

WOODSHIELD 5432

Tecnología base agua para la evolución de la industria de la madera

Según el DANE en la Encuesta Nacional Manufacturera [1] en el 2019 solo el sector industrial de fabricación de muebles tuvo ventas por 1.8 billones de COP que, según datos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) [2] podrían ser equivalentes a 641 mil toneladas de madera, una parte importante de ellas probablemente fueron recubiertas con tecnologías base solvente, ya que en Colombia es casi exclusivo el uso de estas tecnologías.

La entidad ProColombia, destaca la exportación de muebles y maderas como una de las oportunidades de crecimiento más importantes para este sector productivo en el futuro, esto se debe a que la oferta exportable colombiana cuenta con una de serie de características que la hacen relevante en el exterior:

- Elaboración de piezas con alto contenido de diseño.
- Materias primas de calidad.
- Portafolio diversificado para amplio espectro de consumidores.
- Industria amigable con el medio ambiente.

Esta última característica es parcialmente verdadera, ya que efectivamente existen en Colombia varias empresas con certificaciones de gestión forestal acreditada, lo que significa que los productos maderables y no maderables ofrecidos por dichas empresas son obtenidos conforme a estándares internacionales: sociales, económicos y medioambientales.

Sin embargo, en Colombia una cadena productiva de artículos a base de madera ambientalmente responsable se termina al recubrir las piezas, ya que existe un predominante uso de sistemas a base de componentes orgánicos volátiles (COV), una condición que, a largo plazo podría convertirse en una desventaja competitiva pues los mercados objetivos demandan el uso de tecnologías con baja concentración de COV y libres de formaldehido.

Este último requisito, es especialmente importante porque se encuentra relacionado con la salud humana, pues el formaldehido está catalogado como un agente carcinogénico por la International Agency for Research on Cancer [3] y como se expone en el documento "Worker exposure to formaldehyde and formaldehyde releasers" [4] emitido por la European Chemicals Agency, es un factor de riesgo clave a la salud, pues no se recomiendan exposiciones superiores a 15 minutos en entornos cerrados con concentraciones superiores a 0.74 mg/m3.

Frente al panorama anterior, **Global Latices y AQUATERRA** responden a estos desafíos con la línea de dispersiones poliméricas WoodShield®, para la fabricación de recubrimientos para madera, que buscan desarrollar un nuevo paradigma de recubrimientos que permitan un menor impacto ambiental y entornos con menor con menor impacto sobre la salud humana, por medio de productos de alto desempeño a tono con tecnologías internacionales de punta.

WoodShield 5432 es la primera dispersión polimérica de esta nueva línea de productos, compuesta por un polímero a base de monómeros acrílicos, con una temperatura mínima de formación de película alta y que incorpora tecnología autorreticulante, la cual permite la formulación de recubrimientos monocomponentes base agua para madera con excelentes propiedades mecánicas.

La tecnología autorreticulante permite que las cadenas de polímero se unan entre sí por medio de una reacción química, dicha reacción se da por medio de un agente autorreticulante que ya se encuentra incorporado en la dispersión polimérica WoodShield 5432 y ésta permite elevar la resistencia general de la película tanto química, como mecánicamente. El proceso de reticulación ocurre a medida que el agua abandona la película durante el proceso de curado y es éste el que garantiza el excelente desempeño de la película; como la reacción solo ocurre al disminuir la concentración de agua en la película, el sistema se mantiene estable durante largos periodos de tiempo.

Para demostrar las ventajas de los sistemas que incorporan Woodshield 5432, con respecto a otras tecnologías base agua disponibles en el mercado colombiano, se diseñó un sistema de recubrimientos (compuesto de sellador y laca) para la protección de piezas de madera de uso interior, que fue comparado con dos productos del mercado local. La comparación entre sistemas se lleva a cabo en tres aspectos: carácter estético del recubrimiento, protección del sustrato y ventajas durante la producción de artículos de madera. Para evaluar estas características se seleccionó el siguiente conjunto de ensayos:

- Evaluación de aspecto.
- Resistencia química.
- Dureza en péndulo König.
- Resistencia al daño por rozamiento.
- Resistencia al rayado.
- Resistencia a la adhesión no intencionada por apilamiento.
- Resistencia a la impresión por compresión.

