance of 3-mm-thick window glass (see Annex B). These data shall always serve as target values for xenon-arc lamps with window-glass filters.

<sup>d</sup> For the CIE No. 85:1989 Table 4 plus window glass data, the UV irradiance (300 nm to 400 nm) is typically about 9 % and the visible irradiance (400 nm to 800 nm) typically about 91 %, expressed as a percentage of the total irradiance from 300 nm to 800 nm. The percentages of UV irradiance and visible irradiance for actual specimens exposed in xenon-arc apparatus may vary, however, due to the number of specimens being exposed and their reflectance properties.

Normally, the radiant flux shall be chosen so that the time-averaged irradiance  $E$  in the plane of the test-panel holders is

- 60 W/m<sup>2</sup> between 300 nm and 400 nm, or 0,51 W/(m<sup>2</sup>·nm) at 340 nm (method 1);
- 50 W/m<sup>2</sup> between 300 nm and 400 nm, or 1,1 W/(m<sup>2</sup>·nm) at 420 nm (method 2).

If agreed between the interested parties, high-irradiance testing may be used. In this case, the radiant flux shall be chosen so that the time-averaged irradiance  $E$  in the plane of the test-panel holders is

- 60 W/m<sup>2</sup> to 180 W/m<sup>2</sup> between 300 nm and 400 nm, or 0,51 W/(m<sup>2</sup>·nm) to 1,5 W/(m<sup>2</sup>·nm) at 340 nm (method 1);
- 50 W/m<sup>2</sup> to 162 W/m<sup>2</sup> between 300 nm and 400 nm, or 1,1 W/(m<sup>2</sup>·nm) to 3,6 W/(m<sup>2</sup>·nm) at 420 nm (method 2).

NOTE 1 High-irradiance testing has been shown to be useful for several materials, e.g. automotive interior materials. When using high-irradiance testing, the linearity of the property change with the irradiance has to be checked carefully. Results obtained at different irradiance levels can only be compared if the other test parameters (black-standard or black-panel temperature, chamber air temperature, relative humidity) are similar.

NOTE 2 It is recommended that the actual irradiance  $E$  between 300 nm and 800 nm is measured and reported. In the case of discontinuous operation (see 9.4), this value includes the radiation reflected from the inside walls of the test chamber which reaches the plane of the test-panel holders.

NOTE 3 The conversion factors used above to calculate the narrow-band (340 nm or 420 nm) irradiance from the broad-band (300 nm to 400 nm) irradiance are mean values for a variety of filter systems. Details of such conversion factors will normally be provided by the manufacturer.

## ISO 11341:2004(E)

The irradiance  $E$  at any point over the area used for the test panels shall not vary by more than  $\pm 10\%$  of the arithmetic mean of the total irradiance for the whole area. Any ozone formed by the operation of the xenon-arc lamps shall not enter the test chamber but shall be vented separately. If this is not possible, specimens shall be periodically repositioned to provide equivalent exposure periods in each location.

In order to accelerate ageing further, deviations from the above specifications concerning relative spectral energy distribution and irradiance may be agreed between the interested parties provided that, for the property selected for the particular coating to be tested, the correlation with natural weathering is known. Such further accelerated ageing may be carried out either by increasing the irradiance or by shifting the short-wavelength end of the spectral energy distribution band in a defined manner to shorter wavelengths. Details of any such deviations from the methods specified shall be stated in the test report.

Ageing of the xenon-arc lamps and filters causes the relative spectral energy distribution to change during operation and the irradiance to decrease. Renewal of the lamps and filters will help keep the spectral energy distribution and the irradiance constant. The irradiance may also be kept constant by adjustment of the apparatus. Follow the manufacturer's instructions.

### 6.3 Test chamber conditioning system

To maintain the test chamber at the black-standard or black-panel temperature specified in 9.2, humidity- and temperature-controlled dust-free air shall be circulated through the test chamber. The temperature and relative humidity of the air in the test chamber shall be monitored using temperature and humidity sensors protected against direct radiation. Only distilled or demineralized water shall be used to maintain the relative humidity at the level specified in 9.5.

**NOTE** When the test chamber is fed continuously with fresh air, the operating conditions of the apparatus may differ, for example, in the summer from those in the winter, because the moisture content of the air in the summer is generally higher than in the winter. This may influence the test results. The reproducibility of the test may be improved by circulating the air in an essentially closed circuit.