Durante los ensayos en que se hizo uso de probetas de madera, los sistemas evaluados se aplicaron sobre un sustrato tipo aglomerado con chapilla de roble europeo (lámina delgada de madera con propósito decorativo). Sobre el sustrato de madera se aplican tantas capas de sellador (lijando entre ellas) como sea necesario para obtener una condición de "poro cerrado"; es decir, que se aplique suficiente sellador para que las betas de la madera no se sientan al tacto o produzcan variaciones de brillo. Después de obtener la condición de poro cerrado en el sustrato de madera se aplica una capa final con el recubrimiento de acabado.

Resultados:

Evaluación de la apariencia:

El componente estético es una parte fundamental para cualquier recubrimiento, sin embargo, para los recubrimientos para madera es aún más importante, porque no solo debe ser garantizado un acabado superficial fino; además, para algunas piezas se debe conservar de manera intacta la belleza natural del sustrato.

Es en este último tipo de situación donde los sistemas a base de WoodShield® destacan; la combinación de una dispersión polimérica de alta transparencia sumado al uso de Finex 12 como material de relleno en el sellador, generan un sistema con una transparencia que compite con los sistemas base solvente tradicionales, como se puede observar en la Figura 1.



Figura 1. *Probeta para la evaluación de apariencia preparada usando el sistema a base WoodShield 5432.*



Figura 2. *Probeta para la evaluación de la apariencia preparado usando el sistema acuoso local #1.*



Figura 3. *Probeta para la evaluación de la apariencia preparado usando el sistema acuoso local #2.*

Un problema evidenciado en los sistemas base agua para madera presentes en el mercado local, es la incapacidad para mantener el color y la naturalidad de las piezas, aspecto que se ve deteriorado con cada capa de sellador (Figuras 2 y 3). Sin embargo, esto no es problema para el sistema de sellador y laca de acabado desarrollado a base de la dispersión polimérica WoodShield 5432 y Finex 12 (solo sellador), ya que interactúan de manera sinérgica para alcanzar el más alto grado de transparencia; permitiendo el desarrollo de apariencias más naturales y con la posibilidad de tener un control estricto del color del acabado mediante el uso de pigmentos transparentes.

Protección del sustrato:

La protección del sustrato es una función del recubrimiento que abarca diferentes tipos de fenómenos: el paso del tiempo, la exposición al ambiente, la resistencia química y mecánica. Para los recubrimientos para interior el paso del tiempo y la exposición no son factores tan importantes, ya que las condiciones a las que se ven expuestas al interior de las viviendas no representan un factor de deterioro relevante.

Sin embargo, la resistencia química y mecánica, siempre serán factores a tener en cuenta pues representan los riesgos más comunes a los que se ve expuesto cualquier tipo de recubrimiento, independiente de su ubicación (interior o exterior).

Resistencia química:

Cuando se habla de resistencia química, hay una costumbre generalizada de pensar en el efecto de solventes, ácidos fuertes y agentes oxidantes, por lo que parece poco intuitivo realizar este tipo de ensayo sobre un recubrimiento para madera con propósitos decorativos.

Sin embargo, los ataques químicos a piezas recubiertas pueden provenir de fuentes muy variadas y algunas sustancias domésticas pueden destruir la estética del recubrimiento, degradarlo o alcanzar el sustrato, ahí la necesidad de realizar la verificación del desempeño del sistema WoodShield® y el resto de muestras evaluadas como barreras efectivas al ataque químico.

El ensayo se lleva a cabo sobre una probeta de madera para cada uno de los sistemas, preparada tal y como se describió previamente, a la cual se le permite un curado de 7 días. Luego, siguiendo el método de punto cubierto en la ASTM D1308, los agentes de manchado se dejan en contacto con el recubrimiento durante 24 horas (excepto por la mostaza, que reposa solo durante 1 h), después de transcurrido este tiempo, se retiran, se limpia la superficie y se deja recuperar.

Dependiendo del grado del daño, se otorga una calificación de 1 a 5, según la tabla 1.

Tabla 1. *Sistema de calificaciones para cuantificar el grado de daño para ensayos cualitativos.*

CALIFICACIÓN |	CONCEPTO
1	Daño nulo
2	Daño leve
3	Daño moderado
4	Daño grave
5	Daño extremo

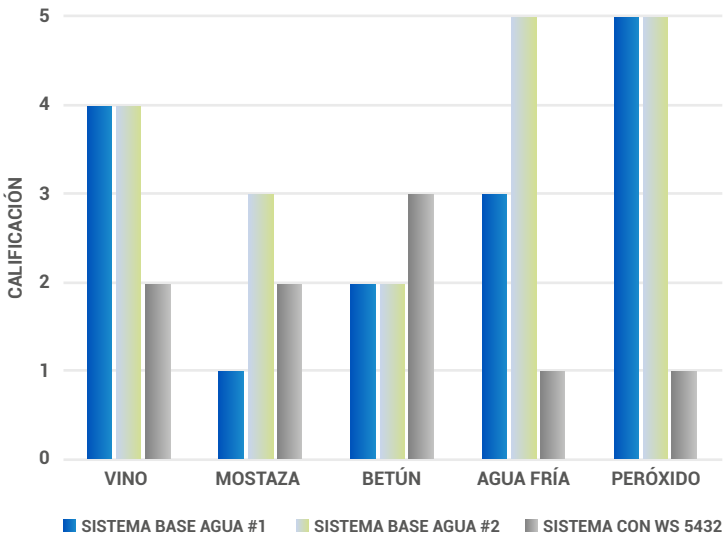

Figura 4. *Resumen de calificaciones para ensayo de resistencia química a las sustancias domésticas.*

Los resultados del ensayo muestran que el sistema formulado con WoodShield 5432, se encuentra en capacidad de limitar el daño químico de un espectro variado de agentes químicos domésticos por debajo de una calificación moderada, a pesar del altísimo grado de transparencia del recubrimiento. Este efecto es consecuencia de la reticulación del polímero, que al crear una red tridimensional aumenta la resistencia química a los agentes probados, por efecto de la limitada movilidad de las cadenas de polímero que restringen la migración de los agentes hacia el interior del recubrimiento.

Propiedades mecánicas:

La tecnología autorreticulante de la dispersión polimérica WoodShield 5432 mostró que puede marcar la diferencia en desempeño cuando de protección química se trata; pero, los datos sugieren que ésta marca una diferencia aún más grande frente a otras tecnologías base agua disponibles en Colombia en términos de resistencia a deterioros mecánicos, pues los ensayos de dureza, resistencia al rozamiento y resistencia al rayado mostraron que los sistemas a base de WoodShield 5432 ofrecen una protección robusta al daño abrasivo por rozamiento.

La dureza de los sistemas se midió por medio del péndulo de König (ASTM D4366), un instrumento que usa la energía cinética de un péndulo oscilando sobre la película para aproximar la dureza del recubrimiento [5].