### 6.4 Device for wetting the test panels (for use in method 1)

**NOTE 1** Method 1 includes wetting of the test panels; this is intended to simulate the effects of rain and condensation in an outdoor environment.

The device for wetting the test panels shall be designed so that, during the whole of the wetting period specified in 9.5, the surface under test of all the test panels shall be wetted in one of the following ways:

- a) the surface is sprayed with water;
- b) the panels in the test chamber are immersed in water.

**NOTE 2** Wetting the samples by spraying with water and by immersion in water does not necessarily lead to similar results.

If the test panels rotate around the radiation source, the water-spray nozzles shall be arranged so that the requirements of 9.5 are met for each test panel.

Distilled or demineralized water having a conductivity below  $2\ \mu\text{S}/\text{cm}$  and a residue on evaporation of less than  $1\ \text{mg}/\text{kg}$  shall be used for wetting.

Recycled water shall not be used unless filtered to give water of the required purity since there is a danger of deposits forming on the test panel surfaces. Such deposits can lead to false results.

The supply tanks, supply pipes and spray nozzles for the water shall be made of corrosion-resistant material.

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
15184

First edition  
1998-11-01

---

**Paints and varnishes — Determination  
of film hardness by pencil test**

*Peintures et vernis — Détermination de la dureté du feuillet  
par l'essai de dureté crayon*

This is a free 4 page sample. Access the full version online.



Reference number  
ISO 15184:1998(E)

## Paints and varnishes — Determination of film hardness by pencil test

### 1 Scope

**1.1** This International Standard is one of a series of standards dealing with the sampling and testing of paints, varnishes and related products.

It specifies a method for determining the film hardness by pushing pencils of known hardness over the film.

The test can be performed on a single coating of a paint, varnish or related product, or on the upper layer of a multicoat system.

**1.2** This rapid, inexpensive test has been found to be useful in comparing the pencil hardness of different coatings.

It is more useful in providing relative ratings for a series of coated panels exhibiting significant differences in pencil hardness.

The method is applicable only to smooth surfaces.

### 2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 1512:1991, *Paint and varnishes — Sampling of products in liquid or paste form.*

ISO 1513:1992, *Paints and varnishes — Examination and preparation of samples for testing.*

ISO 1514:1993, *Paints and varnishes — Standard panels for testing.*

ISO 2808:1997, *Paints and varnishes — Determination of film thickness.*

### 3 Definition

For the purposes of this International Standard, the following definition applies:

**3.1 pencil hardness:** The resistance of the surface of a paint film to marking, or the formation of some other defect, as a result of the action of a pencil with a lead of specified dimensions, shape and hardness which is pushed across the surface.

Marking by pencil leads covers a range of defects in the surface of the paint film.

These defects are defined as follows:

- a) Plastic deformation: a permanent indentation in the paint surface without cohesive fracture.
- b) Cohesive fracture: the presence of a visible scratch or rupture in the surface of the paint film, material having been removed from the paint film.
- c) Combinations of the above.

These defects can occur simultaneously.

#### 4 Principle

The product or system under test is applied at uniform thickness to flat panels of uniform surface texture.

After drying/curing, the pencil hardness is determined by pushing pencils of increasing hardness over the paint film, with the panel in a horizontal position.

During the test, the pencil is mounted so that it presses down on the paint surface at an angle of  $45^\circ$  with a load of 750 g.

The hardness of the pencils is increased in steps until the coating is marked by defects of the kind defined in 3.1.

#### 5 Required supplementary information

For any particular application, the test method specified in this International Standard needs to be completed by supplementary information.

The items of supplementary information are given in annex A.

#### 6 Apparatus

**6.1 Test instrument:** The test is best performed using a mechanical device. An example of a suitable device is shown in figure 1 (see also note).

NOTE — Although the test is preferably performed using a mechanical device, it can also be performed by hand. Other types of test instrument may also be used, provided they give similar relative rating results.

The device shown consists of a metal block fitted with two wheels, one on each side. In the middle of the metal block, there is a cylindrical hole inclined at an angle of  $(45 \pm 1)^\circ$ .

With the help of a clamp, pencils can be fixed in the instrument so that they are always in the same position.

Mounted on the top of the instrument is a level which is used to ensure that the test is carried out with the instrument horizontal.

The instrument shall be designed so that, with the instrument in the horizontal position, the tip of the pencil exerts a load of  $(750 \pm 10)$  g on the paint surface.