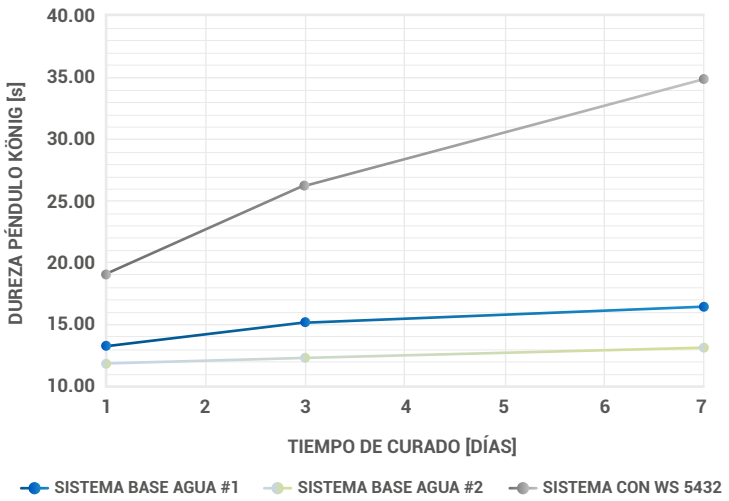

Figura 5. *Evolución de la dureza en el tiempo de los recubrimientos base agua para madera evaluados.*

Como se puede ver en la Figura 5, el sistema a base WoodShield 5432 registra valores de dureza muy superiores a los obtenidos con el resto de sistemas evaluados en todo el intervalo de tiempo.

La evolución constante de la dureza del sistema formulado con WoodShield 5432, muestra el carácter autorreticulante de la dispersión polimérica, que logra alcanzar valores hasta 2 veces superiores al mejor resultado del resto de sistemas evaluados. La dureza superior del sistema a base de WoodShield 5432 es la primera ventaja del uso de un polímero autorreticulable en recubrimientos para madera. Así, una modulación óptima de la capacidad reticulante del sistema, permite un desempeño mejorado sin generar la fractura de la película por efecto del constreñimiento de la red polimérica.



Los ensayos de resistencia al rayado y al daño por rozamiento son dos procedimientos usados para caracterizar el daño mecánico superficial al que se puede ver sometido una película, este tipo de daño es uno de los más comunes a los que se ve sometido cualquier tipo de recubrimiento durante su vida útil y se podría definir como:

La habilidad de un recubrimiento para soportar el contacto con el filo o protuberancia de un cuerpo mientras éste se mueve a lo largo de la película curada sin que este movimiento provoque cambios de apariencia sobre la misma. [6]

Los ensayos de resistencia al rayado (ISO 1518-2) y al daño por rozamiento (ASTM 5178) buscan hallar el límite de falla expresado en fuerza, para generar una fractura cohesiva en el recubrimiento con un cuerpo con filo y una deformación plástica de la superficie del recubrimiento usando un cuerpo de punta roma, respectivamente. Los elementos usados para dañar el recubrimiento durante los ensayos se pueden observar en la Figura 7.

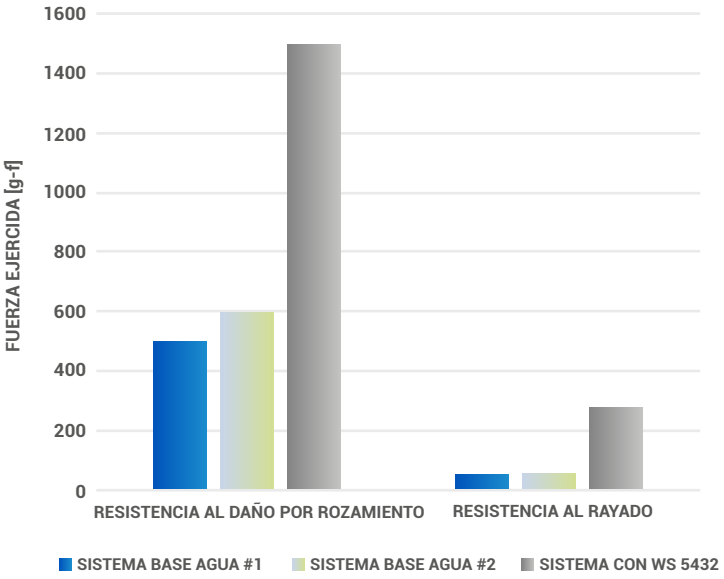

Figura 6. *Registro de datos de ensayos de resistencia a la abrasión, a la derecha daño por rozamiento y a la izquierda daño al rayado.*

Como se puede observar en la Figura 6, independientemente del tipo de cuerpo y del tipo de defecto buscado, es necesario aplicar mayor fuerza sobre el recubrimiento formulado con WoodShield 5432. Los datos entonces sugieren que, la tecnología para la autorreticulación de la película presente en la dispersión polimérica WoodShield 5432 permite que ésta genere una cohesión mecánica que se encuentra muy por encima de lo que puede ofrecer las tecnologías implementadas en los sistemas actualmente en el mercado.

Los datos de dureza, sumados a los obtenidos en los ensayos de resistencia al daño mecánico superficial son coherentes entre sí, mostrando que una de las ventajas más importantes de la dispersión polimérica WoodShield 5432 sobre otros sistemas es su cohesión mecánica, que genera una alta resistencia a ser deformada o fracturada producto del proceso de reticulación de la película.



Figura 7. *A la izquierda cuerpo de deformación usado durante la prueba de daño por rozamiento, a la derecha cuerpo de deformación usado para la prueba de rayado.*

Ventajas durante la producción de artículos de madera:

Un sistema de recubrimiento para madera integral no solo debe ser funcional en términos estéticos y de protección, también debe responder a las necesidades de los usuarios, es por eso que se hace necesario evaluar otras características secundarias alrededor del recubrimiento, relacionadas con el proceso de producción de piezas de madera.

Los sistemas a base de WoodShield 5432 como cualquier sistema base agua, poseen ventajas sobre los sistemas tradicionales base solvente, como la facilidad de limpieza y la disminución de la concentración de COV; además, podría contribuir a disminuir la exposición de las personas (especialmente trabajadores de la cadena de producción) a entornos nocivos para su salud.

La resistencia a la impresión (ASTM D2091) y a la adherencia no intencionada por compresión (ASTM D4946) son dos características fundamentales para la industria de la madera, ya que la producción masiva de elementos recubiertos podría, para mantener la operación en un espacio pequeño, forzar a que se formen pilas de elementos. Ambos ensayos están orientados a verificar de manera cualitativa que el recubrimiento se encuentra en capacidad de resistir fuerzas de compresión de hasta 62.5 g-f/cm^2.

El ensayo de resistencia a la impresión por compresión usa la escala de calficaciones en la Tabla 1 para cuantificar el nivel de daño. Mientras que el ensayo de resistencia a la adherencia no intencionada por compresión usa su propio sistema de calificaciones, que se puede observar en la tabla 2.

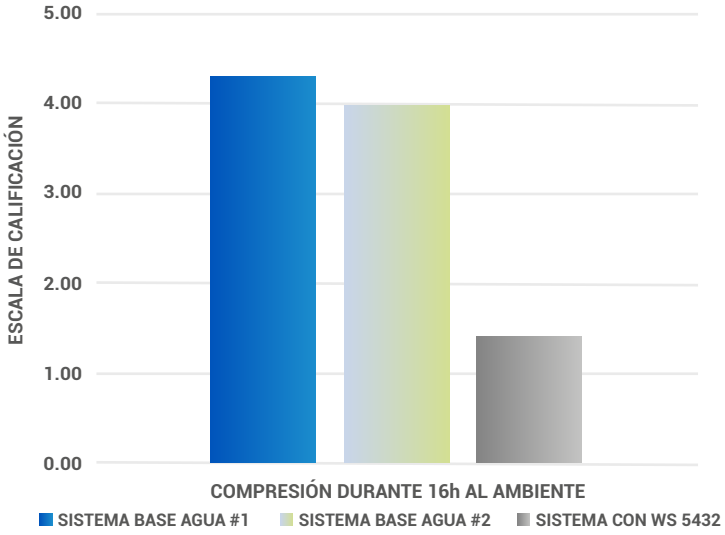

Figura 8. *Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la impresión por compresión.*

Tabla 2. *Sistema de calificaciones para ensayo de resistencia a la adherencia no intencionada por compresión.*

CALIFICACIÓN	CONCEPTO
1	Daño extremo
2	Daño grave, mientras más grave menor calificación
3	
4	
5	Daño moderado
6	Daño leve, mientras menos leve el daño menor calificación
7	
8	
9	Daño mínimo
10	Daño nulo

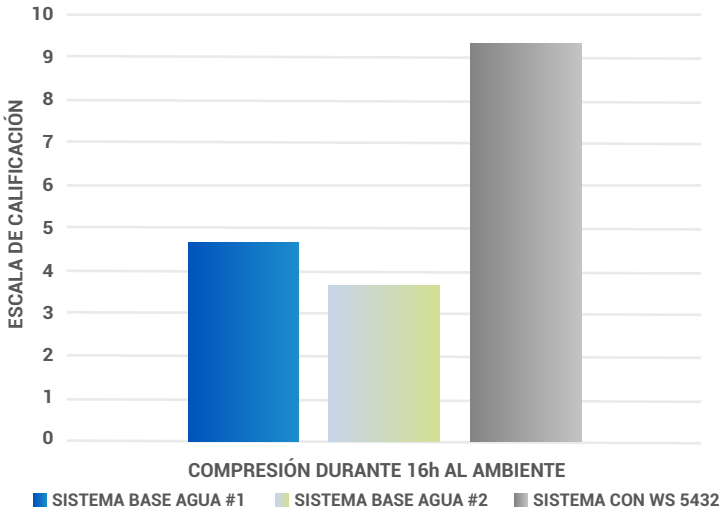

Figura 9. *Resumen de resultados de ensayo de resistencia a la adherencia no intencionada por compresión.*

De las pruebas de compresión se obtuvieron dos hallazgos relevantes: el primero, la dureza generada por los recubrimientos formulados con WoodShield 5432 los hace menos propensos a deformarse durante procesos de compresión, permitiendo que se obtengan bajas calificaciones en la prueba de impresión por compresión; el segundo, compresiones inferiores a 62.5 g-f/cm^2 no son lo suficientemente altas como para forzar que masivamente el polímero forme vínculos físicos o químicos no intencionados, por lo que se obtuvieron calificaciones altas en la prueba de resistencia a la adherencia no intencionada por compresión. Estos hallazgos están íntimamente relacionados con el bajo módulo de elasticidad del recubrimiento otorgado por la dispersión polimérica WoodShield 5432.

En términos de proceso de producción, el sellador es también uno de los puntos a resaltar del sistema formulado a partir de WoodShield 5432, al ser un sellador de 40%m/m de sólidos con una viscosidad baja puede ser aplicado sin necesidad de diluir, lo que genera una eficiencia de llenado de poro superior a sistemas con alta viscosidad y bajos sólidos; este atributo se traduce en una menor inversión de tiempo para obtener una condición de poro cerrado.

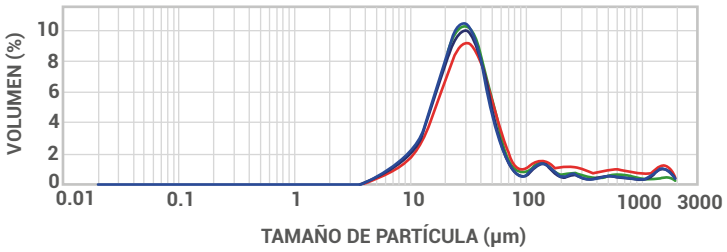

Figura 10. *Distribución de tamaño de partícula del residuo obtenido del proceso de lijado del sellador formulado a partir de WoodShield 5432 con lija tipo P280.*

Otra de las ventajas en términos de proceso evidenciadas en el sistema formulado a partir de WoodShield 5432 fue el proceso de lijado, el cual se desarrolla de forma suave y produce un residuo fino de fácil limpieza. La finura del residuo de lijado fue caracterizada por medio del tamaño de partícula, que fue medido por medio de un analizador modelo MASTERSIZER 2000, las mediciones fueron realizadas por triplicado y mostraron que el tamaño promedio del residuo es de solo 31 µm (Figura 10), mientras que el tamaño de partícula más grande se encontraba entre 1900 µm y 2200 µm, aunque, solo el 10%v/v de la muestra tiene un tamaño superior a los 207 µm; entonces, los datos obtenidos de la curva de tamaño de partícula muestran que efectivamente el residuo del

proceso de lijado podría considerarse como un polvo fino, este resultado es producto del estearato de zinc incorporado en la formulación del sellador que sirve como un lubricante seco que previene la adherencia entre partículas tanto a la lija como entre ellas, permitiendo mayor durabilidad de las lijas y una fácil limpieza del residuo.

Un análisis del residuo de lijado solo puede estar completo si se analizan también los residuos más finos; pues según la Enviromental Protection Agency de los EE. UU. las partículas por debajo de 10 µm se consideran como material particulado y a concentraciones altas pueden producir afectaciones en la salud ya que son inhalables [7]; los resultados muestran que el 94.94% de las partículas en el residuo superan este tamaño, lo que significa que si bien el tamaño de partícula del residuo es pequeño un gran porcentaje de éste es inocuo para el cuerpo humano, ayudando a prolongar el tiempo de recambio de los filtros para partículas de las mascarillas de los elementos de protección personal.

Conclusiones

Tabla 3. *Resumen de resultados para el sistema formulado con WoodShield 5432 en el conjunto de ensayos realizado.*

ENSAYO	NORMA	VALOR	CALIFICACIÓN
Evaluación de apariencia	No aplica	-/-	★★★★★
Brillo (60°) [UB]	NTC 592	78.4	★★★
Resistencia química	ASTM D1308	1.8	★★★★
Dureza en péndulo (día 7) [s]	ASTM D4366	34.9	★★★★★
Resistencia al daño por rozamiento [g-f]	ASTM D5178	1500.0	★★★★★
Resistencia al rayado [g-f]	ISO 1518-2	276.9	★★★★★
Resistencia a la impresión por compresión	ASTM D2091	2.0	★★★★
Resistencia a la adherencia por compresión	ASTM D4946	9.3	★★★★★

La combinación entre WoodShield 5432 y Finex 12 en el sellador junto con el uso de solo dispersión polimérica en la laca de acabado permite generar un grado de transparencia tan alto en la probeta de evaluación que se convierte en una de las características a destacar más importantes de este nuevo sistema, lo que permite al usuario final la conservación de la belleza natural de la madera y al fabricante, el desarrollo de nuevas tonalidades de acabado gracias a las mínimas afectaciones al color natural de la madera.

La capacidad del polímero para autorreticularse es una característica que impacta positivamente en muchos aspectos al recubrimiento; sin embargo, el diseño de experimentos mostró que la dispersión polimérica WoodShield 5432 y su tecnología para la autorreticulación del polímero, impacta en mayor medida al sistema con una resistencia mecánica excepcional y robusta que permite la conservación de la integridad de la película a pesar de ser sometida a diferentes clases de estrés mecánicos.

Durante la evaluación del sistema a base de WoodShield 5432 también se evidenció que éste tiene menos predisposición a manifestar grados elevados de deterioro (como adherencia y deformación) por efecto de ser sometido a presión, lo que permite el apilamiento de elementos recubiertos, aumentando la eficiencia del espacio de operación.



Otras ventajas durante la producción de piezas de madera se pueden encontrar principalmente en el sellador que, a pesar de su relativamente alto contenido de sólidos en masa (40%m/m) puede ser aplicado sin necesidad de diluir; además, destaca su suave y eficiente proceso de lijado.

En resumen, WoodShield 5432 es una dispersión polimérica con tecnología autorreticulante que, pone al alcance del mercado colombiano la posibilidad de realizar una transición tecnológica en los recubrimientos para madera desde sistemas tradicionales a un sistema monocomponente completamente base agua, sin un compromiso de desempeño.

¿Qué sigue para la línea WoodShield®?

Como se mencionó previamente WoodShield 5432 y el sistema de laca/sellador es solo el principio de un gran proyecto de Global Látices y AQUATERRA para la industria de maderas, síganos en nuestras redes sociales para conocer nuestros futuros nuevos desarrollos:

• Recubrimiento base agua para madera tipo sellalaca (2 en 1).

• Dispersión polimérica híbrida entre polímeros acrílicos y poliuretanos.

• Sistemas base agua para la protección de maderas de uso exterior.

• Dispersión polimérica a base de monómeros acrílicos y estireno para recubrimientos de bajo costo.

Preguntas frecuentes

¿Cómo se compara en desempeño frente a tecnologías tradicionales base solvente?
El punto más fuerte de los recubrimientos base solvente para madera es su capacidad para generar una excelente resistencia mecánica, una labor que se facilita bastante al ser soluciones poliméricas que forman película por procesos fisicoquímicos (como el casting); las tecnologías base agua compiten de forma diferente, mediante la formación de película por medio de fuerzas físicas (coalescencia) que se complementa con la tecnología de autorreticulación. Actualmente, estamos trabajando en nuevas estrategias para seguir cerrando la brecha como la incorporación de poliuretanos. Sin embargo, las tecnologías base agua ofrecen una serie de valores diferenciados que no se encuentran al alcance de las tecnologías base solvente tradicionales, como: seguridad y sostenibilidad.

¿Está tecnología es monocomponente?
Sí, WoodShield 5432 es una dispersión polimérica autorreticulante monocomponente, cuyo mecanismo de reticulación química se activa cuando la concentración del agua en la película disminuye, formando enlaces covalentes entre cadenas del mismo polímero, lo que permite incrementar paulatinamente el desempeño general de recubrimiento que la contiene.

¿Qué viscosidad tiene el sistema?
El sistema formulado para este ciclo de ensayos está diseñado para tener una viscosidad aproximadamente de 20 segundos en copa Zahn #2, una viscosidad adecuada para mantener la estabilidad del sistema y poder ser aplicado sin diluir.

¿Se pueden fabricar productos de bajo brillo?
Sí, hemos formulado recubrimientos de bajo brillo usando un agente mateante tipo silica precipitada recubierta con cera, como el ACEMATT OK 412.

Para conocer más información sobre este sistema, de WoodShield 5432 o de nuestros próximos desarrollos para la línea de recubrimientos base agua para madera, consulte a nuestros consultores de producto.

/aquaterrasas



Citas

[1] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). Encuesta Anual Manufacturera (EAM).

[2] Cuenta Ambiental Satelital (CSA) - Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE). (2019). Cuenta Ambiental y Económica de Flujos del Bosque (CAE-FB).

[3] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans., World Health Organization., & International Agency for Research on Cancer. (2006). Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. International Agency for Research on Cancer.

[4] European Chemicals Agency. (2019). Worker exposure to formaldehyde and formaldehyde releasers.

[5] Fink-Jensen, P., Wapler, D., W. van Laar, J., & Raaschou Nielsen, H. K. (1964). Hardness Testing of Organic Coatings.

[6] Slawson, D. (2012). Abrasion Resistance. In Paint and Coating Testing Manual (15th ed., pp. 615–621).

[7] United States Environmental Protection Agency. (n.d.). Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM). Retrieved July 26, 2021, from https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm.