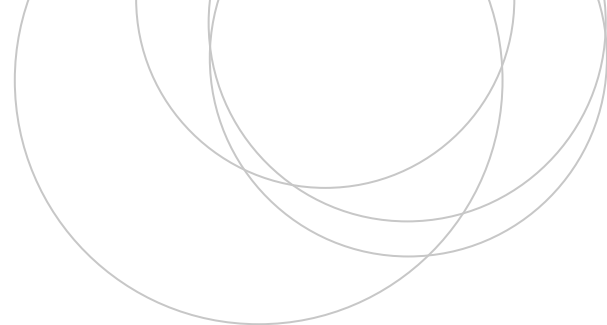




Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

ZIENTZIA
ETA TEKNOLOGIA
FAKULTATEA
FACULTAD
DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA



Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería Química

NUEVOS ADITIVOS PARA LA MEJORA DE PROPIEDADES CONTRA EL FUEGO DE RECUBRIMIENTOS INDUSTRIALES DE MADERA

Autor:
Javier Anda Moreno
Director:
Rubén López Fonseca
Co-directores:
Elena Malaina
Luís Otaño
Sábel Santibáñez

Leioa, 16 de Julio de 2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROPIEDADES DE LAS PINTURAS	1
1.1.1. Ensayos físico-químicos.....	1
1.1.2. Ensayos de fuego.....	2
1.1.2.1. Reacción al fuego	2
1.1.2.2. Resistencia al fuego.....	2
1.2. PINTURAS RESPETUOSAS CON EL MEDIO AMBIENTE.....	3
1.3. IGNIFUGACIÓN	4
1.3.1. Tipos de retardantes de llama.....	5
1.3.1.1. Retardantes halogenados (PBDEs).....	6
1.3.1.2. Retardantes en base de fósforo	6
1.3.1.3. Retardantes nitrogenados	7
1.3.1.4. Retardantes inorgánicos	7
1.3.2. Métodos de adición	9
2. OBJETIVOS.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS EXPERIMENTALES.....	12
3.1. PRODUCTO DE INMERSIÓN IGNIFUGANTE	12
3.2. PRODUCTO APLICADO SUPERFICIALMENTE	12
3.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA LA SELECCIÓN DE PRODUCTOS IGNÍFUGOS	13
3.3.1. Fase 1: Producto para baños de ignifugación.....	13
3.3.1.1. Preparación de los baños de ignifugación	13
3.3.1.2. Ensayos de pequeño quemador	14
3.3.1.3. Determinación de sólido absorbido por la madera.....	16
3.3.1.4. Inspección visual de las probetas	16

3.3.1.5.	Medida del pH	17
3.3.1.6.	Evaluación de la estabilidad de los baños	17
3.3.2.	Fase 2: Aditivos para barniz tapaporos	17
3.3.2.1.	Preparación de las soluciones.....	17
3.3.2.2.	Ensayo de bomba calorimétrica	18
3.3.3.	Escalado de los resultados y ensayos SBI (Single Burning Item).....	19
3.4.	TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN	23
3.4.1.	Medida de la viscosidad	23
3.4.2.	Medida del espesor de capa.....	23
3.4.3.	Ensayo de adhesión	24
3.4.4.	Medida de absorbancia UV-VIS	25
3.4.5.	Ensayo de resistencia al deslizamiento	25
3.4.6.	Ensayo de resistencia al rayado.....	26
3.4.7.	Ensayo de resistencia al vapor de agua	26
3.4.8.	Ensayo de estabilidad del barniz	27
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1.	FASE 1: PRODUCTOS PARA INMERSIÓN DE MADERA	28
4.1.1.	Ensayos de pequeño quemador	28
4.1.2.	Determinación del sólido absorbido por la madera.....	30
4.1.3.	Inspección visual de las probetas	33
4.1.4.	Medida del pH.....	35
4.1.5.	Evaluación de la estabilidad de los baños	35
4.1.6.	Ensayos SBI	37
4.2.	FASE 2: ADITIVOS IGNÍFUGOS PARA BARNIZ	39
4.2.1.	Ensayo de bomba calorimétrica	40
4.2.2.	Ensayos SBI	41
4.2.3.	Técnicas de caracterización.....	43

4.2.3.1.	Medida de la viscosidad	43
4.2.3.2.	Medida del espesor de capa.....	44
4.2.3.3.	Ensayo de adhesión	44
4.2.3.4.	Medida de absorbancia UV-VIS	45
4.2.3.5.	Ensayo de resistencia al deslizamiento	47
4.2.3.6.	Ensayo de resistencia al rayado.....	47
4.2.3.7.	Ensayo de resistencia al vapor de agua	48
4.2.3.8.	Ensayo de estabilidad	48
4.3.	ENSAYO SBI DE LOS PRODUCTOS CONJUNTOS	48
5.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	50
5.1.	RESUMEN.....	50
5.2.	CONCLUSIONES.....	50
6.	NOMENCLATURA	52
7.	BIBLIOGRAFÍA	54
8.	ANEXOS.....	58
8.1.	ANEXO A.....	58
8.2.	ANEXO B.....	59
8.3.	ANEXO C.....	68

1. INTRODUCCIÓN

Pese a que el uso de pinturas se conoce desde la era de los neandertales con el arte rupestre, es cierto que, a partir de la Revolución Industrial, y más en concreto durante la segunda mitad del siglo XX, así como en este mismo siglo, la industria de los recubrimientos ha experimentado una evolución exponencial. Así, con la llegada de las nuevas normativas internacionales sobre ecología, la conciencia social ha llevado a la búsqueda de nuevos aditivos respetuosos no solo con la salud de las personas sino también con el medio ambiente.

Una pintura líquida se puede definir como un sistema físico-químico disperso, compuesto por sólidos particulados de grano fino como pigmentos, que se encargan de conferir color y opacidad a la mezcla, o aditivos que añaden propiedades extras al conjunto y que se encuentran embebidos en una matriz líquida denominada vehículo, que se compone a su vez de aglutinante y disolvente.

El aglutinante favorece la dispersión de los componentes de la mezcla y suele ser de composición variada (resinas, gomas, aceites, polímeros, etc.). Por otro lado, el disolvente confiere manejabilidad a la pintura, permitiendo la solubilización de las resinas, así como el control de la evaporación en el secado de la pintura. Existen distintos tipos de disolventes como agua, esencia de tramantina (“White Spirit”), clorocaucho, resina epoxi, o poliuretano.

Una vez conseguida la base de la pintura, se le añaden distintos aditivos para mejorar o generar nuevas propiedades, como por ejemplo aceleradores del secado, dispersantes de mezcla, espesantes, soluciones ignífugas e intumescentes, fungicidas o anticorrosivas.

Las pinturas se pueden clasificar de acuerdo a varios factores. La primera clasificación es según su composición, dentro de la cual se encuentran las pinturas en emulsión, como son las pinturas al agua, que a su vez pueden ser al temple, a la cal, al cemento, al silicato, plásticas o acrílicas. Por otro lado, están las pinturas al aceite, las cuales pueden ser alquídicas o esmaltes. Otra clasificación, atendiendo de nuevo a la composición, distingue entre lacas, barnices, pinturas bituminosas y pinturas con reacción química de sus componentes. Estas últimas a su vez pueden ser poliméricas (clorocauchos, epoxi o poliuretanos) o de reacciones metálicas. Por último, las pinturas también se clasifican según el soporte empleado, pudiendo ser: cementos y derivados, soportes pétreos, de yeso y escayola, cerámicos, maderas, plásticos o metálicos.

1.1. PROPIEDADES DE LAS PINTURAS

Para asegurar la calidad de una pintura, se realizan diferentes ensayos en los que se tienen en cuenta sus propiedades mecánicas y físicas. Estos ensayos están regidos por las normas internacionales, y deben ser realizados por instituciones certificadoras acreditadas. Algunas de las asociaciones que establecen las normas son: Asociación Española de Normalización (UNE), American Society of Testing Materials (ASTM), International Organization for Standardization (ISO), o estándares de marca del sector automoción, transporte y aeronáutica. En los siguientes subapartados se indica la clasificación de estos ensayos.

1.1.1. Ensayos físico-químicos

Pueden entenderse los ensayos físico-químicos de cualquier sustancia como aquellas pruebas que se realizan en los laboratorios para la identificación y caracterización cuantitativa y

cualitativa de la misma. Algunas de las caracterizaciones que se realizan a las pinturas y recubrimientos son:

- Pruebas de identificación y composición: microanálisis químico elemental EDX (microanálisis por dispersión de energía de rayos-X), espectroscopia FTIR (Espectroscopía de infrarrojo por Transformada de Fourier).
- Viscosidad por método Krebs-Stormer.
- Densidad: picnometría.
- Espesores de recubrimiento: métodos gravimétricos, métodos no destructivos en sustratos magnéticos y no magnéticos, microscopía.
- Permeabilidad al agua líquida, al vapor de agua y al CO₂.
- Otros ensayos: colorimetría, brillo, dureza, adherencia, resistencia al rayado, resistencia química, resistencia al frote húmedo (lavabilidad) o poder cubriente.

1.1.2. Ensayos de fuego

Se pueden estudiar dos tipos de comportamiento frente al fuego de un material de construcción. Éstos son su reacción y su resistencia al fuego, a partir de los cuales se puede analizar la combustibilidad de estos materiales de construcción, la emisión de humos opacos y el desprendimiento de gotas inflamadas derivadas de los mismos.

1.1.2.1. Reacción al fuego

Se trata de simular un fuego generado en una habitación que puede crecer y alcanzar el flashover o combustión súbita. Esta simulación se compone de tres fases (González, 2016):

- 1) Primera fase: iniciación del fuego por inflamación de un único producto, con una pequeña llama.
- 2) Segunda fase: crecimiento del fuego pudiendo llegar al flashover. En el caso de pinturas se simula mediante un único objeto ardiendo en el rincón de una habitación.
- 3) Fase tras flashover: en este punto todos los productos combustibles contribuyen a la carga de fuego.

Dentro de esta clasificación pueden incluirse numerosos ensayos como pueden ser: ensayo de calor de combustión, ensayo de objeto único ardiendo (SBI), ensayo de pequeño quemador o fuente de calor radiante.

1.1.2.2. Resistencia al fuego

El Consorcio de Bomberos de Cádiz caracteriza los ensayos de resistencia al fuego como aquellos que “miden el tiempo en que un elemento constructivo mantiene una o varias propiedades o características funcionales dentro del edificio, en el caso de que se produzca un incendio. Tiene en cuenta el tipo de material o producto, su uso, ubicación, funcionalidad, etc.”

El número de elementos que pueden ser estudiados es muy extenso, abarcando desde paredes y suelos hasta pilares, vigas, escaleras, fachadas completas, puertas y cerramientos cortafuego.

1.2. PINTURAS RESPETUOSAS CON EL MEDIO AMBIENTE

Las pinturas utilizadas para revestir paredes y techos han evolucionado notablemente a lo largo de la historia y es evidente que han mejorado en resistencia, durabilidad, estabilidad y facilidad de aplicación. En busca de mejorar esas características, a partir de la segunda mitad del siglo XX, se incorporaron sustancias sintéticas y se sustituyeron las resinas y los aceites vegetales por derivados del petróleo o productos sintéticos químicos (Javier Manzanero, 2018).

Sin embargo, en los últimos años, la tendencia a alejarse de los productos naturales se ha visto revertida, dado el crecimiento de la conciencia social y ecológica, propiciada en gran medida por el surgimiento de medidas reguladoras más estrictas. Así, la industria de la pintura ha evolucionado, eliminando o reduciendo de sus formulaciones la cantidad de sustancias químicas consideradas tóxicas y/o peligrosas, imponiéndose principalmente el empleo de pinturas en base acuosa para las pinturas domésticas.

La finalidad de estas medidas es conseguir recubrimientos que, por un lado, sean ecológicos y que, por otro lado, no sean tóxicos. En Europa, el creciente interés por eliminar la toxicidad en diferentes productos entre los que se encuentran pinturas y recubrimientos, ha contribuido a la aparición de la etiqueta ECOLABEL, así como ha sucedido en otros campos de la industria de la construcción y la electrónica con etiquetas y certificados como el BREEAM o RoHS. Para conseguir que una pintura pueda ser clasificada como ecológica, no puede contar con productos derivados del petróleo en su composición, y no debe ser contaminante para el medio ambiente en ninguna fase de su vida, es decir, en su fabricación, aplicación y operaciones de desecho.

El nacimiento del certificado ECOLABEL viene recogido en el Reglamento (CE) nº 66/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009 (Kougoulis, 2012).

Se define como una etiqueta ecológica de acceso voluntario en el territorio de la Unión Europea que permite identificar los productos y servicios que tienen un impacto ambiental reducido durante todo su ciclo de vida. Para ello, como se comentaba anteriormente, aquel producto que acceda a este certificado ha de cumplir una serie de criterios que se recogen en el Reglamento citado:

- Menor contaminación atmosférica, limitando la emisión de azufre y gases de efecto invernadero.
- Limitación del uso de sustancias nocivas como el cloro y residuos orgánicos del agua.
- Menor consumo de energía.
- Uso exclusivo de fibras recicladas o bosques de gestión sostenible.

En cuanto a criterios específicos de pinturas:

- Empleo de la mínima cantidad de pigmentos blancos sin dejar de garantizar un poder de cobertura considerable y suficiente.
- Utilización de pigmentos con productos de conformidad y con manufacturación respetuosa con el medio ambiente.

- No emplear materiales pesados en su formulación.
- Las pinturas Ecolabel deben tener menor emisión de vapores de disolventes así como de otras sustancias nocivas contaminantes del aire.
- No contener sustancias cancerígenas y/o tóxicas tanto para el ser humano como para la naturaleza en su composición.
- Reducción de la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COVs) e hidrocarburos aromáticos volátiles (HAVs) al medio ambiente.

1.3. IGNIFUGACIÓN

Para que se inicie un fuego es necesario que ocurran una serie de factores, los cuales conforman el denominado tetraedro del fuego:

- Combustible: sustancia o materia que al combinarse con el oxígeno es capaz de reaccionar de forma exotérmica.
- Comburente: en el caso que ocupa a la investigación se puede definir como el conjunto de gases en que el oxígeno está en proporción suficiente como para producirse la combustión (aire → 21% oxígeno).
- Energía de activación: mínima energía necesaria para que la mezcla de combustible-comburente inicie un fuego. Dicha energía es aportada por un foco de ignición, que puede ser eléctrico, mecánico, térmico o químico.
- Reacción en cadena.

El propósito de formular un aditivo ignífugo es proteger la superficie pintada, en el caso de barnices o pinturas, o el material en su conjunto de la acción del fuego. Para lograr este objetivo existen distintos métodos de actuación sobre los distintos vértices del tetraedro (Alonso, 2013):

- Neutralizar el aumento de temperatura mediante el empleo de un aislante térmico.
- Impedir el contacto con el oxígeno del aire, eliminando así el comburente mediante una película protectora sobre el sustrato.
- Mediante la formación de una capa carbonosa, que actúa como aislante de la matriz recubierta dificultando la combustión.
- Impedir la combustión mediante compuestos químicos, que por la acción del calor o de la llama forman sales halógenas.

A través de cualquiera de estas estrategias, se pretende reducir la peligrosidad de un incendio, no solo por el fuego en sí mismo, sino por los productos, generalmente gases, derivados del mismo, y que suponen la mayor causa de muertes en un incendio (Lacasta, 2014). Estos gases se pueden clasificar como:

- Asfixiantes: como se indica en el Cuaderno Sindical para la prevención de riesgos laborales de la Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de Aragón, estos gases son sustancias que provocan una deficiencia de oxígeno sin interferir en la mecánica de

la respiración, bien por desplazamiento del oxígeno del aire (asfixiantes simples) o bien por la alteración de los mecanismos oxidativos biológicos (asfixiantes químicos). Se originan en la fase inicial del incendio y producen el mayor porcentaje de muertes. Algunos de los más importantes son el monóxido de carbono, el cianuro de hidrógeno y el dióxido de carbono.

- Irritantes: Según el informe sobre Gases Tóxicos del Servicio Navarro de Salud son mecanismos ácido-base cuya penetrabilidad depende de su hidrosolubilidad, cuanto mayor sea, mayor será la lesión provocada. Entre los compuestos irritantes se encuentran los ácidos halógenos (cloruro de hidrógeno, bromuro de hidrógeno y yoduro de hidrógeno), los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre, la acroleína y el formaldehído entre otros.

Dentro de las pinturas ignífugas se distinguen distintos tipos, según la clasificación de Ortega (2010):

- Retardante de llama: no arde ni propaga la llama bajo la acción directa del fuego, o retrasa notablemente su tiempo de inflamación.
- Intumescente: reacciona en contacto con el calor o las llamas provocando que la pintura se hinche formando un aislamiento multicelular progresivo que retarda el calentamiento del soporte. Esto permite que permanezca por debajo de su temperatura crítica de colapso.
- Sublimante: la acción de la llama provoca la emisión de gases que colaboran en la extinción del fuego.

1.3.1. Tipos de retardantes de llama

El objetivo de las sustancias retardantes de llama es aumentar la resistencia a la ignición del material que lo contiene, reduciendo la propagación de la llama con la mínima degradación posible en las propiedades del soporte (Green, 1996). Para ello, y como se ha descrito anteriormente, se puede atacar cualquiera de los vértices del tetraedro del fuego. La industria cuenta principalmente con cuatro tipos de retardantes de llama como se muestra en la Figura 1, que son retardantes fosforados, nitrogenados, halogenados e inorgánicos (De la Torre, 2010).

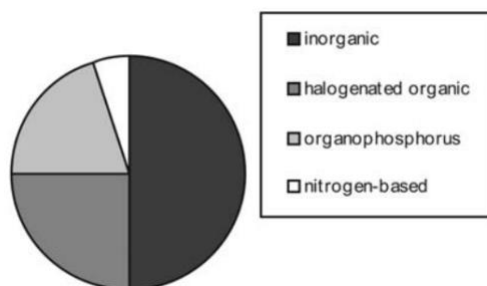


Figura 1. Cuatro mayores grupos de retardantes de llama.

1.3.1.1. Retardantes halogenados (PBDEs)

Los éteres de difenilo polibromados (PBDEs) son una clase de retardantes de llama empleados en una gran variedad de productos de consumo durante los últimos 25 años. Son productos contaminantes que pueden encontrarse presentes en todo tipo de entornos, detectándose trazas en suelo, aire, sedimentos, especies marinas, aves, polvo doméstico, tejidos humanos, sangre y leche materna (Costa & cols., 2007). Los PBDEs tienen una estructura similar a la de los PCBs que ya han sido prohibidos debido a que han sido relacionados con el cáncer, problemas reproductivos y alteración del desarrollo cerebral en fetos (Mercola, 2015). Sin embargo, se emplean infinidad de compuestos polibromados en la industria de la pintura, a modo de ejemplo se extraen del archivo para Sustitución de PBDEs (Retardantes de llama) del Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes algunos compuestos como BDE 047, BDE 085, BDE 099 y BDE 100.

1.3.1.2. Retardantes en base de fósforo

Los retardantes de llama libres de halógenos que incluyan al menos un 7% de fosfatos en su formulación garantizan que materiales como el papel, el cartón, o compuestos modernos de la madera como los tableros MDF, evolucionen frente a un fuego carbonizándose en lugar de propagar las llamas, lo que supone una buena protección pasiva en caso de incendio (González, 2009) (Figura 2).

En general, los compuestos basados en fósforo, tanto orgánicos como inorgánicos, son empleados habitualmente en sistemas retardantes de llama debido a que producen fases condensadas y liberación de agua. Estas características ocasionan que se diluya la mezcla combustible y favorece la formación de la capa protectora del material (Zambrano, 2012). Una de las combinaciones más empleadas es 0,05 partes en peso de polifosfato de sodio con 0,2 partes en peso de dispersante poliacrílico de amonio (Schweigger, 2005).

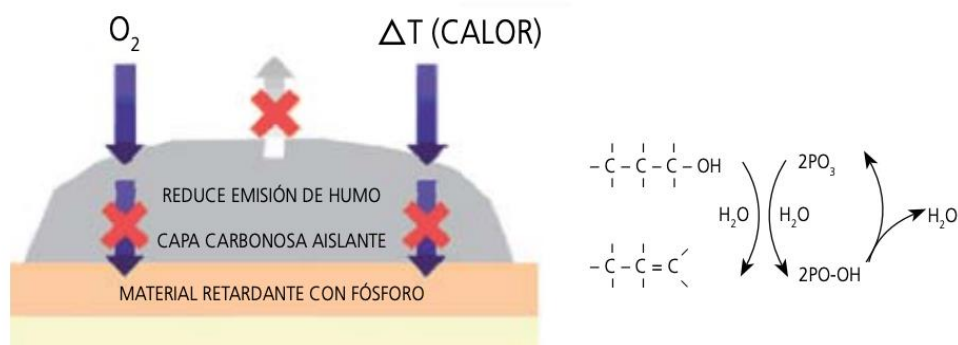


Figura 2. Esquema de acción de un retardante en base fósforo (González, 2009).

Dentro de los retardantes en base fósforo se encuentran los compuestos organofosforados que son compuestos orgánicos degradables que contienen enlaces fósforo-carbono, los cuales en principio se desarrollaron como alternativa a hidrocarburos clorados para el control de plagas. Dada la creciente presión de agencias estatales y federales por eliminar los PBDEs como agentes retardantes de llama, se optó por emplear este tipo de sustancias que a priori parecían más beneficiosos para la salud, pero que han resultado ser tanto o incluso más perjudiciales que sus antecesores.

Así, se han observado elevados niveles de contaminación por sustancias organofosforadas en muestras de aire y agua alrededor del mundo. Este tipo de sustancias pueden resultar carcinógenas, afectar al desarrollo neurológico y a la fertilidad entre otros factores (Cernansky, 2017).

Algunos de los retardantes de llama organofosforados son el tris (1,3-dicloroisopropil) fosfato (TDCIPP) y el fosfato de trifenilo (TPHP), empleados en diversidad de productos como muebles, asientos de vehículos y alfombras (Mercola, 2015).

1.3.1.3. Retardantes nitrogenados

Los piroretardantes orgánicos nitrogenados inhiben la formación de gases inflamables y se utilizan fundamentalmente en polímeros que contienen nitrógeno, como el poliuretano y la poliamida. Los piroretardantes nitrogenados más importantes están basados en la melamina y sus derivados, que actúan como sistemas intumescentes (Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, 2008).

Existen revestimientos ignífugos que contienen elementos de fósforo, nitrógeno y azufre como materias primas, basados en la reacción tiol-eno, que se emplean como recubrimientos sobre madera y como revestimientos poliméricos (Tiansheng & cols., 2018) (Liu & cols., 2015).

1.3.1.4. Retardantes inorgánicos

Algunos de los compuestos inorgánicos que se emplean como inhibidores de fuego son el trihidrato de aluminio, el hidróxido de magnesio y algunos compuestos con boro, zinc y estaño (González, 2009). Estos aditivos inhiben la propagación del fuego por diversos mecanismos, como liberación de agua, emanación de gases no inflamables que desplazan a los gases que alimentan la combustión del fuego, absorción de calor de la reacción del fuego provocando un enfriamiento del mismo o producción de una capa protectora que impide que las llamas alcancen el soporte sobre el que se aplican, tal y como se muestra en la Figura 3. En los últimos años se ha observado el empleo de nuevos aditivos que mejoran la reacción al fuego de las pinturas sin provocar un riesgo para la salud y el medio ambiente. Dichos productos y sus proyectos o patentes se resumen a continuación:

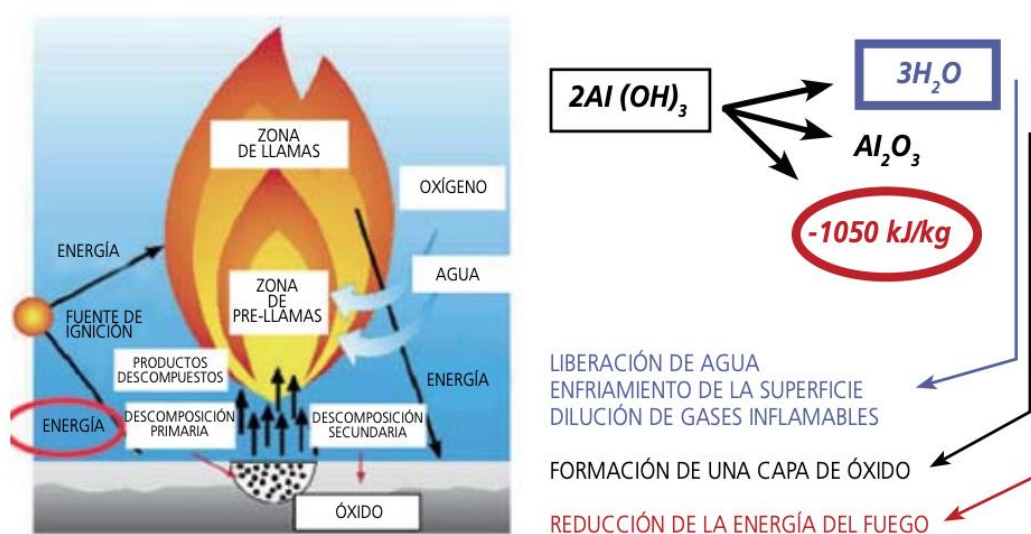


Figura 3. Esquema de acción de un retardante inorgánico. (González, 2009).

- Alúmina calcinada:

Por un lado, Moisés Figueroa y Fernando Durazo (2015) emplean entre un 7 y un 8,2 % en peso de alúmina calcinada para formular un recubrimiento ignífugo en base acuosa, que además de ser biodegradable es resistente a la corrosión, a la lluvia ácida y al choque mecánico, pudiendo ser empleado, según los autores, en cualquier superficie con resultados satisfactorios.

- Hidróxido de magnesio:

Se han llevado a cabo diversos estudios como el de Hao Tang & cols., (2013) en el que se han observado cómo varían las propiedades de una resina tipo poliéster, que puede ser empleada como recubrimiento para cableado, al añadir distintas cantidades de hidróxido de magnesio (35, 45 y 55%), siendo el porcentaje más alto el que mejores resultados de emisión de gases y resistencia a la llama ofrece. En dicho estudio se deja constancia de que la buena preparación del sustrato y el aumento de su superficie específica pueden incrementar notablemente las propiedades del material como retardante de llama.

En la patente presentada por Jesús Manuel Martínez Martínez y colaboradores (2008), consiguen un buen retardante de llama empleando como aditivo hidróxido de magnesio. Además, realizan un estudio pormenorizado para diferentes tipos de resinas y disolventes, en función de los cuales el porcentaje en peso del hidróxido puede variar entre el 5 y el 99%.

Asimismo, en la bibliografía también se referencia el empleo de polifosfato de amonio, como en la patente desarrollada por Vicente Mans y David García (2014), en la cual se propone la formulación de una disolución retardante de llama con un porcentaje de polifosfato de amonio comprendido entre el 5 y el 30 % del peso total del compuesto, obteniéndose los mejores resultados cuando se emplea un porcentaje entre el 6 y el 13 %.

Además, en la patente de Juan Brugarolas (2008) se presenta la sinergia de al menos cuatro compuestos para la formación de productos intumescentes: polifosfato amónico como agente catalizador (a 200 °C libera ácido polifosfórico); formador de carbón, sustancias que por reacción con el ácido polifosfórico liberan carbón (por ejemplo pentaeritrol); un agente generador de gases inertes como la melanina (produce nitrógeno y amoníaco); un agente adhesivo (resina acrílica); y por último, se pueden incorporar como soporte láminas de grafito expandible.

- Retardantes con nanomateriales:

En los últimos años, con el auge de la nanotecnología, se han desarrollado nuevos aditivos para su empleo como retardantes de llama en pinturas y otros recubrimientos. Este es el caso de las nanoarcillas, empleadas en su trabajo por R. Paul y L.M. Robeson (2008), quienes realizan un estudio para la modificación de sílice coloidal junto con la arcilla exfoliada, para conseguir propiedades retardantes de llama en recubrimientos poliméricos.

Por otro lado, Long Yan & cols. (2018) llevaron a cabo con éxito la síntesis de una serie de nuevos agentes ignífugos de polifosfato de montmorillonita mediante injerto químico de ésteres cíclicos de fosfato ácido (Fosfoetanolamina) con diferentes cargas de montmorillonita modificada orgánicamente (0, 0.45, 1.36, 2.27 y 3.18 %_{wt}). Asimismo, Wang & cols. (2007) demuestran que la adición de un 1,5 %_{wt} de nanoarcilla homogénea,

proporciona un buen envejecimiento y resistencia al fuego del recubrimiento, mientras que superar el 3 %_{wt} produce un efecto negativo en el rendimiento ignífugo.

Alternativamente Xinghong Song & cols. (2014) obtuvieron pinturas con buenas propiedades de resistencia al fuego mediante el empleo de un aerogel de grafeno tridimensional y nitrogenado (NGA). Por último, Peng & cols. (2015) llevaron a cabo un estudio en el que desarrollaron nanocompuestos con propiedades ignífugas basados en óxido de grafeno, montmorillonita y alcohol polivinílico, obteniendo buena resistencia a la tensión y a la fatiga, alta conductividad y buenas propiedades ignífugas, lo que los hace viables para el empleo en la industria aeroespacial, la construcción de electrodos flexibles y su empleo como retardantes de llama.

1.3.2. Métodos de adición

Una manera breve de describir los métodos de adición de las sustancias retardantes de fuego sería la empleada por González en el año 2009:

- Cambio químico: empleado en plásticos y fibras sintéticas, cuya estructura puede ser modificada durante el proceso de fabricación.
- Impregnación: tratamiento para materiales absorbentes. En esta técnica los agentes químicos se disuelven, generalmente en agua, y posteriormente el material a tratar se sumerge en la misma disolución.
- Impregnación bajo presión: a diferencia de la impregnación, se emplea para materiales relativamente densos y que no son buenos absorbentes, como por ejemplo la madera. El tratamiento se lleva a cabo en cámaras de vacío, y básicamente consiste en sustituir el aire que retiene la madera en sus cavidades microscópicas internas, por el químico retardante de llama preparado.
- Pinturas: se emplean en materiales no absorbentes generando una capa o superficie no combustible que inhibe la propagación de las llamas.

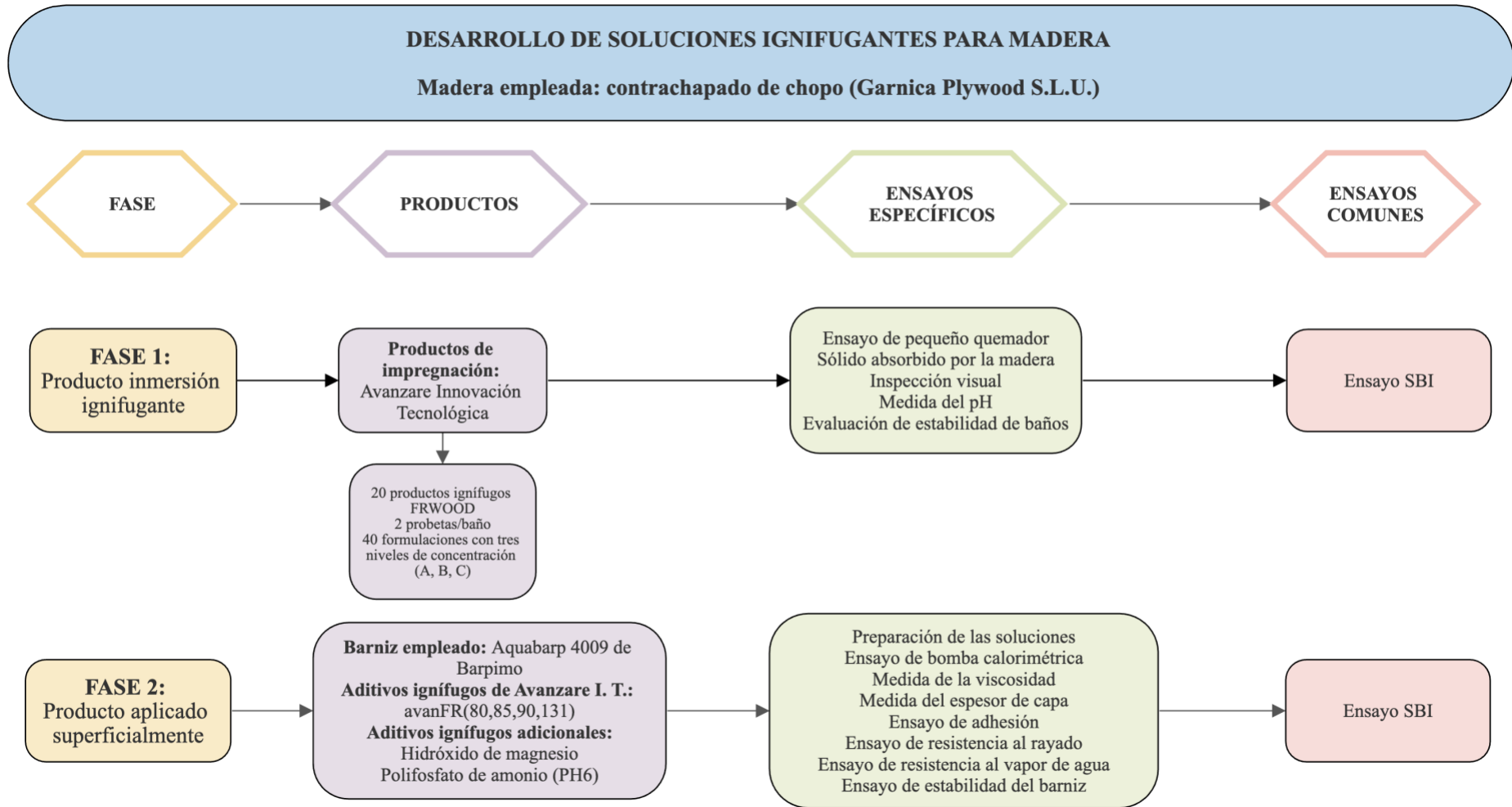
2. OBJETIVOS

La irrupción de la conciencia medioambiental en el día a día ha propiciado la evolución de la industria química hacia la búsqueda de nuevas soluciones que nos permitan contar con las comodidades y facilidades que cada día más demanda el ser humano, pero orientada hacia la consecución de productos y materiales más respetuosos con el medio ambiente, y que no supongan un perjuicio para la salud de las personas. En la industria de las pinturas y recubrimientos, esta evolución resulta quizás un poco más lenta. Es cierto que, a día de hoy, existen cada vez más pinturas que cuentan con certificados ecológicos, pero no siempre reúnen todos los requisitos que el cliente desea.

El propósito de esta investigación es, por un lado, obtener un producto para baños de madera innovador (Fase 1). Teniendo en cuenta que la legislación en cuanto a los baños de madera no está tan avanzada, el objetivo es trabajar con formulaciones libres de ácido bórico y/o boratos, que recientemente se ha descubierto que son perjudiciales para la fertilidad, lo que supone la aparición de nuevas restricciones en el empleo industrial de dichos productos. Además, este nuevo aditivo deberá proporcionar una muy buena clasificación de reacción al fuego, C-s1 o superior, independientemente del soporte sobre el que se incorpore, garantizando que la madera tratada posea muy buenas características frente a un incendio.

Por otro lado, se pretende conseguir productos ignífugos para añadir a pinturas o barnices, en concreto retardantes de llama para madera (Fase 2). A diferencia de las opciones que actualmente presenta el mercado, estos retardantes no deben poseer aditivos tóxicos como los empleados actualmente éteres de difenilo polibromados (PBDEs), compuestos halogenados con muy buenas características para la protección pasiva contra incendios, pero muy perjudiciales dada su elevada toxicidad. De este modo, se pueden obtener productos que además de resultar eficaces para su propósito, sean respetuosos con el medio ambiente y con la salud de las personas. Con ello se pretende que, si el aditivo es añadido a un barniz comercial candidato al certificado ECOLABEL, nuestro producto no comprometa su valía y favorezca en todo caso su obtención.

A continuación, se incluye un esquema simplificado de las diferentes fases que componen este proyecto, con el fin de facilitar su comprensión.



3. MATERIALES Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

Tal y como se ha descrito en el punto 2, el fundamento del proyecto es desarrollar una solución ignífuga para madera de altas prestaciones. Para ello es necesario hacer una recopilación preliminar, basada en el punto 1.3.1. del presente proyecto, que permita acotar el tipo de aditivos que se pueden emplear.

Se van a desarrollar dos tipos de soluciones ignífugas, por un lado, un producto apto para realizar baños de ignifugación y, por otro lado, pinturas ignífugas para madera. Para esta última será necesario elegir alguna pintura comercial que ya cumpla con los requisitos de ecología de etiqueta ECOLABEL descritos en el punto 1.2., cuya ficha técnica y de seguridad se adjunta en el Anexo A.

La primera condición que se debe tener clara es el soporte sobre el que se aplicará la solución retardante de llama a desarrollar. Como ya se ha adelantado a lo largo del presente texto, la finalidad es tratar madera, o derivados de la misma. Los productos empleados como retardantes de llama o ignífugantes en la madera se pueden clasificar a grandes rasgos en dos categorías (Hervalejo, 2016).

3.1. PRODUCTO DE INMERSIÓN IGNIFUGANTE

Mediante este procedimiento se incorpora la solución ignífuga a la madera por impregnación bien en su estado previo a la manufacturación o posterior a la misma (muebles, ventanas, puertas, etc.). En este caso se pretende preparar una disolución en la que se sumerja la madera durante un periodo determinado bajo unas condiciones concretas, de modo que el aire intrínseco de la madera sea forzado a salir al exterior y sea sustituido por el retardante. Es importante controlar las condiciones de inmersión como son la temperatura, la presión, la velocidad de circulación del baño y la composición y concentración de los productos químicos del mismo. En cuanto a procesos ignífugantes, Hervalejo (2016) centra la atención en la concentración del compuesto ignífuga, la temperatura del baño, el tiempo de tratamiento, la relación de baño (peso de madera por cantidad de agua), velocidad de agitación del baño y secado de la madera previo a los ensayos de fuego.

Como se detallará más adelante, en este apartado de la experimentación se ha procedido a emplear diferentes productos de impregnación, proporcionados por el departamento de producción de Avanzare Innovación Tecnológica S.L. con el fin de realizar una selección de los aditivos más adecuados para conseguir las propiedades propuestas.

3.2. PRODUCTO APLICADO SUPERFICIALMENTE

Son aquellos productos que se aplican o incorporan en las capas superficiales del producto de madera ya terminado, bien en las fábricas o en su emplazamiento a posteriori. La idea es buscar productos comerciales existentes y añadirles posteriormente sustancias ignífugas. Dentro de este tipo de productos, se ha propuesto el empleo de barnices tapaporos.

Los barnices tapaporos deben aplicarse previamente a la pintura de acabado. Estos productos generalmente son incoloros y se emplean para evitar la excesiva absorción de color en caso de que se apliquen pinturas coloreadas de acabado en la madera sobre superficies muy porosas o absorbentes. También se emplean como fijadores de las pinturas o en caso de no querer colorear la madera como sustancia “plastificadora final”.

En este proyecto se ha empleado un barniz tapaporos en base agua, proporcionado por la empresa Barpimo S.A., con referencia Aquabarp 4009, el cual es un impregnante incoloro para madera de exterior.

3.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL PARA LA SELECCIÓN DE PRODUCTOS IGNÍFUGOS

3.3.1. Fase 1: Producto para baños de ignifugación

3.3.1.1. Preparación de los baños de ignifugación

Como se ha comentado a lo largo de la memoria, en esta fase se pretende obtener un producto para baños ignifugantes. Para ello se probarán diferentes disoluciones ignífugas sobre probetas de dimensiones 75 x 150 mm de madera de contrachapado de chopo proporcionada por Garnica Plywood S.A.U.

Con el fin de abaratar costes de producción, se propuso trabajar en condiciones atmosféricas, es decir, presión atmosférica y temperatura ambiente, proporcionando así una alternativa al sobre coste que supone en la industria el empleo de autoclave, y obtener de esta manera un producto más económico que los disponibles en el mercado actual.

Para este estudio se emplearon 20 productos ignífugos suministrados por Avanzare Innovación Tecnológica S.L., con codificaciones FRWOOD1 a FRWOOD20. Estas disoluciones se utilizaron en distintas concentraciones obteniéndose 40 formulaciones diferentes. De ahora en adelante, se utilizarán las codificaciones A y A' (donde ' hace referencia únicamente a que es el duplicado de la muestra A) para hacer referencia a las dos probetas sumergidas en productos FRWOOD de concentración pura obtenida de fábrica; B y B' para hacer referencia a las dos probetas sumergidas en productos FRWOOD diluidos a la mitad (50%_{wt} producto/50%_{wt} agua destilada), y C y C' en casos excepcionales de proporción diferente a las anteriormente citadas (70%_{wt} producto/30%_{wt} agua destilada). De este modo, cuando se mencione A, A', B, B', C o C' se estará haciendo referencia a las probetas y cuando se mencione algún producto FRWOOD, se estará haciendo referencia al propio producto.

Una vez preparadas las formulaciones y las probetas de madera, se llevaron a cabo los baños de inmersión en el producto ignifugante. Para ello se adicionan 800 ml de cada formulación anterior en 40 botes de plástico de 1 litro de capacidad. En cada bote se introducirán 2 probetas de madera previamente pesadas y se dejarán en el baño durante 24 horas (Figura 4).

Una vez transcurrido dicho periodo, se extrajeron las probetas y se pesaron. A continuación, se secaron en una estufa con convección de aire a 50 °C durante otras 24 horas, para finalmente pesarlas de nuevo. Este proceso de secado se realiza para obtener una humedad en la madera similar a la inicial, que es en torno a un 12%, pudiendo estimarse de este modo la cantidad de sólido ignífugo absorbido por la madera, que junto con otros criterios será clave para la discriminación de formulaciones, tal y como se reflejará en el apartado de resultados.



Figura 4. Proceso de inmersión ignifugante a pequeña escala.

3.3.1.2. Ensayos de pequeño quemador

Una vez preparadas todas las probetas de madera, nos basaremos en el ensayo del pequeño quemador, adaptándolo a las probetas empleadas en este proyecto y estableciendo unas condiciones que sirvan de una primera prueba para descartar productos. El ensayo de pequeño quemador se basa en la norma EN ISO 11925-2 y permite determinar la reacción al fuego para diversos tipos de materiales, estudiando la velocidad de propagación de llamas medido en milímetros por minuto, así como la caída de gotas inflamadas.

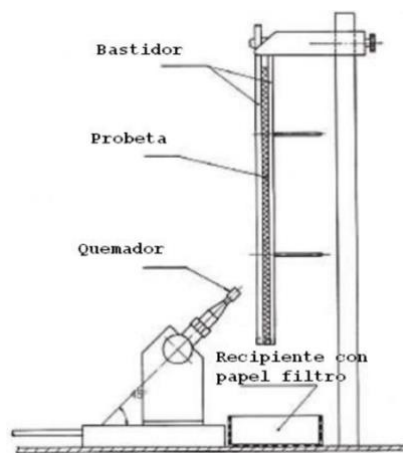


Figura 5. Esquema del ensayo del pequeño quemador (Arias, 2018).

Para la ejecución del ensayo se colocan las probetas de madera tratadas en un bastidor vertical dentro de la cámara del pequeño quemador (Figura 5) con el fin de determinar varios factores, como el alcance máximo de la llama tras aplicación directa de fuego a 45° de inclinación, la anchura de la huella provocada por la llama, rotura o desperfectos superficiales y/o profundos, desprendimiento de material y tiempo de autoextinción del fuego.

Para la preparación de la probeta, se realizará una marca horizontal a 1 centímetro del borde inferior de la misma (Figura 6), localizando a su vez el punto medio. Ese será el punto de aplicación de la llama. Como se observa en la Figura 7, la llama se aplica en el punto marcado anteriormente, con una longitud de 30 milímetros, que se determina mediante medición con un equipo calibrado. Una vez realizado el ensayo, se realizarán mediciones de alcance y anchura máximas de la llama (Figura 8), que serán el principal factor para seleccionar los productos con mejores resultados para escalar a nivel laboratorio y realizar nuevos ensayos de reacción al fuego.



Figura 6. Preparación de las probetas de madera para el ensayo de pequeño quemador.

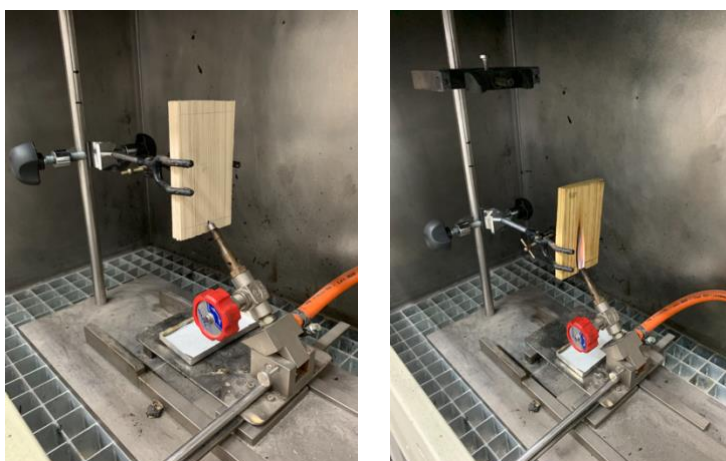


Figura 7. Montaje para ensayos en pequeño quemador.

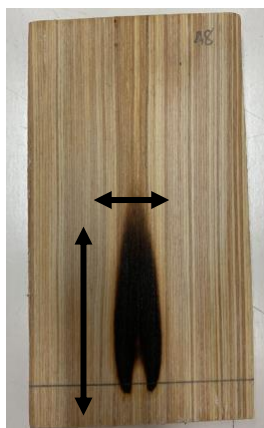


Figura 8. Medidas de alcance y anchura máximas en la probeta.

3.3.1.3. Determinación de sólido absorbido por la madera

Otro de los factores determinantes en la selección de los productos es la cantidad de materia ignifugante absorbida, puesto que se pretende que el proceso realizado no modifique en exceso las propiedades de la madera virgen. Por lo tanto, será favorable que el aumento de peso no sea excesivo. Esta medida se realizará por diferencia de pesado previa y posterior al tratamiento de inmersión y secado de las probetas. Se pondrá como límite para la discriminación de productos que el incremento de peso no sea superior al 30%.

3.3.1.4. Inspección visual de las probetas

Por otro lado, también se tiene en cuenta que el aspecto de la madera una vez tratada no diste demasiado de la apariencia de la madera inicial. Para ello se comprobará, con ayuda de una lupa, que la tonalidad varíe mínimamente y se evaluará la presencia de exudados sólidos en la superficie de las probetas. A continuación, se muestra a modo de ejemplo (Figura 9), cómo serían unas muestras válidas y no válidas.



Figura 9. Ejemplos de probetas válidas y no válidas.

3.3.1.5. Medida del pH

Es necesario que los productos ignífugos empleados no sean demasiado ácidos ni demasiado básicos. A través de un pHmetro se comprobará que el valor se encuentre en el rango 5-9, descartando los productos cuyo pH se salga de esta especificación.

3.3.1.6. Evaluación de la estabilidad de los baños

Para verificar que los baños preparados pueden emplearse para realizar más de una inmersión, se llevarán a cabo ensayos en los que se comprobará si tras cada baño su densidad ha variado. Esta variación en la medida de la densidad supondría una pérdida de sólido y la consiguiente pérdida de eficacia. Estas pruebas no se realizarán con los 40 baños, sino que únicamente con aquellos que hayan superado satisfactoriamente el resto de pruebas mencionadas anteriormente.

3.3.2. Fase 2: Aditivos para barniz tapaporos

Esta segunda fase se basa en la búsqueda de aditivos que puedan ser añadidos a un barniz tapaporos comercial, para proporcionar propiedades ignífugas. Para ello, se partirá del barniz para exteriores Aquabarp de la empresa Barpimo S.A. con codificación A4009. Se emplearán, por un lado, productos de formulación interna de Avanzare al igual que en la Fase 1: avanFR80, avanFR85, avanFR90 y avanFR131 y, por otro lado, aditivos ignífugos como el hidróxido de magnesio y el polifosfato de amonio, todos ellos en diferentes proporciones. Posteriormente, se llevarán a cabo una serie de ensayos que permitirán seleccionar los que mejores resultados proporcionen.

3.3.2.1. Preparación de las soluciones

Se añaden cantidades comprendidas entre el 5 y el 30% en peso de los aditivos ignífugos sobre el barniz para exteriores A4009 en recipientes plásticos. A continuación, se procede a realizar una primera mezcla manual y posteriormente se dispersan en equipo Dispermat a 7000 r.p.m. durante 40 minutos, para obtener un producto más homogéneo, estable y reduciendo así el tamaño de la partícula.

La disminución del tamaño de partícula y la homogeneidad de la disolución se comprobarán mediante microscopio electrónico InVia Raman Renishaw una vez la disolución haya superado las pruebas de bomba calorimétrica, puesto que es una medición que se destina a la comercialización del producto una vez sea comprobada su eficacia. En las Figuras 10 y 11 se puede apreciar la disposición de las partículas y la homogeneidad de la mezcla de barniz A4009 con un 10% en masa de polifosfato de amonio, antes y después de la dispersión mecánica respectivamente, a modo de ejemplo. Como se puede observar, en la Figura 10 la mezcla no es muy homogénea y el borde de grano está muy definido con partículas del orden de 10 μm . Mientras que en la Figura 11, tras la dispersión, la partícula se ha conseguido romper hasta alcanzar tamaño nanométrico, observándose una fase homogénea empleando el zoom de referencia de 50 μm .

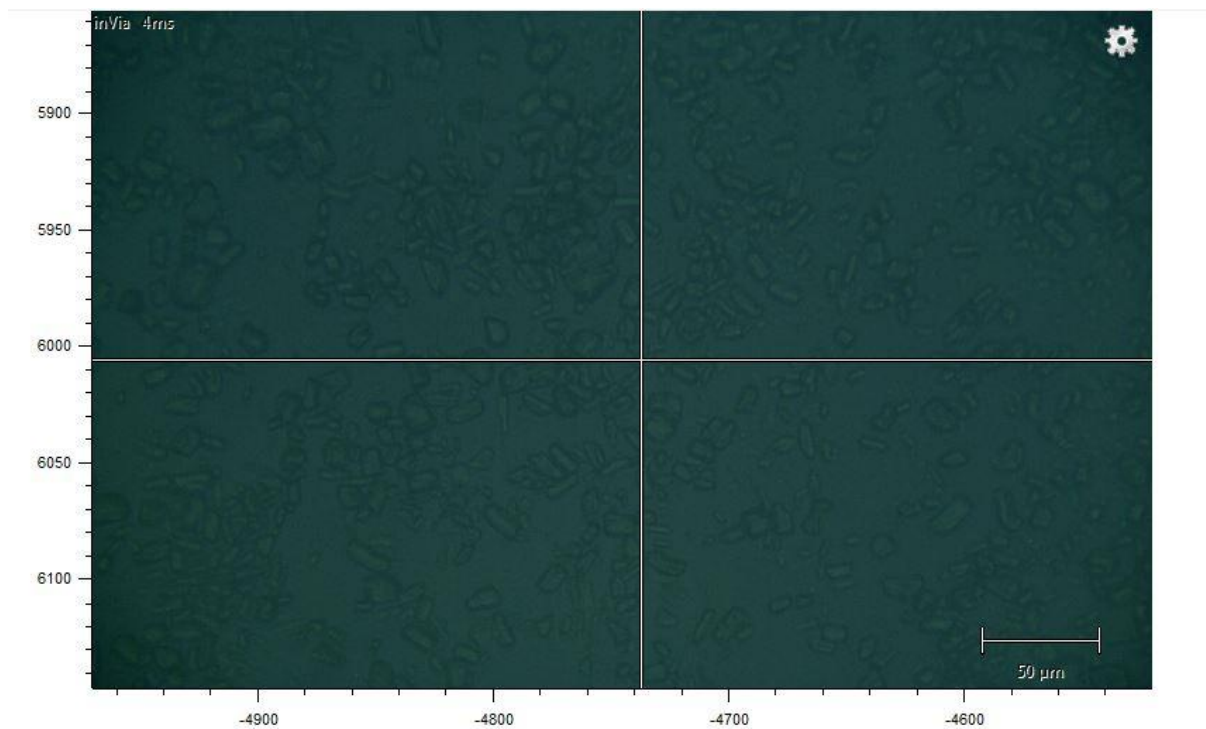


Figura 10. Barniz A4009 con 10% de polifosfato de amonio.

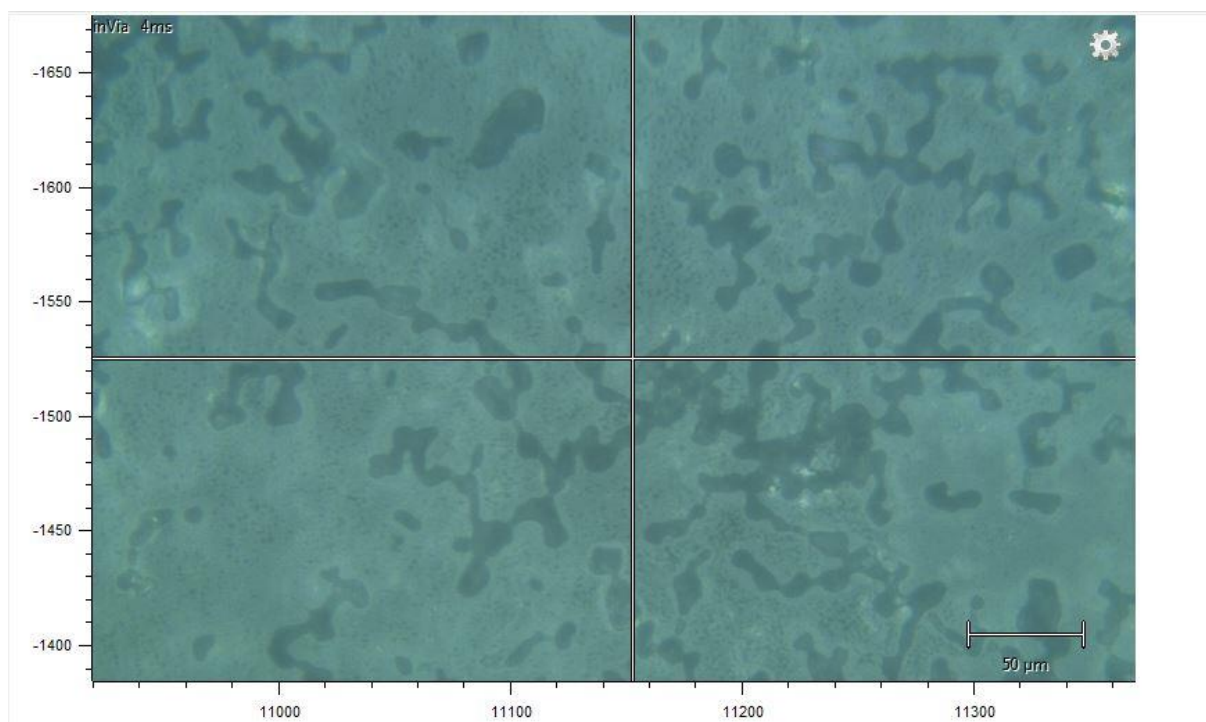


Figura 11. Barniz A4009 con 10% de polifosfato de amonio nanométrico.

3.3.2.2. Ensayo de bomba calorimétrica

Para todas las disoluciones anteriores, se preparan muestras sólidas en forma de polvo o ralladura de barniz para realizar ensayos de bomba calorimétrica en el equipo Parr 6200 Calorimeter (Figura 12). Para ello, y en función de la consistencia del producto preparado, se

pintará sobre una superficie inerte como el vidrio y tras secarse se obtendrá el material con una rasqueta, o bien se depositará cierta cantidad en un molde de silicona y tras secarse se extraerá del molde y se romperá en pequeños trozos con ayuda de un molinillo mecánico.

Una vez preparadas todas las muestras, se realizará el ensayo según la norma UNE-EN ISO 1716:2011. Este ensayo determina el poder calorífico del material, medido como MJ/kg o MJ/m², calculado en base al aumento de temperatura observado, considerando la pérdida de calor y el calor latente de vaporización del agua. El objetivo es obtener un barniz cuyo poder calorífico sea igual o inferior a 15 MJ/kg, ya que este valor se considera el idóneo para obtener una buena reacción al fuego del material final.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Tomar una muestra de material entre 0,4-1 g en una pequeña cubeta metálica.
- Colocar la cubeta en el soporte de la cámara de combustión.
- Disposición del hilo conductor en los electrodos y en contacto con la muestra.
- Introducción del soporte en la cámara de combustión y sellado de la misma.
- Inyección de oxígeno en la cámara hasta una presión entre 3,0-3,5 MPa.
- Inmersión de la cámara en la cubeta metálica del equipo previamente llenada con 2 litros de agua destilada a aproximadamente 29 °C.
- Introducción de la cubeta en el interior del equipo y ejecución de los comandos del programa.

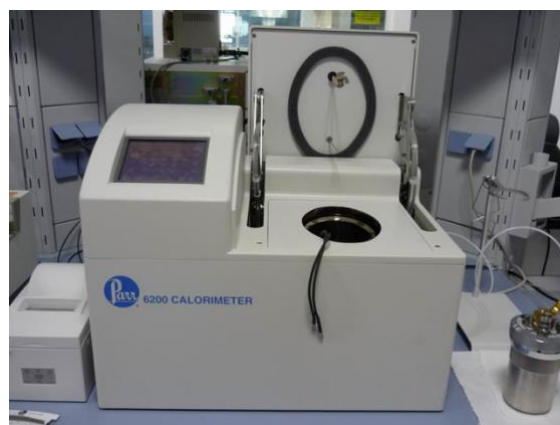


Figura 12. Montaje de la muestra y equipo de Bomba Calorimétrica.

3.3.3. Escalado de los resultados y ensayos SBI (Single Burning Item)

Seleccionados los productos con mejores resultados se proceden a efectuar los ensayos en el equipo SBI, que determinarán el grado de éxito del proyecto. Este ensayo, recogido en la norma

UNE EN 13823, analiza la contribución potencial de un producto a la evolución de un incendio mediante la simulación de un único objeto ardiendo en una esquina de una habitación (Arias, 2018).

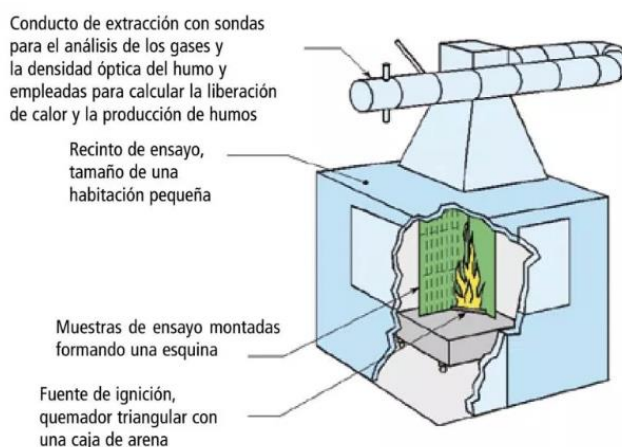


Figura 13. Esquema del ensayo SBI. (RISE, 2018)

El ensayo se lleva a cabo en una cabina constituida por dos bastidores verticales fabricados con material no combustible donde se colocan las probetas del material a analizar, cuyas dimensiones son 500 x 1500 mm y 1000 x 1500 mm y que deben ser colocadas formando un ángulo de 90°. En la esquina inferior de la configuración descrita (Figura 13) se simula el incendio a través de una llama provocada gracias a un mechero de propano.

Durante el ensayo se registran varios parámetros que permitirán el cálculo de una serie de factores que establecen la clasificación de reacción al fuego del material ensayado. Los datos registrados son: calor emitido, producción de humo, caída de gotas, propagación horizontal de llamas, consumo de oxígeno y formación de dióxido de carbono.

A partir de estos valores se calculan los siguientes parámetros:

- THR_{600s}: representa la emisión total de calor durante el incendio (MJ).
- LFS: supone la propagación lateral de las llamas (control visual).
- FIGRA: registra la velocidad de propagación del fuego ($W \cdot s^{-1}$).
- SMOGRA: velocidad de propagación del humo ($m^2 \cdot s^{-2}$).
- TSP_{600s}: producción total de humo (m^2).
- Se registra visualmente la caída de gotas inflamadas.

Una vez realizados estos cálculos, se procede a clasificar el material a través de la codificación aportada por Euroclases, que se muestra a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación EUROCLASES para ensayos de reacción al fuego (basada en la norma UNE-EN 13501-1:2019)

Clase	Método(s) de ensayo	Criterios de clasificación	Declaración adicional obligatoria
A1	UNE-EN-ISO 1182:2002 ⁽¹⁾ ; y	$\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$; y $\Delta m \leq 50\%$; y $t_f = 0$ (es decir, sin llama sostenida)	-
	UNE-EN-ISO 1716:2002	$PCS \leq 2.0 \text{ MJ kg}^{-1}$ ⁽¹⁾ ; y $PCS \leq 2.0 \text{ MJ kg}^{-1}$ ⁽²⁾ ^(2a) ; y $PCS \leq 1.4 \text{ MJ.m}^{-2}$ ⁽³⁾ ; y $PCS \leq 2.0 \text{ MJ kg}^{-1}$ ⁽⁴⁾	-
A2	UNE-EN-ISO 1182:2002 ⁽¹⁾ ; o	$\Delta T \leq 50^\circ\text{C}$; y $\Delta m \leq 50\%$; y $t_f \leq 20 \text{ s}$	-
	UNE-EN-ISO 1716:2002; y	$PCS \leq 3.0 \text{ MJ kg}^{-1}$ ⁽¹⁾ ; y $PCS \leq 4.0 \text{ MJ m}^{-2}$ ⁽²⁾ ; y $PCS \leq 4.0 \text{ MJ m}^{-2}$ ⁽³⁾ ; y $PCS \leq 3.0 \text{ MJ kg}^{-1}$ ⁽⁴⁾	-
	UNE-EN-13823:2002 (SBI)	$FIGRA \leq 120 \text{ W s}^{-1}$; y $LFS < \text{margen de la muestra}$; y $THR_{600s} \leq 7.5 \text{ MJ}$	Producción de humo ⁽⁵⁾ ; y Caída de gotas/partículas inflamadas ⁽⁶⁾
B	UNE-EN 13823:2002 (SBI); y	$FIGRA \leq 120 \text{ W s}^{-1}$; y $LFS < \text{margen de la muestra}$; y $THR_{600s} \leq 7.5 \text{ MJ}$	Producción de humo ⁽⁵⁾ ; y Caída de gotas/partículas inflamadas ⁽⁶⁾
	UNE-EN-ISO 11925-2:2002 ⁽⁸⁾ ; <i>Exposición = 30 s</i>	$F_s \leq 150 \text{ mm en } 60 \text{ s}$	
C	UNE-EN 13823:2002 (SBI); y	$FIGRA \leq 250 \text{ W s}^{-1}$; y $LFS < \text{margen de la muestra}$; y $THR_{600s} \leq 15 \text{ MJ}$	Producción de humo ⁽⁵⁾ ; y Caída de gotas/partículas inflamadas ⁽⁶⁾
	UNE-EN-ISO 11925-2:2002 ⁽⁸⁾ ; <i>Exposición = 30 s</i>	$F_s \leq 150 \text{ mm en } 60 \text{ s}$	
D	UNE-EN 13823:2002 (SBI); y	$FIGRA \leq 750 \text{ W s}^{-1}$	Producción de humo ⁽⁵⁾ ; y Caída de gotas y partículas inflamadas ⁽⁶⁾
	UNE-EN-ISO 11925-2:2002 ⁽⁸⁾ ; <i>Exposición = 30 s</i>	$F_s \leq 150 \text{ mm en } 60 \text{ s}$	
E	UNE-EN-ISO 11925-2:2002 ⁽⁸⁾ ;	$F_s \leq 150 \text{ mm en } 20 \text{ s}$	Caída de gotas/partículas inflamadas ⁽⁷⁾

<i>Clase</i>	<i>Método(s) de ensayo</i>	<i>Criterios de clasificación</i>	<i>Declaración adicional obligatoria</i>
	<i>Exposición = 15 s</i>		
F	UNE-EN-ISO 11925-2:2002 ⁽⁸⁾ : <i>Exposición = 15 s</i>	F _s > 150 mm en 20 s	

(1) Para productos homogéneos y componentes sustanciales de productos no homogéneos

(2) Para cualquier componente no sustancial de productos no homogéneos

(2a) Alternativamente, para cualquier componente no sustancial que tenga un $PCS \leq 2.0 \text{ MJ m}^{-2}$, siempre que el producto satisfaga los siguientes criterios de UNE-EN 13823:2002 (SBI): $FIGRA \leq 20 \text{ W s}^{-1}$, y $LFS < \text{margen de la muestra}$; y $THR_{600s} \leq 4.0 \text{ MJ}$; y $s1$; y $d0$.

(3) Para cualquier componente no sustancial interno de productos no homogéneos

(4) Para el producto en su conjunto

(5) $s1 = SMOGRA \leq 30 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ y $TSP_{600s} \leq 50 \text{ m}^2$; $s2 = SMOGRA \leq 180 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$ y $TSP_{600s} \leq 200 \text{ m}^2$;
 $s3 = \text{ni } s1 \text{ ni } s2$

(6) $d0 = \text{Sin caída de gotas y partículas inflamadas en UNE-EN 13823:2002 (SBI) en 600 s}$;
 $d1 = \text{Sin caída de gotas y partículas inflamadas durante más de 10 s en UNE-EN 13823:2002 (SBI) en 600 s}$; $d2 = \text{ni } d0 \text{ ni } d1$; la ignición del papel en UNE-EN-ISO 11925-2:2002 determina una clasificación $d2$.

(7) Éxito = ausencia de ignición del papel (sin clasificación); Fallo = ignición del papel (clasificación $d2$)

(8) En condiciones de ataque de llama superficial y, si es adecuado para las condiciones finales de utilización del producto, de ataque de llama lateral.

Los ensayos SBI se realizarán únicamente para los productos que han superado satisfactoriamente las Fases 1 y 2 de este proyecto. Por un lado, se repetirán los baños a mayor escala (adecuándose a las medidas establecidas para la realización de la prueba SBI) de la primera fase con la madera de contrachapado, esta vez solo con el producto seleccionado. Por otro lado, con el barniz aditivado seleccionado en la segunda fase se pintarán dos probetas de MDF de 16 mm de espesor. Por último, se combinarán ambos productos de modo que se pintarán con el barniz aditivado de la Fase 2 dos tableros de contrachapado ya tratados con los baños obtenidos en la Fase 1.

El objetivo es determinar la clasificación obtenida en el ensayo SBI para la madera tratada mediante impregnación, comprobar el comportamiento inerte frente al fuego del barniz aditivado y, por último, evaluar el comportamiento de la madera de contrachapado tratada con ambos productos. Se busca obtener un resultado en la clasificación de la prueba SBI de C-s1 o superior.

3.4. TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN

Una vez seleccionados los productos con mejores propiedades de reacción al fuego se llevarán a cabo una serie de ensayos para certificar que no afectan a las características fisicoquímicas del sustrato sobre el que se aplican, y además en el caso del barniz, comprobar que la aditivación mejora o no empeora dichas características respecto a la matriz inicial.

En el caso del barniz tapaporos, para la elección de las pruebas complementarias se acude a la norma UNE-EN 927-1 de 2013 en la que se recogen las características que deben cumplir los materiales y sistemas de recubrimiento para madera exterior, que a su vez hacen referencia a normas específicas de cada ensayo, tal y como se detalla a continuación.

3.4.1. Medida de la viscosidad

Se trata de una prueba comparativa de las viscosidades del barniz pre y post aditivado. Para ello se emplea una Copa Ford número 4 según la norma UNE-EN ISO 2431. Se mide en segundos el tiempo que tarda en vaciarse la copa. Posteriormente se utiliza la siguiente tabla (Tabla 2) para convertir los resultados en unidades de viscosidad.

Tabla 2. Conversión de tiempo a viscosidad (QUANTOTEC, 2016)

FÓRMULAS DE CONVERSIÓN Y RANGOS PARA COPAS DE VISCOSIDAD (t=tiempo de flujo en s; v=viscosidad en cSt)			
ASTM D1200 ø 2,53 FORD-2	$v=1,44 (t-18)$ [40-100 s / 25-110 cSt]	DIN 53211 (ø4)	$v=4,57t-452/t$ [25- 150 s / 90-700 cSt]
ASTM D1200 ø 3,40 FORD-3	$v=2,31 (t-6,58)$ [20- 100 s / 49-220 cSt]	ASTM D4212 Shell 1	$v=0,226(t-13)$ [20-80 s / 2-20 cSt]
ASTM D1200 ø 4,12 FORD-4	$v=3,85 (t-4,49)$ [20- 100 s / 60-370 cSt]	ASTM D4212 Shell 2	$v=0,576 (t-5)$ [20-80 s / 10-50 cSt]

3.4.2. Medida del espesor de capa

Para llevar a cabo este ensayo, se aplicaron con rodillo de espuma una, dos y tres capas de barniz sobre un sustrato metálico férreo. Se midieron tras cada capa los espesores obtenidos mediante un medidor electromagnético (Laserliner CoatingTest-Master), cuyo funcionamiento viene recogido en la norma UNE EN ISO 2178 y se basa en la diferencia magnética entre el sustrato y el recubrimiento, de modo que el espesor de la película influirá directamente sobre el voltaje inducido (Figura 14). Se mide el espesor de película en diferentes puntos de la muestra.

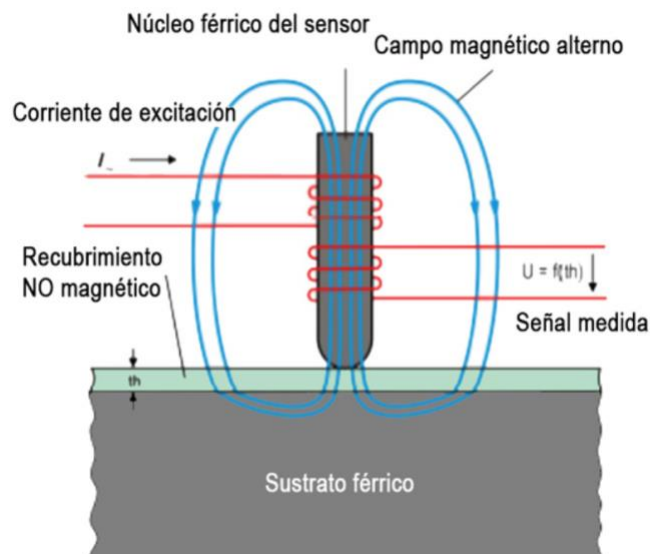


Figura 14. Esquema de funcionamiento del equipo de inducción magnética. (Interempresas.net, 2015)


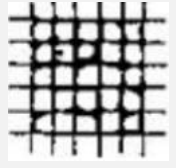

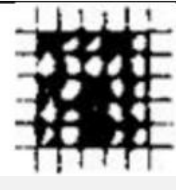
3.4.3. Ensayo de adhesión

Se emplea el ensayo de corte enrejado, recogido en la norma UNE EN ISO 2409, destinado a evaluar la adherencia que tiene una pintura con su soporte y/o entre las diferentes capas aplicadas.

En primer lugar, se determina el espesor del recubrimiento en la zona a tratar. A continuación, con el equipo de corte se realizan 6 incisiones que lleguen hasta el soporte, y perpendicularmente a estos se realizan otros 6 cortes, de modo que se obtengan 25 cuadrados. Los cortes deben realizarse a velocidad constante de 2-5 m/s alcanzando el soporte, pero sin penetrarlo. Seguidamente, se pasará un cepillo específico sobre la zona de corte en sentido diagonal para eliminar alguna parte que se haya podido desprender. Posteriormente, se realiza la prueba de adhesión con cinta adhesiva normalizada y se evaluarán con ayuda de una lupa los cortes y posibles desperfectos que se hayan podido producir. A continuación, se comparará con un patrón (Tabla 3) el desprendimiento de recubrimiento obtenido y se procederá a clasificar la muestra.

Tabla 3. Patrón de evaluación para corte enrejado según norma UNE EN ISO 2409 (Klumpp Coatings, 2018)

CLASIFICACIÓN DEL CORTE DE REJILLA	DESCRIPCIÓN	ASPECTO DE LA SUPERFICIE
0	Los bordes de los cortes son completamente limpios. No ha habido ningún desprendimiento.	

CLASIFICACIÓN DEL CORTE DE REJILLA	DESCRIPCIÓN	ASPECTO DE LA SUPERFICIE
1	Hay unos ligeros desprendimientos del revestimiento en las intersecciones de los cortes. El área afectada no es significativamente mayor al 5% del área de corte.	
2	Hay desprendimientos a lo largo de los bordes y/o las intersecciones de los cortes. El área afectada es considerablemente mayor del 5% pero no supera el 15% del área del corte transversal.	
3	Hay desprendimiento a lo largo de los cortes en tiras anchas que afectan a desprendimientos parciales o completos de algunos de los cuadrados. El área afectada es considerablemente mayor del 15% pero no supera el 35% del área total.	
4	El recubrimiento se desprende a lo largo de los cortes en tiras anchas que afectan a desprendimientos parciales o completos de algunos de los cuadrados. El área afectada es considerablemente mayor del 35% pero no supera el 65% del área total.	
5	Cualquier desprendimiento superior a la categoría 4.	

3.4.4. Medida de absorbancia UV-VIS

Se trata de una prueba alternativa realizada con el fin establecer la influencia de la aditivación del barniz tapaporos Aquabarp sobre su transparencia. Para ello, con ayuda del espectrofotómetro de UV-VIS UV-2450 de Shimadzu, se realizó un barrido entre los 290 y los 800 nm de longitud de onda para evaluar cómo modifica la adición de sustancias la absorbancia del material a diferentes longitudes de onda. Para ello se aplicaron sobre portas de vidrio ambos barnices, el de partida y el tratado con el aditivo seleccionado para comparar ambos resultados.

3.4.5. Ensayo de resistencia al deslizamiento

El ensayo consiste en evaluar la resistencia al deslizamiento de la madera tratada con barniz. Para ello se emplea un péndulo calibrado esquematizado en la Figura 15 según la norma UNE-EN 12633:2003. El objetivo es comparar los valores obtenidos mediante la prueba para el barniz virgen y aditivado a favor y en contra de veta. Un valor más bajo supone una mayor resistencia al deslizamiento.

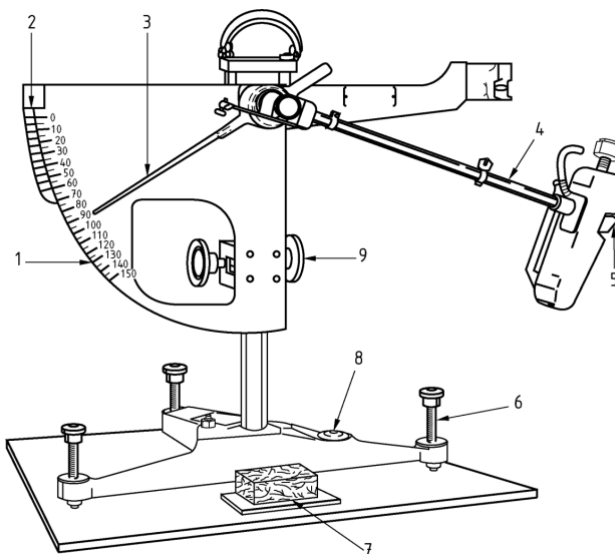


Figura 15. Péndulo para ensayo de resistencia al deslizamiento (ENSATEC, 2014)

3.4.6. Ensayo de resistencia al rayado

Se realizará una medida comparativa de resistencia al rayado del barniz inicial frente al aditivado. Para ello se empleará el equipo Taber 5750 Linear Abraser, el cual realiza un rayado lineal del material con ayuda de una punta de diamante. El objetivo es comparar si la huella dejada por el rayado no difiere demasiado entre ambas muestras.

3.4.7. Ensayo de resistencia al vapor de agua

En esta prueba se evalúan varias propiedades. Por un lado, la calidad del sustrato en sí, que en este caso es la madera de contrachapado de chopo proporcionada por la empresa Garnica Plywood S.A.U. y, por otro lado, la resistencia al vapor de agua que posee la película de barniz aplicada sobre dicha madera.

Esta prueba viene recogida en la norma DIN EN 438-2 capítulo 14, y consiste en fijar la muestra de madera barnizada sobre la boca de un matraz Erlenmeyer dispuesto con agua y sujetarla con un peso de 500 gramos (Figura 16). El agua se calienta a 100°C y se mantendrá en este estado durante una hora. Una vez terminado el ensayo, la probeta de madera se dejará regenerar durante 24 horas, tras las cuales se analizarán visualmente los desperfectos y se clasificará según los siguientes criterios:

1. Formación de ampollas o delaminación.
2. Cambio evidente en brillo y/o color.
3. Cambio moderado en brillo y/o color.
4. Leve cambio de brillo y/o color, solo apreciable según el ángulo de visión.
5. Ningún cambio visible.



Figura 16. Esquema del montaje de ensayo de resistencia al vapor de agua (ENSATEC, 2014).

3.4.8. Ensayo de estabilidad del barniz

El ensayo de estabilidad se realiza como una medida de la dificultad para reintegrar los sólidos en la matriz de barniz tras un largo almacenaje. Para ello se toman dos envases de entre 500 y 1000 ml, se rellenan con el barniz a analizar y se acondicionan a 23 °C durante 24 horas según la norma UNE 48083:1992. Una vez transcurrido dicho periodo y tras comprobar la presencia de pieles, corrosión u olores anormales, se procede a valorar el estado del sedimento con ayuda de una espátula de acero inoxidable que se coloca verticalmente sobre el mismo sin ejercer presión. Se considera que la prueba es satisfactoria cuando no aparecen pieles en la superficie del producto tras su almacenaje ni pellejos o coágulos en la matriz, ni aparecen depósitos duros y el producto puede homogeneizarse fácilmente mediante agitación con espátula. Se clasifica según los siguientes criterios extraídos de la norma:

- Estado 0: No se aprecia capa de sedimento, suspensión perfecta.
- Estado 1: Ligera sensación de sedimento que no ofrece resistencia apreciable al movimiento lateral de la espátula.
- Estado 2: Presencia definida de sedimento pero que permite a la espátula alcanzar el fondo del envase por su propio peso. Se aprecia una resistencia definida al movimiento lateral de la espátula y pueden tomarse porciones del sedimento con su extremo.
- Estado 3: La espátula no puede alcanzar el fondo del envase por su propio peso. Se aprecia una clara dificultad para mover la espátula lateralmente e, incluso, ligera resistencia para hacerlo contra su borde. El producto puede ser llevado a un estado homogéneo por agitación con la espátula.
- Estado 4: Cuando la espátula ha sido forzada a penetrar en la capa de sedimento, resulta muy difícil moverla lateralmente y se aprecia una clara resistencia para hacerlo contra su borde. El producto difícilmente puede ser llevado a un estado homogéneo por agitación con espátula.
- Estado 5: Sedimento muy duro que no puede ser reincorporado para dar lugar a un producto homogéneo por agitación con espátula.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FASE 1: PRODUCTOS PARA INMERSIÓN DE MADERA

Se sigue el procedimiento especificado en el apartado 3.3.1. y se evalúan un total de 40 muestras diferentes.

4.1.1. Ensayos de pequeño quemador

Se mide la capacidad para retener la llama de los diferentes productos empleados, tras someter a las maderas a un ciclo de inmersión y secado de 48 horas, como se ha comentado anteriormente.

Además, se realiza una prueba de ignición de las probetas, es decir, se comprueba si al retirar la llama de la superficie de la madera, ésta sigue ardiendo. Esta prueba permite efectuar un descarte más en profundidad de productos una vez evaluado el alcance de llama, o lo que es lo mismo, la capacidad del producto para retrasar el avance del fuego.

En la Figura 17 se representan los resultados de alcance de llama para cada producto en las diferentes concentraciones en la prueba del pequeño quemador, comparados con un valor patrón (100 mm) que se corresponde con el resultado obtenido para una probeta de madera sin tratar.

Esta prueba permite realizar una selección de productos en base únicamente a dicho alcance de llama, considerándose aceptables los resultados iguales o inferiores a 50 mm. Los resultados favorables quedan representados en amarillo y los desfavorables en color azul. En base a dicha prueba se seleccionan para la siguiente fase las codificaciones A4, C4, A5, A7, A13, B13, A14, B14, B15, B15'(segunda probeta de B15 probada), A16, A16'(segunda probeta de A16 probada), B16, B16'(segunda probeta de B16 probada), A17 y B17.

A continuación, se realizaron las comentadas pruebas de ignición, que se basaron en realizar pruebas de permanencia de llama en el equipo de pequeño quemador durante un tiempo máximo de 4 minutos, con el fin de observar si una vez que el quemador se retira, la madera sigue ardiendo. Con esta prueba se corroboró la invalidez total de las probetas B2, A3, B3, A9 y B12, que además de no superar satisfactoriamente la prueba de alcance de llama, no superan tampoco ésta.

Alcance de llama

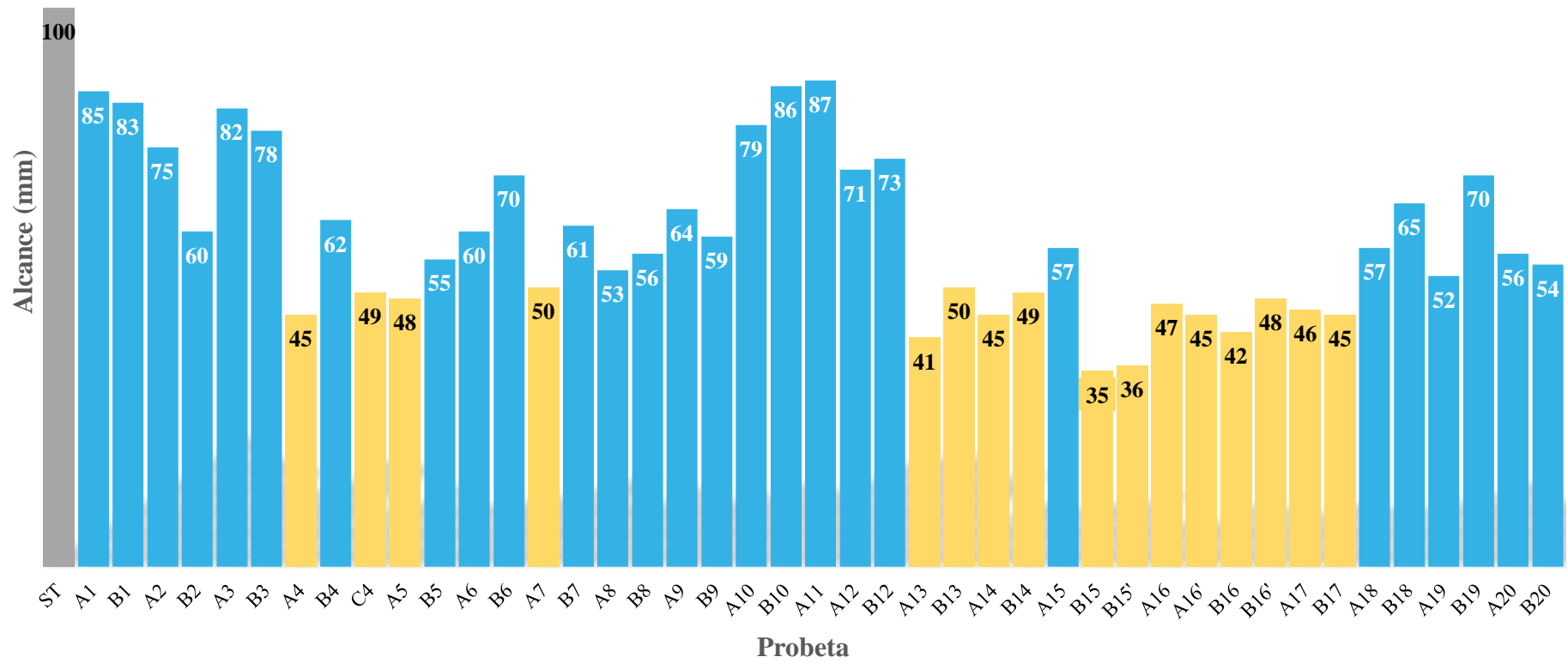


Figura 17. Resultados para la prueba de alcance de llama en Pequeño Quemador.

Una vez realizadas las pruebas de fuego de pequeño volumen, se realizan las pruebas que permitirán afinar más la selección de productos, tal y como se comentó en los puntos 3.3.1.3, 3.3.1.4., 3.3.1.5. y 3.3.1.6.

4.1.2. Determinación del sólido absorbido por la madera

En este apartado se ha calculado la cantidad de sólido absorbido por las probetas de madera en %, resultados que se muestran en las Figuras 18 y 19. Como se puede observar, para cada producto hay cuatro valores, a excepción del producto FRWOOD11 que solo tiene dos y el producto FRWOOD4 que tiene seis valores. Cada pareja de valores corresponde a las dos probetas de madera que se han preparado para cada producto en sus diferentes concentraciones (puro - A, diluido a mitad - B y diluido al 30% - C).

Para seleccionar las pruebas que se toman por válidas se ha tomado en cuenta la siguiente consideración. Interesa obtener buenos resultados ignífugos, pero sin comprometer la estructura interna de la madera, así como sus propiedades. Es por ello que, en este apartado, se han seleccionado aquellas probetas que, realizando la media de ambas pruebas para cada caso, menos sólidos hayan absorbido, de modo que el incremento de masa no supere el 30%. Al igual que en el apartado anterior, las probetas en amarillo representan los resultados favorables.

Las probetas que superan las pruebas son: A1-A1', A2-A2', A3-A3', A6-A6', A10-A10', A11-A11', A12-A12', A13-A13', B1-B1', B2-B2', B3-B3', B4-B4', B5-B5', B6-B6', B7-B7', B8-B8', B9-B9', B10-B10', B12-B12', B13-B13', B14-B14', B16-B16', B17-B17', B18-B18', B19-B19', B20-B20'.

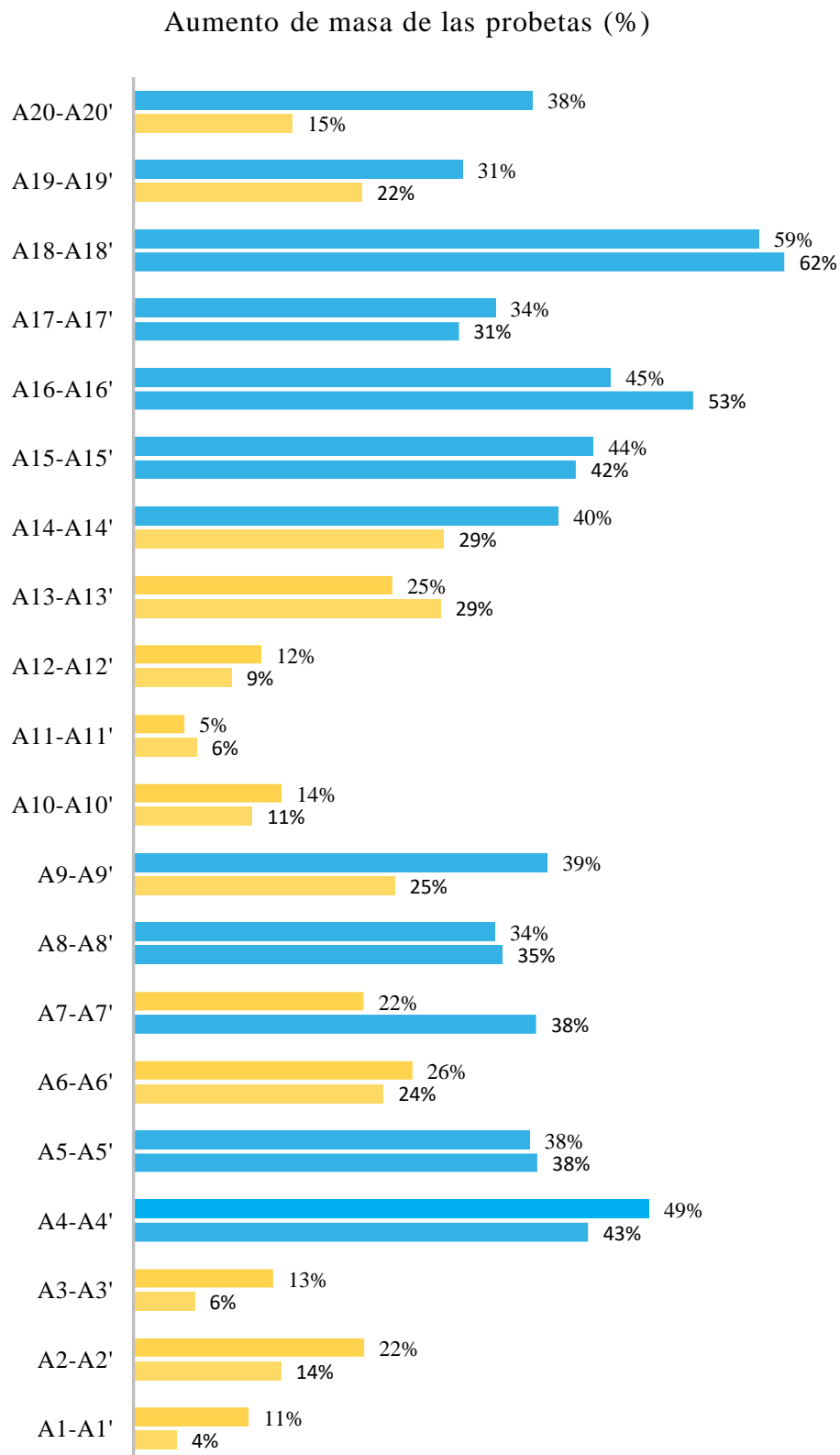


Figura 18. Aumento de masa de las probetas de madera en % (1).

Aumento de masa de las probetas (%)

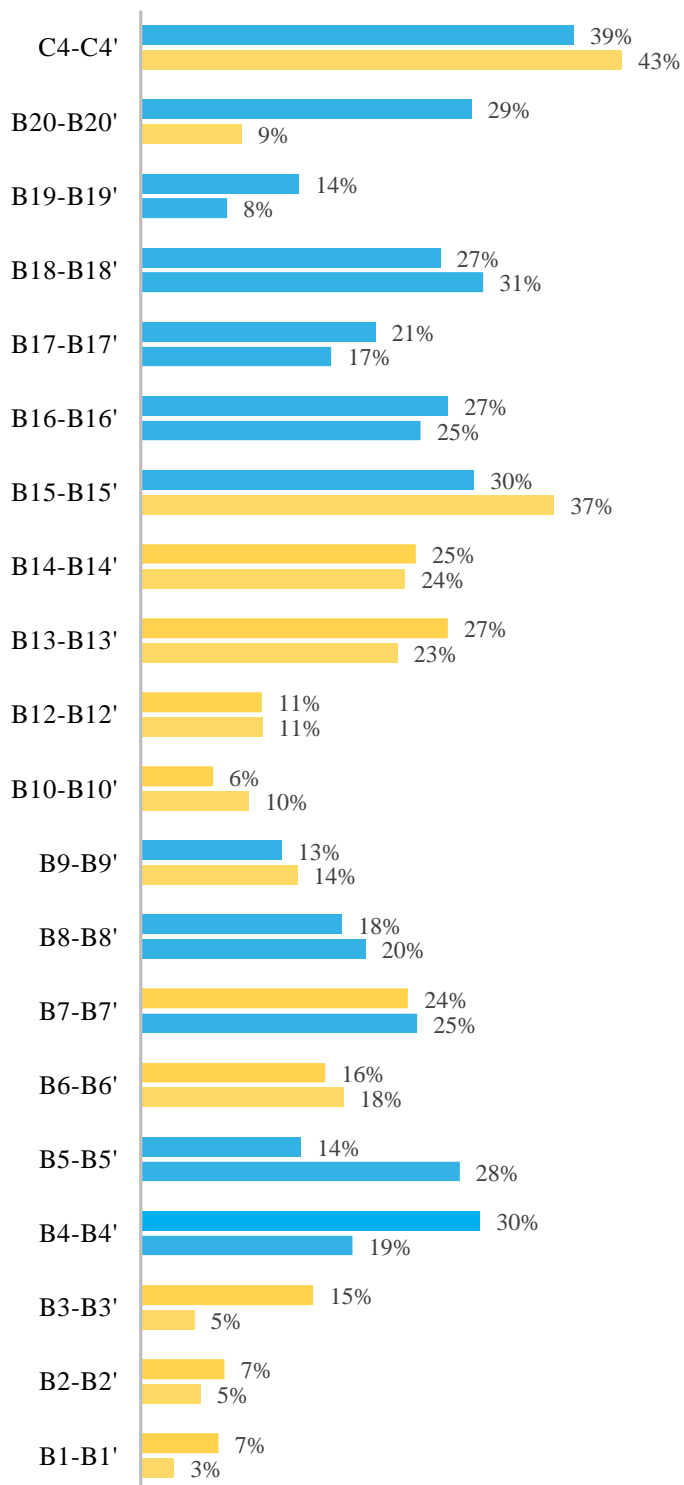


Figura 19. Aumento de masa de las probetas de madera en % (2).

4.1.3. Inspección visual de las probetas

Siguiendo las directrices marcadas en el punto 3.3.1.4. se procede a identificar las probetas ensayadas que presentan desperfectos superficiales que limiten su posible empleo. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados inspección visual de las probetas de inmersión.

CÓDIGO	ASPECTO	FAVORABLE
A1	Sin desperfectos	Sí
A2	Exudación de sólidos	No
A3	Ligera exudación	No
A4	Elevada exudación y separación de la capa superficial	No
A5		
A6	Sin desperfectos	Sí
A7	Elevada exudación	No
A8	Leve decoloración	No
A9	Ligera exudación	No
A10	Tonalidad amarillenta	No
A11	Tonalidad amarillenta	No
A12	Sin desperfectos	Sí
A13	Sin desperfectos	Sí
A14	Sin desperfectos	Sí
A15	Elevada exudación, separación y rotura de la capa externa	No
A16	Elevada exudación, separación y rotura de la capa externa	No
A17	Sin desperfectos	Sí
A18	Separación capa externa	No

CÓDIGO	ASPECTO	FAVORABLE
A19	Sin desperfectos	Sí
A20	Sin desperfectos	Sí
B1	Sin desperfectos	Sí
B2	Ligera exudación	No
B3	Sin desperfectos	Sí
B4	Ligera exudación	No
B5	Sin desperfectos	Sí
B6	Sin desperfectos	Sí
B7	Ligera exudación	No
B8	Sin desperfectos	Sí
B9	Ligera exudación	No
B10	Tonalidad amarillenta	No
B12	Sin desperfectos	Sí
B13	Sin desperfectos	Sí
B14	Sin desperfectos	Sí
B15	Sin desperfectos	Sí
B16	Sin desperfectos	Sí
B17	Sin desperfectos	Sí
B18	Separación capa externa	No
B19	Sin desperfectos	Sí
B20	Sin desperfectos	Sí
C4	Elevada exudación	No

4.1.4. Medida del pH

Para esta evaluación se han considerado correctos los productos cuyo pH no difiera en más de dos puntos del pH neutro. Como se puede observar en la Figura 20 los productos FRWOOD1, FRWOOD6, FRWOOD10, FRWOOD11 y FRWOOD20 no pasan el corte.

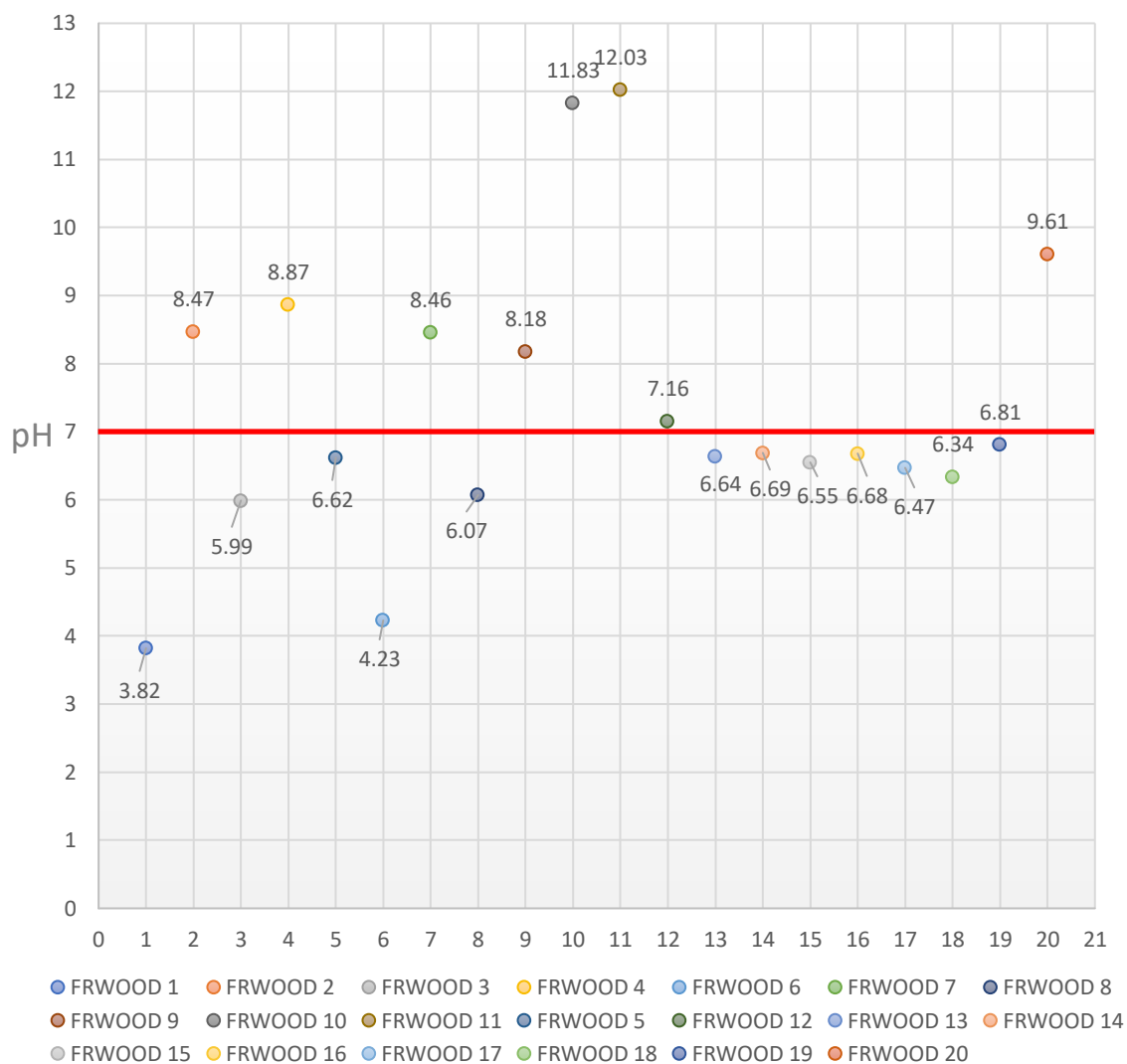


Figura 20. pH de los productos FRWOOD.

Una vez evaluados los ensayos hasta ahora comentados, las probetas que pasan el corte son: A13 (FRWOOD13 puro), B13 (FRWOOD13 diluido a mitad), B14 (FRWOOD14 diluido a mitad), B16 (FRWOOD16 diluido a mitad) y B17 (FRWOOD17 diluido a mitad), pero por economizar y ser más resolutivo en el proceso, se determina que los tres mejores son A13, B14 y B16, que serán los empleados en las pruebas de estabilidad y escalado para el ensayo SBI.

4.1.5. Evaluación de la estabilidad de los baños

Para garantizar la reutilización de los baños con un mismo producto, se efectuaron baños consecutivos, en total 5, para observar cómo se comporta el baño, empleando la densidad del

mismo como parámetro de evaluación. Esta evaluación se ha realizado únicamente para los productos que han superado los ensayos previos, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Densidad de los productos FRWOOD.

PRODUCTO	BAÑO	ρ LÍQUIDO	DESVIACIÓN	PROMEDIO
FRWOOD 14B	1	1,02	0,00%	1,46%
	2	1,05	1,24%	
	3	1,03	0,49%	
	4	1,06	1,91%	
	5	1,07	2,21%	
FRWOOD 16B	1	1,04	0,00%	0,88%
	2	1,03	-0,46%	
	3	1,05	0,81%	
	4	1,07	1,73%	
	5	1,06	1,46%	
FRWOOD 13A	1	1,08	0,00%	-2,55%
	2	1,10	2,64%	
	3	1,02	-5,47%	
	4	1,03	-3,91%	
	5	1,04	-3,48%	

Para caracterizar la estabilidad de los baños se ha calculado la desviación de la densidad del producto respecto del valor inicial (primer baño), y posteriormente se realiza el promedio de las desviaciones para evaluar la desviación global.

Como puede comprobarse, ninguno de los tres productos tiene una pérdida de densidad significativa. Nótese que las medidas de densidad se han realizado por medida de masa y volumen.

4.1.6. Ensayos SBI

Se procede a realizar los ensayos SBI de las tres formulaciones seleccionadas (A13, B14 y B16), de modo que se pueda seleccionar cuál es la que aporta mejores propiedades a la madera contrachapada.

Para una evaluación visual, se muestran a continuación los gráficos de desprendimiento de energía de la muestra de ensayo obtenidos en las pruebas (Figuras 21-23), puesto que este factor energético es el determinante para la clasificación del producto, y por lo tanto el más significativo para este proyecto. En el Anexo C se incluyen los informes completos para una consulta en profundidad de todos los parámetros de estudio de estos ensayos.

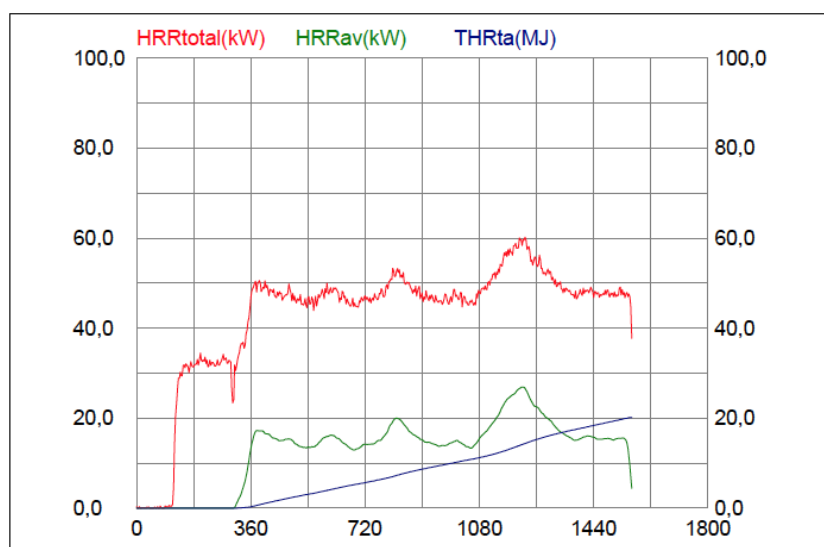


Figura 21. Ensayo SBI para FRWOOD13A.

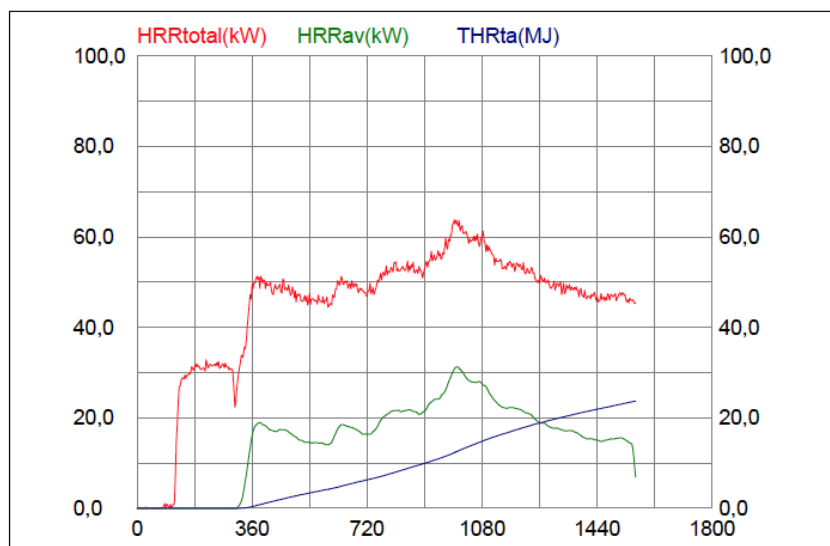


Figura 22. Ensayo SBI para FRWOOD14B.

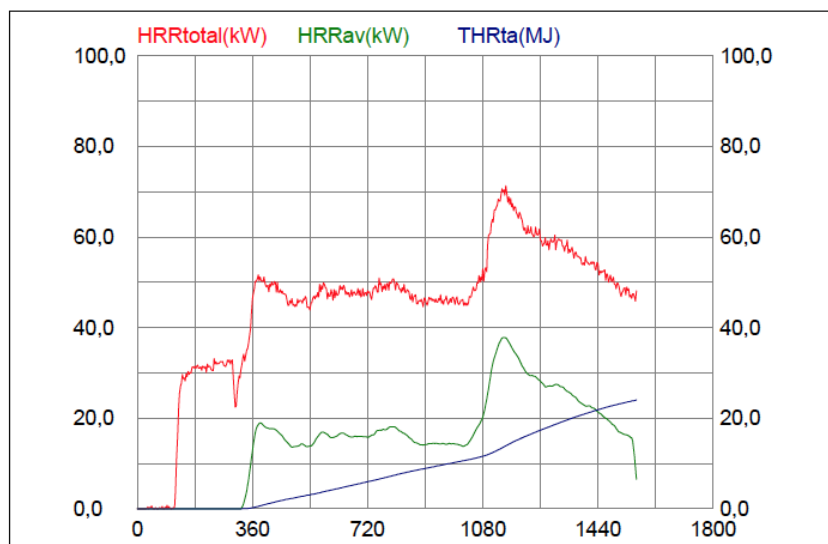


Figura 23. Ensayo SBI para FRWOOD16B.

Las clasificaciones obtenidas, atendiendo a las normas para clasificación de SBI quedan registradas en la Tabla 6, así como los resultados de todos los parámetros en estudio.

Tabla 6. Resultados ensayo SBI Fase I.

PRODUCTO	THR _{600s} (MJ)	FIGRA (Ws ⁻¹)	TSP _{600s} (m ²)	SMOGRA (m ² s ⁻²)	CLASE
FRWOOD 13A	8,6	229,9	27,9	0,00	C s1
FRWOOD 14B	9,9	268,5	41,8	0,00	D s1
FRWOOD 16B	8,9	245,2	30,4	1,7	C s1

Como se puede observar, tanto con FRWOOD13A como con FRWOOD16B se obtienen resultados favorables, obteniendo una mejor clasificación al fuego que en el caso de FRWOOD14B.

El producto FRWOOD16B se encuentra cerca del límite para clasificación C en cuanto al valor de la velocidad de emisión de calor, mientras que el 13A se aleja más de este valor umbral. Por otro lado, para el 16B el valor de SMOGRA es 1,7 m²/s², mientras que para el 13A este valor es nulo. Pese a que tienen un valor similar de THR_{600s} (emisión de calor total) y de TSP_{600s} (producción total de humo), es ligeramente mejor para el producto 13A. Por consiguiente, el mejor resultado es el arrojado por FRWOOD13A, de manera que se selecciona como mejor producto de los que competen a la Fase 1 del proyecto.

Atendiendo a los gráficos y tabla de resultados, y conforme a la norma para ensayos resumida en la Tabla 1 se tiene que los mayores limitantes para obtener una clasificación B es la FIGRA (velocidad de propagación del fuego), ya que debería ser ≤ 120 W/s, lo cual está muy lejos de los resultados obtenidos, y por otro lado, el valor de THR_{600s} (emisión de calor total en el incendio) debería ser $\leq 7,5$ MJ, valor mucho más cercano a los conseguidos en el proyecto,

mientras que los resultados de emanación y propagación de humo cumplen con creces los requisitos establecidos para una clasificación B.

4.2. FASE 2: ADITIVOS IGNÍFUGOS PARA BARNIZ

Empleando el barniz Aquabarp A4009 como base se preparan un total de 15 formulaciones diferentes, utilizando como aditivos ignífugos los productos avanFR80, avanFR85, avanFR90, avanFR131, polifosfato de amonio nanométrico (codificación PH6), e hidróxido de magnesio en diferentes proporciones (Tabla 7).

Tabla 7. Formulaciones para barniz ignífugo.

NOMBRE	IGNIFUGANTE	% IGNIFUGANTE
A4009-avFR80	avanFR80	10,05%
A4009-avFR85	avanFR85	10,02%
A4009-avFR90	avanFR90	10,11%
A4009-PH6	Polifosfato de amonio	5,97%
A4009-PH6	Polifosfato de amonio	9,99%
A4009-PH6	Polifosfato de amonio	13,07%
A4009-PH6	Polifosfato de amonio	29,99%
A4009-avFR131	avanFR131	10,24%
A4009-avFR131	avanFR131	14,94%
A4009-avFR131	avanFR131	20,02%
A4009-avFR131	avanFR131	20,16%
A4009-avFR131	avanFR131	29,98%
A4009-Mg(OH)₂	Hidróxido de magnesio	10,06%
A4009-Mg(OH)₂	Hidróxido de magnesio	19,96%
A4009-Mg(OH)₂	Hidróxido de magnesio	29,98%

Preparadas las muestras, se introducen en el equipo Dispermat, y una vez homogeneizadas se aplican varias capas de cada producto sobre un vidrio transparente y limpio. Una vez secas se podrá observar la transparencia de los barnices y posteriormente realizar un rascado de los mismos, obteniendo partículas sólidas que se emplearán en los ensayos de bomba calorimétrica.

A continuación, se hace una recopilación de las características generales de cada producto sin entrar en profundidad en términos de proporciones.

En cuanto a la facilidad de manejo y aplicación de la mezcla:

- **A4009-avFR80:** Muy fácil de aplicar
- **A4009-avFR85:** Muy fácil de aplicar
- **A4009-avFR90:** Muy fácil de aplicar
- **A4009-avFR131:** Fácil de aplicar, muy buena consistencia
- **A4009-Mg(OH)₂:** Difícil de remover, pero fácil de aplicar
- **A4009-PH6:** Muy fácil de remover, muy fácil de aplicar

En cuanto al aspecto de la pintura una vez se ha dejado secar:

- **A4009-avFR80:** Muy buen aspecto, transparente
- **A4009-avFR85:** Muy buen aspecto, transparente
- **A4009-avFR90:** Muy buen aspecto, transparente
- **A4009-avFR131:** Agrietado por los bordes del sustrato
- **A4009-Mg(OH)₂:** Muy agrietado
- **A4009-PH6:** Muy buen aspecto

En general se considera que el agrietado de las muestras puede deberse a excesos de carga sólida, a la incompatibilidad de aditivo y matriz, o a la dificultad para un secado homogéneo de algunos productos sobre vidrio.

Como se verá más adelante, es muy importante que además de tener buen comportamiento ante el fuego, la solución obtenida tenga unas buenas propiedades de transparencia, secado, estabilidad y resistencia, por lo que se podría anticipar que los productos avFR131 e hidróxido de magnesio no cumplen con estos criterios.

4.2.1. Ensayo de bomba calorimétrica

Este ensayo será determinante en el objetivo de esta fase del proyecto. Como se comentaba en el punto 3.3.2.2. son deseables valores de poder calorífico inferiores a 15 MJ/kg. Además, se debe cumplir el requisito fundamental de conservación de la transparencia del barniz, puesto que una carga demasiado elevada proporcionará mejores resultados en la bomba calorimétrica, pero resultará prácticamente opaca a la luz. Por ello, se busca la conjunción de ambos criterios. En la Tabla 8 se muestran los resultados energéticos.

Tabla 8. Resultados Bomba Calorimétrica

Código	%wt Sólido	g Muestra	Calor Específico (MJ/kg)	Reducción CP (MJ/kg)	% Reducción
A4009	0	0,44	28,5	-	-
A4009-avFR80	10	0,41	26,9	1,5	5%
A4009-avFR85	10	0,45	27,2	1,3	5%
A4009-avFR90	10	0,58	27,9	0,6	2%
A4009-avFR131	10	0,49	15,4	13,1	46%
A4009-avFR131	15	0,45	8	20,5	72%
A4009-avFR131	30	0,70	6,1	22,4	79%
A4009-Mg(OH) ₂	30	0,68	6	22,5	79%
A4009-PH6	6	0,43	20,8	7,72	27%
A4009-PH6	10	0,43	14,9	13,6	48%
A4009-PH6	30	0,58	9,3	19,2	67%

A la vista de los resultados, se selecciona como mejor solución el aditivo polifosfato de amonio nanométrico, ya que de entre todas las pruebas es el que reúne tanto buenos valores energéticos como visuales. En concreto se elige la formulación A4009-PH6 10%wt. puesto que se obtiene un valor energético muy favorable (14,9 MJ/Kg), consiguiendo una reducción del poder calorífico respecto del barniz sin tratar del 48%. Además, visualmente compromete en muy poco grado la transparencia del barniz tal y como se comprobará posteriormente en el ensayo UV-VIS.

4.2.2. Ensayos SBI

Al igual que en la Fase 1, se comprobará mediante ensayo SBI el comportamiento frente al fuego del producto obtenido. En este caso, puesto que se trata de un tratamiento superficial, será necesario modificar la metodología de ensayo.

Es necesario comprobar la eficacia del barniz aditivado comparándolo con el barniz sin aditivar (ST), para lo cual se empleará un tablero ignífugo MDF con clasificación B-s1, sobre el que se aplicarán ambos barnices y se comprobará si existe mejoría o no.

Los resultados obtenidos se recogen en las Figuras 24, 25 y 26 y en la Tabla 9.

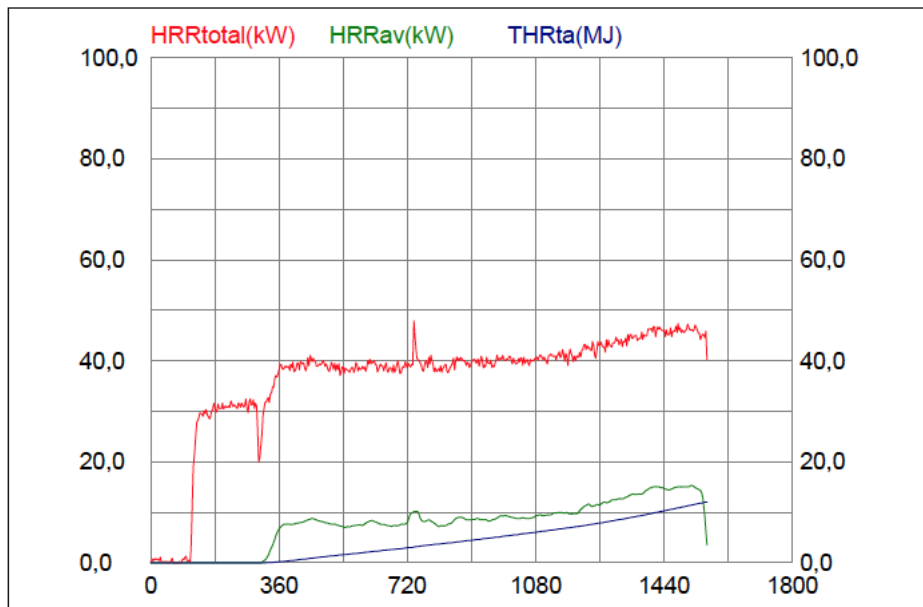


Figura 24. Ensayo SBI para tablero MDF sin barniz.

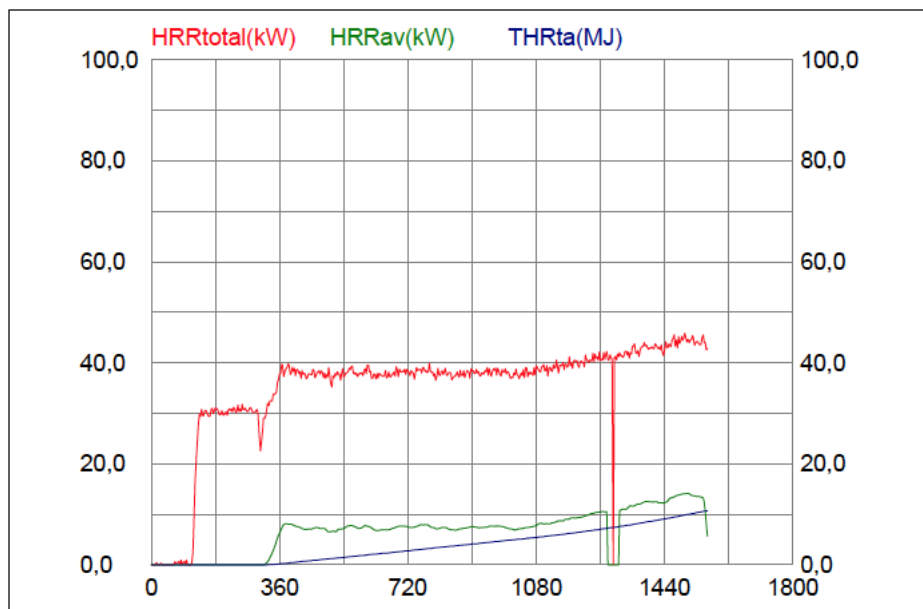


Figura 25. Ensayo SBI para tablero MDF con barniz A4009.

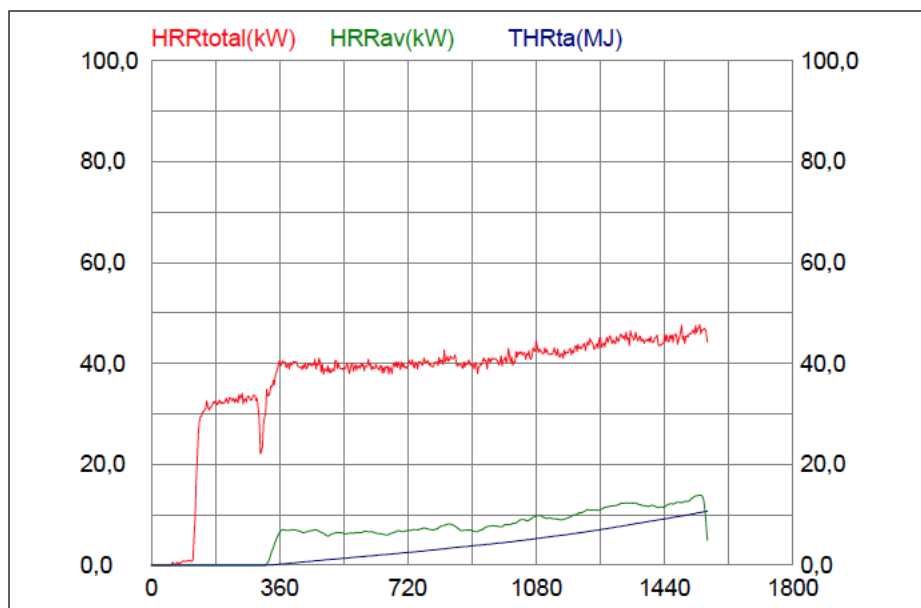


Figura 26. Ensayo SBI para tablero MDF con barniz A4009-PH6 10%wt.

Tabla 9. Resultados ensayo SBI Fase 2.

PRODUCTO	THR _{600S} (MJ)	FIGRA (Ws ⁻¹)	TSP _{600S} (m ²)	SMOGRA (m ² s ⁻²)	CLASE
ST	4,43	106,28	35,05	0,00	B s1
A4009	4,06	110,40	40,06	0,91	B s1
A4009-PH6 10%wt.	3,79	101,45	40,95	1,39	B s1

Prestando atención a los gráficos y la tabla, se observa que la adición de polifosfato de amonio permite reducir la velocidad de emisión de calor de la muestra, así como la energía total, pero comprometiendo ligeramente la producción de humo respecto al barniz inicial.

4.2.3. Técnicas de caracterización

4.2.3.1. Medida de la viscosidad

Se compara mediante copa Ford n°4 la viscosidad obtenida para el barniz A4009 sin aditivos y con aditivos. Una vez obtenidos los tiempos, se emplea la Tabla 2, de la cual se extrae la Ecuación 1 para transformar los valores a centistokes (cSt), obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 10.

$$v = 3,85 \cdot (t - 4,49) \quad [1]$$

Estrictamente esta ecuación solo se puede emplear para valores superiores a 20 segundos, pero se incluye aquí para tener una noción más científica del valor de la viscosidad. Como se puede comprobar, la adición de un 10% de carga en peso de polifosfato de amonio, apenas modifica la viscosidad del producto.

Tabla 10. Tiempos del ensayo de viscosidad en copa Ford.

PRODUCTO	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	T4 (s)	T Medio (s)	VISCOSIDAD (cSt)
A4009	12	11	10	11	11	25,06
A4009 – PH6 10%wt.	12	12	12	12	12	28,91

4.2.3.2. Medida del espesor de capa

Esta prueba tiene una doble funcionalidad, por un lado, aportar información extra necesaria para el ensayo de adherencia, y por otro dar información sobre el espesor de capa obtenido al aplicar un recubrimiento sobre una superficie metálica, para una, dos y tres capas sucesivamente. Los resultados se muestran de forma gráfica en el siguiente croquis (Figura 27), que representa la superficie pintada y medida, con la distribución del espesor de capa sobre la misma.

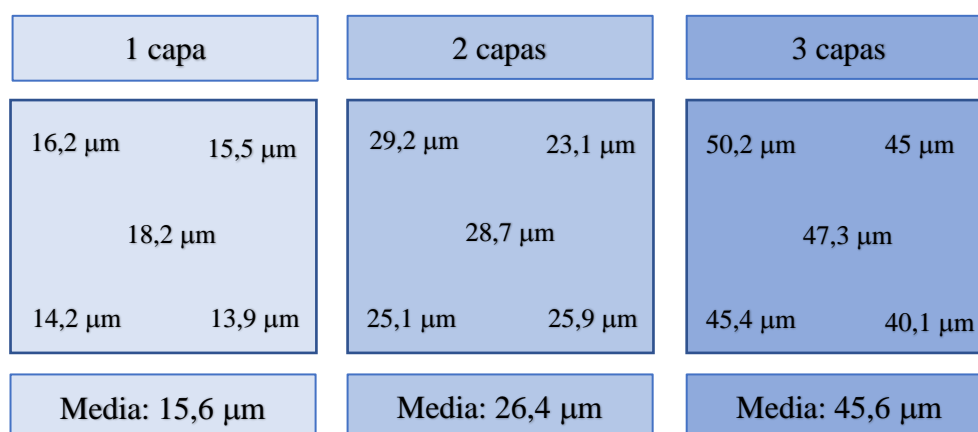


Figura 27. Distribución del espesor de capa.

4.2.3.3. Ensayo de adhesión

En el ensayo se han comparado la capacidad de adhesión de una sola capa del barniz virgen con la capacidad de adhesión de una, dos y tres capas del barniz con polifosfato de amonio al 10%. Para facilitar la visualización de los cortes, se tiñen las muestras con azul de metilo.

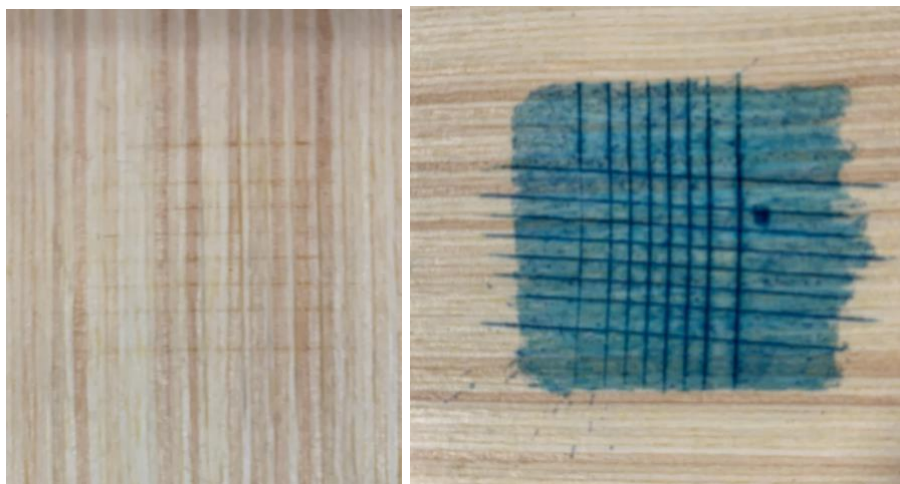


Figura 28. Resultados de la prueba de corte por enrejado. Una capa de barniz sin aditivo.

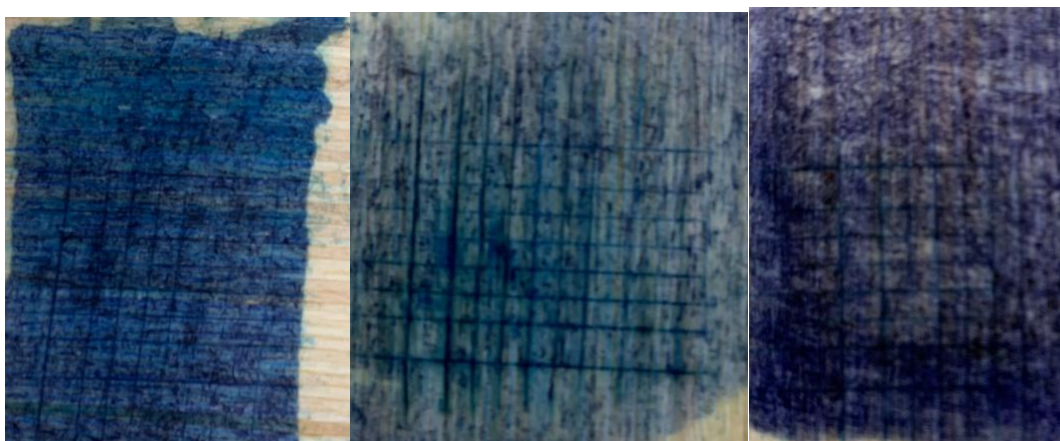


Figura 29. Resultados de la prueba de corte por enrejado. De izquierda a derecha para 1, 2 y 3 capas de barniz con aditivo.

Como puede observarse, en la prueba de barniz virgen (Figura 28) no existe ningún tipo de daño en el material, ni desconchamientos, ni ningún tipo de desperfecto superficial. Ocurre exactamente lo mismo con el barniz tratado (Figura 29), por lo que puede concluirse que el resultado es muy satisfactorio, pudiendo clasificar al barniz en ambos ejemplos pertenecientes a una clasificación de tipo 0.

4.2.3.4. Medida de absorbancia UV-VIS

Se incluyen las gráficas de absorbancia obtenidas para el producto con aditivo y sin aditivo (Figura 31), así como una imagen que permite la inspección visual de ambos (Figura 30). Se puede comprobar que el producto que tiene polifosfato es ligeramente más opaco, con menor transparencia, como se puede corroborar con las gráficas de resultados. Dada la poca disparidad de los datos, se consideraron suficientes 5 medidas en el rango 290-800 nm, para comprobar la absorbancia en la región visible y ultravioleta.

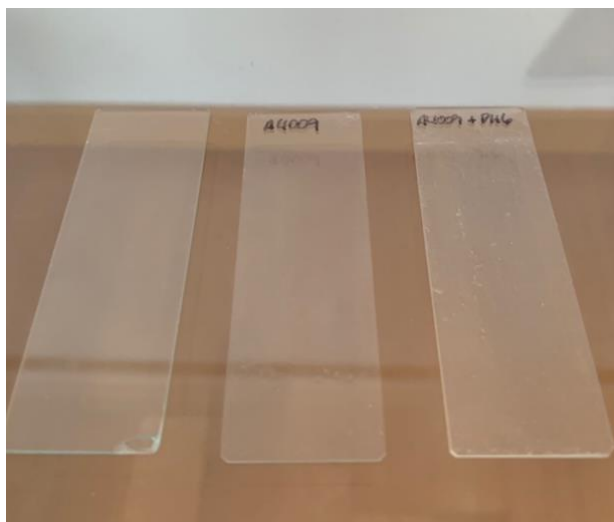


Figura 30. Inspección visual de las muestras para prueba UV-VIS (de izquierda a derecha: portaobjetos virgen, con A4009, con A4009-PH6 10%_{wt.}).

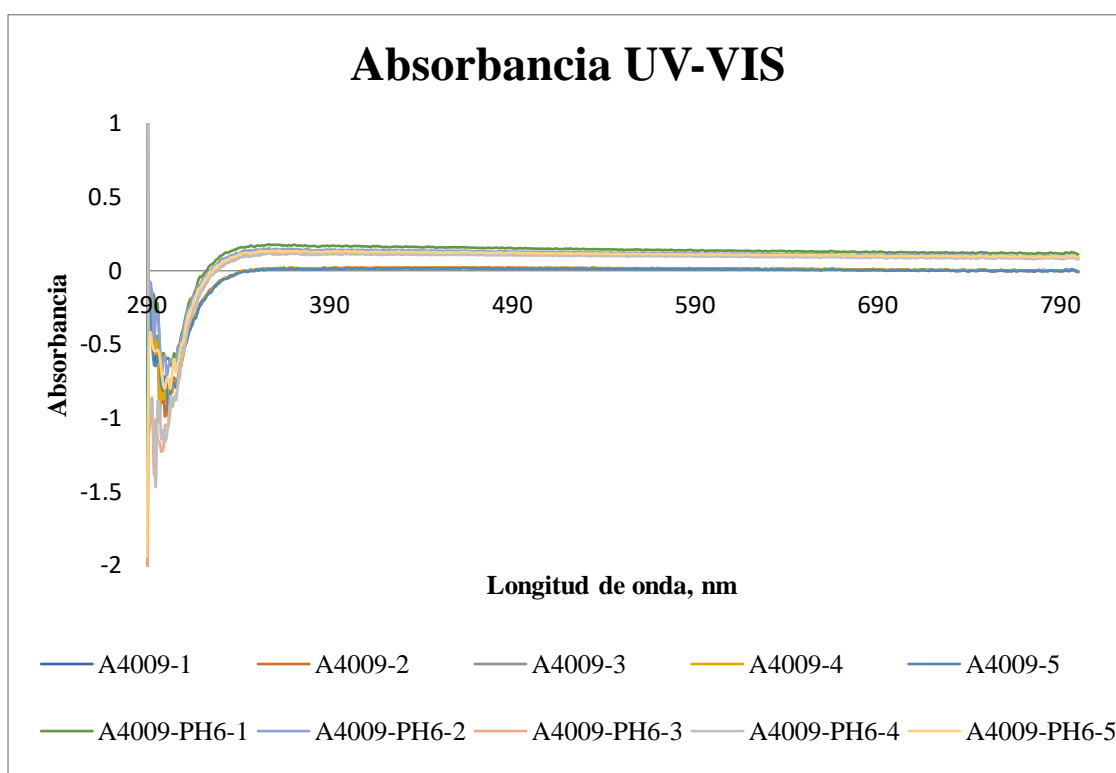


Figura 31. Absorbancia UV-VIS A4009 vs A4009-PH6 10%_{wt.}

Se aprecia que para el producto sin aditivar, la absorbancia es menor, lo que supone una mayor transparencia del material, observable con mayor claridad a partir de los 300 nm de longitud de onda. Además, para dicho barniz, los resultados son mucho más constantes en todo el rango de barrido, mientras que para el barniz que contiene aditivo estos valores se alejan más entre sí. De todos modos, y aún con estas reflexiones, los resultados son muy favorables, ya que el hecho de añadir un aditivo de color blanco de tamaño nanométrico permite una mejor homogenización dentro de la matriz, lo que proporciona un acercamiento lógico a valores de transparencia adecuados.

4.2.3.5. Ensayo de resistencia al deslizamiento

En la Tabla 11 puede observarse que los resultados obtenidos para ambos barnices son muy similares, lo que significa que añadir aditivo al barniz no empeora en absoluto las propiedades de deslizamiento sobre la madera aplicada. También se aprecia que la cobertura es muy buena, ya que los resultados a favor y en contra de veta son muy similares, lo que supone que el relieve de la veta queda cubierto completamente por el barniz.

Tabla 11. Resultados ensayo de deslizamiento.

	CAPAS	PRU. #1	PRU. #2	PRU. #3	PRU. #4	PRU. #5
A4009 a favor de veta	1	51	53	54	52	52
A4009 contra de veta	1	53	54	53	55	55
A4009-PH6 a favor de veta	1	51	50	50	50	51
A4009-PH6 contra de veta	1	55	55	55	55	55
A4009-PH6 a favor de veta	2	54	54	53	53	53
A4009-PH6 contra de veta	2	52	53	53	54	52
A4009-PH6 a favor de veta	3	55	54	53	53	52
A4009-PH6 contra de veta	3	50	53	55	55	53

4.2.3.6. Ensayo de resistencia al rayado

Las imágenes (Figura 32) muestran que aparentemente los resultados no difieren en exceso entre la muestra con aditivo y la muestra virgen. Sin embargo, y dado el carácter blanquecino del polifosfato de amonio, se observa que el surco provocado por el rayado en la probeta aditivada es ligeramente más evidente. Se concluye que el aditivado no influye apenas sobre la resistencia al rayado del barniz.



Figura 32. Resistencia al rayado del barniz A4009 (izquierda) y A4009-PH6 10%wt. (derecha).

4.2.3.7. Ensayo de resistencia al vapor de agua

Atendiendo a la imagen de la Figura 33 se puede observar una ligera decoloración de forma circular que se adapta a la boca del Erlenmeyer, donde se ha producido una mayor acumulación de humedad, y que no resulta especialmente significativa. Tampoco existen ampollas ni separación ni rotura del recubrimiento. Por ello se puede establecer que se corresponde con una clasificación de estado 4 en la que solo se produce un leve cambio de brillo y/o color, únicamente apreciable según el ángulo de visión.



Figura 33. Probeta tras el ensayo de resistencia al vapor de agua.

4.2.3.8. Ensayo de estabilidad

En este ensayo se ha notado un claro empeoramiento de las condiciones de estabilidad, pasando el barniz de un Estado 0 (suspensión perfecta) a un Estado 2 (con presencia de sedimento con cierta resistencia al movimiento lateral). Este resultado es lógico puesto que el barniz inicial es un barniz comercial final, con un tratamiento y una formulación optimizada, y la adición de polifosfato de amonio supone una perturbación de la matriz y de la capacidad de los aglutinantes y disolventes que la componen para mantener en suspensión al conjunto.

4.3. ENSAYO SBI DE LOS PRODUCTOS CONJUNTOS

Finalmente, y con objeto de comprobar si uniendo los dos productos obtenidos, el comportamiento frente al fuego de la madera es mejor, se realiza un ensayo SBI para madera de contrachapado de chopo tratada con el producto FRWOOD13A, y que posteriormente ha sido barnizada con el producto A4009-PH6 10%_{wt} (Figura 34).

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 12, y al igual que con el resto de ensayos SBI, se incluye la información completa en los anexos.

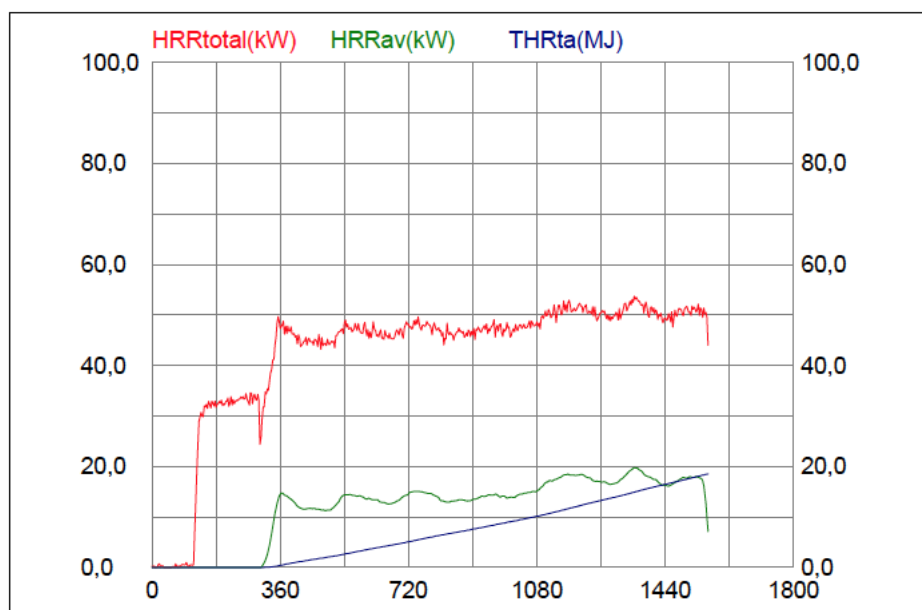


Figura 34. Ensayo SBI para tratamiento FRWOOD13A + A4009-PH6 10%_{wt}.

Tabla 12. Resultados ensayo SBI comparativa.

PRODUCTO	THR _{600s} (MJ)	FIGRA (W/s)	TSP _{600s} (m ²)	SMOGRA (m ² s ⁻²)	CLASE
FRWOOD 13A	8,63	229,86	27,92	0,00	C s1
A4009-PH6 10% wt.	3,79	101,45	40,95	1,39	B s1
FRWOOD 13A + A4009-PH6 10% wt.	7,53	248,22	42,89	1,52	C s1

Cabe recordar que, de los resultados anteriores, el producto A4009-PH6 10%_{wt} se ha probado sobre tablero MDF, que es un fibropanel de densidad media que se utiliza generalmente como patrón en los ensayos de fuego para recubrimientos de madera dadas sus características, mientras que el resto de los ensayos se han realizado sobre madera de contrachapado de chopo.

De los resultados se puede extraer que la conjunción de ambos productos reduce considerablemente el calor total emitido en el incendio, reduciendo el THR_{600s} más de un punto, y alcanzando valores cercanos a una clasificación B (7,53 MJ cuando debe ser 7,5 MJ o menos para clasificación B). Por tanto, de nuevo es el valor de velocidad de propagación del fuego el que perjudica a la muestra.

5. RESUMEN Y CONCLUSIONES

5.1. RESUMEN

La creciente conciencia ecológica ha llevado a la industria en general a estudiar alternativas a sus producciones tradicionales. En la industria de los recubrimientos esta preocupación ha derivado en la búsqueda de productos más sostenibles en sustitución de los hasta ahora altamente perjudiciales para la salud y el medio ambiente empleados. Este proyecto se ha propuesto encontrar una alternativa a los éteres de difenilo polibromados y a los compuestos de boro como agentes ignífugantes para madera para dos métodos de aplicación. Por un lado, se han empleado diferentes productos para baños abiertos de impregnación, proporcionados por Avanzare Innovación Tecnológica, y se han testeado para obtener aquel que mejores resultados arroja, siempre de acuerdo a normas de calidad nacional e internacional (Fase 1).

Por otro lado, se han añadido diferentes aditivos a un barniz tapaporos para obtener aquel que, cumpliendo con las condiciones europeas de calidad medioambiental (Certificado Ecolabel), proporcionase unos resultados ignífugos favorables y además no afectase en gran medida a las propiedades intrínsecas del barniz empleado como matriz (Fase 2).

5.2. CONCLUSIONES

En la Fase 1 se ha comprobado que una mayor concentración de producto ignífugante favorece una mayor capacidad de retardo de llama, pero comprometiendo la estructura física de la madera. Tras todos los ensayos realizados se estableció en base a numerosos criterios (aumento de masa de la madera, aspecto, integridad del material, retardo de llama superficial y reacción al fuego) que el producto con mejores resultados era el codificado como FRWOOD 13A.

A pesar de ser el mejor de los ensayados, se consiguió una clasificación para el mismo de C s1 d0, lo que no deja de ser un resultado favorable, pero mejorable. Resultaría interesante optimizar dicha formulación, puesto que los resultados energéticos en general no distan demasiado de una clasificación B, siendo la tasa de crecimiento del fuego de la muestra (FIGRA) la que más perjudica al producto. Se ha observado que el mayor inconveniente ocurre al inicio del incendio, cuando se produce un pico en los valores de FIGRA que deberían ser reducidos considerablemente. Por tanto, se propone trabajar sobre este aspecto induciendo un retardo mayor de la llama en los primeros estadios del incendio cuando el fuego ataca a las capas más externas del material. De esta manera podría conseguirse la mejor de las clasificaciones mediante unas condiciones de trabajo, que como se ha comentado a lo largo del proyecto, suponen un ahorro económico y energético respecto del trabajo en autoclave convencional.

Podría resultar interesante aumentar la temperatura del baño, manteniéndola siempre en unas condiciones suaves, puesto que al trabajar a aproximadamente 19 °C, el tamaño de partícula puede resultar excesivo y no permitir la absorción homogénea en todas las capas del material.

En los ensayos de impregnación, se empleó siempre madera de contrachapado, lo que supone diferentes capas de material, que básicamente son plancha de madera maciza, conglomerado y adhesivo. Esto puede provocar que durante el baño el material ignífugante no se incorpore del mismo modo a todos los componentes.

Se sugiere que, en caso de utilizar el producto en la industria maderera, y no para materiales ya acabados, se desarrolle además una formulación ignífuga para el adhesivo empleado en la

fabricación de contrachapados. De este modo, la solución impregnante desarrollada en la Fase 1 de este proyecto se utilizará para bañar el conglomerado y las láminas de madera maciza por separado. Se propone además, que éstas últimas sean tratadas con un proceso de lijado que permita abrir el poro de la madera, facilitando aún más la impregnación. Una vez sean tratados todos los componentes del contrachapado; adhesivo, conglomerado y láminas de madera; se procederá a su unión.

En la Fase 2, se adicionó un 10% en masa de polifosfato de amonio homogeneizado por dispersión a 7000 rpm durante 40 minutos. Este aditivo proporcionó los mejores resultados energéticos y de reacción al fuego, siendo estos de 14,9 MJ/kg para la bomba calorimétrica y una clasificación B s1 d0 para el ensayo SBI.

Además, el proceso de aditivación no daña de forma considerable las características del barniz empleado como matriz, ya que se obtienen resultados muy parejos de viscosidad, transparencia, adhesión, y resistencia. Sin embargo, sí que se ve comprometida la estabilidad del barniz en el almacenaje, y se considera que se puede diseñar un barniz más eficaz, por lo que se proponen varias alternativas.

La primera de ellas que ayudará a la estabilidad y además aportará mejores propiedades ignífugas es añadir a la formulación sulfato de amonio y repetir el proceso hasta alcanzar los mejores resultados. La segunda es añadir, además del polifosfato de amonio, elementos formadores de gases inertes como la melanina y formadores de carbón como pentaeritrol. Esta última propuesta favorecería una mayor actuación frente al fuego mediante tres mecanismos que son: emanación de gases inertes que inhiban la acción comburente del oxígeno, formación de capa carbonosa que retrase el avance de la llama e intumescencia de la pintura que proteja el soporte de la acción de las llamas, que resultarían cruciales en la mitigación de los efectos del fuego en los estadios iniciales del incendio, momentos que se comprobó mediante los ensayos SBI que eran en los que más comprometidas se veían las formulaciones desarrolladas.

Sin embargo, y dado que lo anteriormente expuesto supone la adición de nuevas partículas sólidas a la matriz, se deberá realizar un estudio exhaustivo de estabilidad e integración del conjunto de aditivos de modo que las propiedades originales del barniz no se viesen comprometidas, estudio que, dada la extensión y carácter de la presente memoria, no resultaba viable realizar.

6. NOMENCLATURA

ASTM	Sociedad americana para pruebas y materiales (American Society for Testing and Materials)
avanFR	Codificación empleada en los activos ignifugantes para barniz procedentes de Avanzare Innovación Tecnológica S.A.
COVs	Compuestos Orgánicos Volátiles
DIN	Organismo nacional de normalización de Alemania (Deutsches Institut für Normung)
EDX	Análisis por dispersión de energías de rayos X (Energy Dispersive X-Ray Analysis)
FIGRA	Tasa de crecimiento del fuego (Fire Growth Rate)
FRWOOD	Producto de inmersión ignifugante para madera procedente de Avanzare Innovación Tecnológica S.A.
FTIR	Espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)
HAVs	Hidrocarburos aromáticos volátiles
ISO	Organización internacional de normalización (International Organization for Standardization)
LFS	Propagación lateral de llama (Lateral Flame Spread)
MDF	Tableros de fibra de densidad media (Medium Density Fibreboard)
NGA	Aerogel de grafeno dopado con nitrógeno (Nitrogen-doped Graphene Aerogel)
PBDEs	Éteres de difenilo polibromados (Polybrominated diphenyl ethers)
PCBs	Bifenilos policlorados (Polychlorinated biphenyls)
PH6	Polifosfato de amonio nanométrico procedente de Avanzare Innovación Tecnológica S.A.
SBI	Objeto en llamas únicos (Single Burning Item)
SMOGRA	Tasa de crecimiento de humo (Smoke Growth Rate)
TDCIPP	Tris (1,3-dicloroisopropil) fosfato
THR600s	Tasa de calor total en 600 segundos (Total Heat Rate in 600 seconds)

TPHP	Fosfato de trifenilo
TSP600s	Producción total de humo en 600 segundos (Total Smoke Production in 600 seconds)
UNE	Una Norma Española
EN	Norma Europea (European Norm)
UV-VIS	Espectroscopía ultravioleta-visible

7. BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, H., 2014. Desarrollo de un recubrimiento intumescente utilizado como protector de estructuras de acero. Universidad de Carabobo, Ingeniería de Procesos, Naguanagua.

Alfieri, P., Canosa, G., & Giudice, C., 2014. Sistemas ignífugos para la protección de maderas de baja densidad. CIDEPINT/UTN, La Plata.

Alonso Felipe, J., 2013. Pinturas, barnices y afines: composición, formulación y caracterización. Universidad Politécnica de Madrid, Ingeniería Industrial. Madrid: Industriales ETSII.

Arias, M. Á. Comportamiento al fuego de materiales. Consultado en Noviembre de 2018 en U-cursos, plataforma de apoyo a la docencia presencial: https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/2/CI57B/1/material_docente/bajar?id_material=326665

ASEFAPI, 2014. Mercado CE en recubrimientos. Asociación Española de fabricantes de pinturas y tintas de imprimir.

Asesoría Prevención de Incendios, 2012. Nuevo reglamento de instalaciones de protección contra incendios (VII). Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Madrid (718).

Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir, 2016. Laboratorios de Referencia del Sector de Pinturas y Tintas de Imprimir (Séptima ed.).

Barpimo, 2017. Barplast Premium. Nájera, La Rioja.

Barpimo, 2018. Barniz Ignífugo Ecobarp al agua. Nájera, La Rioja.

Berrade Flamarique, N., 2018. Gases tóxicos. Servicio Navarro de Salud, Servicio de Urgencias Generales CHN.

Boostani, H., & Modirrousta, S., 2016. Review of Nanocoatings for Building Application. International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction. Famagusta/Qazvin.

Brico-Todo. Consejos: Cómo barnizar. Consultado en Noviembre de 2018, en BRICO-TODO: <http://www.bricotodo.com/barnizar.htm>

Brugarolas Fabregas, J., 2008. Procedimiento de extinción de incendios. Madrid. Patente nº WO 2008/068354 A1.

Canton Fernandez, R., 2008. Brominated Flame Retardants and their metabolites. Utrecht university, Institute of Risk Assessment Sciences, Utrecht.

Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, 2014. Sustitución de PBDEs. Retardantes de llama.

Cernansky, R., 2017. Replacement for worrisome flame retardants raises its own concerns. Consultado en Noviembre de 2018, en Undark: Truth, Beauty, Science: <https://undark.org/article/flame-retardants-organophosphates/>

Chunhai Liu, T. L., 2015. Preparation and properties of phosphorous-nitrogen containing UV-curable polymeric coatings based on thiol-ene click reaction. South-Central University for Nationalities/Wuhan Institute of Technology, Key Laboratory of Catalysis and Materials Science of the State Ethnic Affairs Commission & Ministry of Education/Key Laboratory for Green Chemical Process of Ministry of Education, Wuhan.

Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes, 2008. Orientación para los pirorretardantes que constituyen alternativas viables al éter de pentabromodifenilo (PentaBDE). ONU/PNUMA, Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes.

Costa, L., & Giordano, G., 2007. Developmental neuroxicity of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. University of Washington/University of Parma Medical School, Environmental and Occupational Health Sciences/Human Anatomy, Pharmacology and Forensic Science, Washington/Parma.

de la Torre Haro, A., 2010. Contaminantes orgánicos halogenados: PBDE, DBDPE, Decloranes, OH-PBDE y MeO-PBDE. Desarrollo de metodologías analíticas y aplicación a muestras medioambientales. Universidad Autónoma de Madrid, Química Agrícola, Alimentaria y Ambiental, Madrid.

Dhirde, P., Chada, V., Mallik, B., & Moitra, N., 2018. Alkyd-Clay Nanocomposites for Improved Anticorrosion and Mechanical Performance Coating. Department of Nanotechnology, R&T center, Asian Paints Ltd, Mumbai.

Diario Oficial de la Unión Europea, 2009. Criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a las pinturas y barnices de exterior. Informe oficial, Comisión de las Comunidades Europeas.

Ortega Almagro, A., 2010. Pinturas. Materiales II. Escuela Técnica de Ingeniería de Edificación. Sevilla.

Espeso Garcia, J. F., 2013. El ensayo SBI. Comportamiento de reacción al fuego. FOREL Forjados Ligeros.

European Organisation for Technical Approvals, 2012. ETAG 028. Guideline for European Technical Approval of Fire Retardant Products. Bruselas.

Figueroa Martinez, M., & Durazo Picos, F., 2014. Recubrimiento ignífugo resistente a la corrosión, al intemperie, base agua, ecológico. Méjico D.F. Patente nº WO 2015/020510 A1.

Fraga Lopez, F., Martinez Ageitos, J., & Blanco Mendez, J., 2008. Nanomateriales: ¿realidad o ficción? (Universidad de Santiago de Compostela ed.). Santiago de Compostela.

Fundación para la prevención de riesgos laborales, 2007. Agentes químicos asfixiantes, conoce sus riesgos. (U. S. Medioambiente, Ed.), Zaragoza.

Giudice, C., & Pereyra, A., 2016. Control de calidad de películas de pinturas. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional, CIDEPINT (CIC-CONICET) Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas, La Plata.

González, O., 2009. Los retardantes de fuego. BIT 66, 74-77.

- Gonzalez Rivero, R., 2016. Protección pasiva - Reacción al fuego. Barcelona. Enginyers BCN.
- Hao Thang, X.-b. Z.-l., 2013. Effect of Magnesium Hydroxide on the Flame Retardant Properties of Unsaturated Polyester Resin. Shenyang Fire Research Institute of Ministry of Public Security/Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Shenyang/Nanjing.
- Hervalejo Iachas, A., 2016. Desarrollo de formulaciones ignífugas para la madera. Consultado en Noviembre de 2018, en PROTECMA: <http://protecciondelamadera.com/desarrollo-de-formulaciones-ignifugas-para-la-madera-1a-parte/>
- Kalita, H., Kamila, R., Mohanty, S., & Nayak, S. K., 2017. Mechanical, thermal and accelerated weathering studies of bio-based polyurethane/clay nanocomposites coatings. Laboratory for Advanced Research in Polymeric Materials, Central Institute of Plastics Engineering and Technology. Bhubaneswar: Wiley.
- Kougoulis, J., Kaps, R., Walsh, B., Bocjzuk, K., & Crichton, T., 2012. Revision of EU European Ecolabel and Development of EU Green Public Procurement Criteria for Indoor and Outdoor Paints and Varnishes. JRC, IPTS, Oakdene Hollins.
- Lacasta, A., 2014. Propagación de humos y toxicidad. Universidad Politécnica de Cataluña, EPSEB - UPC, Barcelona.
- Leza, Escriña y Asociados S.A., 2011. Ignifugación: El comportamiento de las pinturas intumescentes. Buenos Aires.
- Mans Fibla, V., & Garcia Martinez, D., 2008. Composición retardante de la llama. Zaragoza. Patente nº 2 496 169.
- Manzanero, J. Pinturas Ecológicas. Consultado en Diciembre de 2018, en Mimbrea: <http://www.mimbrea.com/pinturas-ecologicas/>
- Marchante Rodriguez, V., 2012. Síntesis y caracterización de nanopigmentos basados en nanoarcillas, aplicación en polímeros termoplásticos y evaluación de propiedades físico-químicas y colorimétricas. Tesis doctoral, Universidad de Alicante, Ingeniería Química, Alicante.
- Martinez Martinez, J. M., Rangel Mata, J. C., & Bocanegra Rojas, J. G., 2007. Procedimiento para la preparación de aditivo retardador de flama para recubrimientos y productos resultantes. Méjico D.F. Patente nº WO 2008/056966 A1.
- Mercola, D., 2015. Mercola, tome control de su salud. Consultado en Diciembre de 2018 en Los retardantes de llama y las sustancias cosméticas podrían estar dañando su salud: <https://articulos.mercola.com/sitios/articulos/archivo/2015/02/24/quimicos-cosmeticos-con-retardantes-de-flamas.aspx>
- Ming, P., Song, Z., Gong, S., Zhang, Y., Duan, J., Zhang, Q., Cheng, Q., 2015. Nacre-inspired integrated nanocomposites with fire retardant properties by graphene oxide and montmorillonite. Journal of Materials Chemistry A.
- Palacios Zambrano, E., 2012. Síntesis de fosfatos ácidos de aluminio mediante precipitación. Aplicación en sistemas retardantes de llama. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Cerámica y Vidrio, Madrid.

Paul, D., & Robeson, L., 2008. *Polymer nanotechnology: Nanocomposites*. University of Texas, Chemical Engineering and Texas Materials Institute, Austin.

Pereyra, A., Canosa, G., & Giudice, C., 2010. Pinturas a base acuosa para la protección del acero contra la acción del fuego. VI Congreso internacional sobre patología y recuperación de estructuras. Córdoba: Cinpar.

Pyatz, 2008. Barniz retardante de fuego Pyatz FR 110 base agua. México D.F.

Rigail-Cedeño, A., & Schmidt, D., 2017. Bio-based epoxy clay nanocomposites. American Institute of Physics; University of Massachusetts Lowell Lowell, ESPOL; Department of Plastics Engineering, MA.

Rivero, G., 2013. Recubrimientos de alta performance en base a resinas furánicas y nanoarcillas. Universidad Nacional de Mar de Plata, Ingeniería de Materiales.

Schweigger, E., 2005. *Manual de Pinturas y Recubrimientos*. Heidelberg.

Tao Liu Tiansheng Wang, L. L., 2018. Study on degradation of phosphorus and nitrogen composite UV-cured flame retardant coating on wood surface. South China Agricultural University, College of Materials and Energy, Guangzhou.

Xinghong Song, L. L., 2014. Mussel-inspired, ultralight, multifunctional 3D nitrogen-doped graphene aerogel. College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Department of Chemistry and the MOE Key Laboratory of Spectrochemical Analysis & Instrumentation, Xiamen.

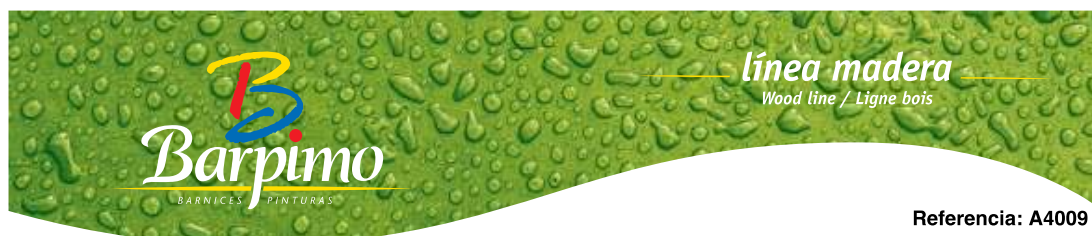
Yan Logan, X. Z., 2018. Synergistic effects of organically modified montmorillonite on the flame-retardant and smoke suppression properties of transparent intumescent fire-retardant coatings. Central South University, School of Civil Engineering/Institute of Disaster Prevention, Science and Safety Technology, Changsha.

Zhenyu Wang, E. H., 2009. Fire and Corrosion Resistances of Intumescent Nano-coating Containing Nano-SiO₂ in Salt Spray Condition. Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, State Key Laboratory for Corrosion and Protection, Shenyang.

Zhen-yu Wang, E.-h. H., 2007. Fire-resistant effect of nanoclay on intumescent nanocomposite coatings. *Journal of Applied Polymer Science*, 103(3), 1681-1689. Obtenido de Wiley Periodicals/Wiley Online Library: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.25096>

8. ANEXOS


8.1. ANEXO A



Referencia: A4009

IMPREGNANTE AQUABARP EXTERIOR INCOLORO



Descripción del Producto	Impregnante protector de un componente transparente e incoloro. Sirve para rebajar la intensidad de color mezclado otros productos de la gama.	
Propiedades	Disponible en amplia gama de colores Buena estabilidad a la luz Buena igualación. Buena resistencia a la intemperie Buen poder de penetración Transpirable	
Uso Recomendado	Producto indicado para el barnizado y protección de carpintería y mobiliario exterior	
Certificados	Certificado por AIDIMA como adecuado para uso exterior según Norma UNE EN 927	
Carta de Colores	Linea de madera Aquabarp	
Certificados	X3eTY_C8C6526.pdf , Aquabarp_pino.pdf , Certificado.de.Producto.Simbolo.de.Calidad.AIDIMA,20150323160950359_0001.pdf	

Características Técnicas

	Norma	Valor
Sólidos en Peso (%)	UNE EN ISO 3251	13+2%
Viscosidad (Copa Ford 4)	UNE EN ISO 2431	11+2" F.4 20 G.C.
Densidad (Kg/L)	UNE EN ISO 2811-1	1+/-0.020
Covs (%)	UNE EN ISO 11890	0.77%
Covs (gr./lt)	UNE EN ISO 11890	7.700
Color		Incoloro

Características Mezcla

Disolvente	Agua
Porcentaje dilución	5-10%

Características Aplicación

Sistema de Aplicación	Aerográfico, airmix, brocha y flow coating
Aplicación sobre	Madera maciza, mobiliario de jardín y ventanas, puertas, vigas
Espesor de Capa recomendado	No superior a 120 gr/m2
Temperatura de Aplicación	>15°C
Humedad Ambiente	Inferior a 70%
Seco al Polvo	20 minutos
Seco al Tacto	60 minutos
Repintado	A las 4 horas

Observaciones de proceso de aplicación

La humedad de la madera a tratar no debe ser superior al 15%

Tras aplicar el producto y una vez seco continuar con el proceso de protección Aquabarp.

IMPREGNANTE AQUABARP EXTERIOR INCOLORO

Página 1 / 2



Oficinas centrales / Headquarters / Siège social
San Fernando, 116. D.P. 26300 Nájera. La Rioja. Spain
Tel. (34) 941 410 000 / Fax (34) 941 410 111 / www.barpimo.com

8.2. ANEXO B

avanzare

Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE (REACH), 2015/830/EU

avan FR WOOD 13

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

- 1.1 Identificador del producto:** avan FR WOOD 13
- 1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:**
Usos pertinentes: Retardante del fuego . Uso exclusivo usuario industrial.
Usos desaconsejados: Todo aquel uso no especificado en este epígrafe ni en el epígrafe 7.3
- 1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:**
AVANZARE INNOVACION TECNOLOGICA S.L.
Pol. Lentiscares, AVD Lentiscares nº 4
26370 Navarrete - LA RIOJA - SPAIN
Tfno.: +34 941587027 - Fax: +34 941441422
info@avanzare.es
www.avanzare.es
- 1.4 Teléfono de emergencia:** +34 941587027 (8:00-14:00)

SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

- 2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla:**
Reglamento nº1272/2008 (CLP):
De acuerdo al Reglamento nº1272/2008 (CLP), el producto no es clasificado como peligroso
- 2.2 Elementos de la etiqueta:**
Reglamento nº1272/2008 (CLP):
Indicaciones de peligro:
No relevante
Consejos de prudencia:
No relevante
Información suplementaria:
EUH210: Puede solicitarse la ficha de datos de seguridad
- 2.3 Otros peligros:**
El producto no cumple los criterios PBT/vPvB

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

- 3.1 Sustancia:**
No aplicable
- 3.2 Mezclas:**
Descripción química: Aditivo/s
Componentes:
De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (punto 3), el producto presenta:

Identificación	Nombre químico/clasificación	Concentración
CAS: 7320-34-5 CE: 230-785-7 Index: No aplicable REACH: 01-2119489369-18-XXXX	Pirofosfato de tetrapotasio ⁽¹⁾ Reglamento 1272/2008 Eye Irrit. 2: H319 - Atención	Autoclasificada 6 - <15 %
CAS: 4090-51-1 CE: 223-829-1 Index: No aplicable REACH: 01-2119978210-41-XXXX	2,2'-disulfuro de 2,2'-oxibis[5,5-dimetil-1,3,2-dioxafosforinano] ⁽¹⁾ Reglamento 1272/2008 Aquatic Chronic 4: H413	Autoclasificada 6 - <15 %

⁽¹⁾ Sustancia que presentan un riesgo para la salud o el medio ambiente que cumple los criterios recogidos en el Reglamento (UE) nº 2015/830

Para ampliar información sobre la peligrosidad de la sustancias consultar las secciones 8, 11, 12, 15 y 16.

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS (continúa)**4.1 Descripción de los primeros auxilios:**

Los síntomas como consecuencia de una intoxicación pueden presentarse con posterioridad a la exposición, por lo que, en caso de duda, exposición directa al producto químico o persistencia del malestar solicitar atención médica, mostrándole la FDS de este producto.

Por inhalación:

Se trata de un producto que no contiene sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación, sin embargo, en caso de síntomas de intoxicación sacar al afectado de la zona de exposición y proporcionarle aire fresco. Solicitar atención médica si los síntomas se agravan o persisten.

Por contacto con la piel:

En caso de contacto se recomienda limpiar la zona afectada con agua por arrastre y con jabón neutro. En caso de alteraciones en la piel (escozor, rojez, sarpullidos, ampollas...), acudir a consulta médica con esta Ficha de Datos de Seguridad

Por contacto con los ojos:

Enjuagar los ojos con abundante agua al menos durante 15 minutos. En el caso de que el accidentado use lentes de contacto, éstas deben retirarse siempre que no estén pegadas a los ojos, de otro modo podría producirse un daño adicional. En todos los casos, después del lavado, se debe acudir al médico lo más rápidamente posible con la FDS del producto.

Por ingestión/aspiración:

En caso de ingestión, solicitar asistencia médica inmediata mostrando la FDS de este producto.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:

Los efectos agudos y retardados son los indicados en las secciones 2 y 11.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente:

No relevante

SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHAS CONTRA INCENDIOS**5.1 Medios de extinción:**

Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. En caso de inflamación como consecuencia de manipulación, almacenamiento o uso indebido emplear preferentemente extintores de polvo polivalente (polvo ABC), de acuerdo al Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (R.D. 513/2017 y posteriores modificaciones). NO SE RECOMIENDA emplear agua a chorro como agente de extinción.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:

Como consecuencia de la combustión o descomposición térmica se generan subproductos de reacción que pueden resultar altamente tóxicos y, consecuentemente, pueden presentar un riesgo elevado para la salud.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:

En función de la magnitud del incendio puede hacerse necesario el uso de ropa protectora completa y equipo de respiración autónomo. Disponer de un mínimo de instalaciones de emergencia o elementos de actuación (mantas ignífugas, botiquín portátil,...) conforme al R.D.486/1997 y posteriores modificaciones

Disposiciones adicionales:

Actuar conforme el Plan de Emergencia Interior y las Fichas Informativas sobre actuación ante accidentes y otras emergencias. Suprimir cualquier fuente de ignición. En caso de incendio, refrigerar los recipientes y tanques de almacenamiento de productos susceptibles a inflamación, explosión o BLEVE como consecuencia de elevadas temperaturas. Evitar el vertido de los productos empleados en la extinción del incendio al medio acuático.

SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:**

Aislar las fugas siempre y cuando no suponga un riesgo adicional para las personas que desempeñen esta función. Ante la exposición potencial con el producto derramado se hace obligatorio el uso de elementos de protección personal (ver sección 8). Evacuar la zona y mantener a las personas sin protección alejadas.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:

Evitar el vertido al medio acuático debido a que contiene sustancias peligrosas para el mismo. Contener el producto absorbido/recogido en recipientes precintables Notificar en caso de grandes vertidos al medio acuático a la autoridad competente.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:

Se recomienda:

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL (continúa)

Absorber el vertido mediante arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Para cualquier consideración relativa a la eliminación consultar la sección 13.

6.4 Referencias a otras secciones:

Ver secciones 8 y 13.

SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**7.1 Precauciones para una manipulación segura:****A.- Precauciones generales**

Cumplir con la legislación vigente en materia de prevención de riesgos laborales. Mantener los recipientes herméticamente cerrados. Controlar los derrames y residuos, eliminándolos con métodos seguros (sección 6). Evitar el vertido libre desde el recipiente. Mantener orden y limpieza donde se manipulen productos peligrosos.

B.- Recomendaciones técnicas para la prevención de incendios y explosiones.

Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. Se recomienda trasvasar a velocidades lentas para evitar la generación de cargas electrostáticas que pudieran afectar a productos inflamables. Consultar la sección 10 sobre condiciones y materias que deben evitarse.

C.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos ergonómicos y toxicológicos.

Para control de exposición consultar la sección 8. No comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo; lavarse las manos después de cada utilización, y despojarse de prendas de vestir y equipos de protección contaminados antes de entrar en las zonas para comer.

D.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos medioambientales

Se recomienda disponer de material absorbente en las proximidades del producto (ver epígrafe 6.3)

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:**A.- Medidas técnicas de almacenamiento**

ITC (R.D.656/2017): No relevante

Clasificación: No relevante

Tª mínima: 5 °C

Tª máxima: 30 °C

Tiempo máximo: 24 meses

B.- Condiciones generales de almacenamiento.

Evitar fuentes de calor, radiación, electricidad estática y el contacto con alimentos. Para información adicional ver epígrafe 10.5

7.3 Usos específicos finales:

Salvo las indicaciones ya especificadas no es preciso realizar ninguna recomendación especial en cuanto a los usos de este producto.

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL**8.1 Parámetros de control:**

Sustancias cuyos valores límite de exposición profesional han de controlarse en el ambiente de trabajo (INSSBT 2019):

No existen valores límites ambientales para las sustancias que constituyen el producto.

DNEL (Trabajadores):

Identificación		Corta exposición		Larga exposición	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
Pirofosfato de tetrapotasio CAS: 7320-34-5 CE: 230-785-7	Oral	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
	Cutánea	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
	Inhalación	No relevante	No relevante	44,08 mg/m ³	No relevante
2,2'-disulfuro de 2,2'-oxibis[5,5-dimetil-1,3,2-dioxafosforinano] CAS: 4090-51-1 CE: 223-829-1	Oral	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
	Cutánea	No relevante	No relevante	500 mg/kg	No relevante
	Inhalación	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante

DNEL (Población):

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL (continúa)

Identificación		Corta exposición		Larga exposición	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
Pirofosfato de tetrapotasio CAS: 7320-34-5 CE: 230-785-7	Oral	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
	Cutánea	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
	Inhalación	No relevante	No relevante	10,87 mg/m ³	No relevante
2,2'-disulfuro de 2,2'-oxibis[5,5-dimetil-1,3,2-dioxafosforinano] CAS: 4090-51-1 CE: 223-829-1	Oral	No relevante	No relevante	12,5 mg/kg	No relevante
	Cutánea	No relevante	No relevante	250 mg/kg	No relevante
	Inhalación	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante

PNEC:

Identificación				
Pirofosfato de tetrapotasio CAS: 7320-34-5 CE: 230-785-7	STP	50 mg/L	Agua dulce	0,05 mg/L
	Suelo	No relevante	Agua salada	0,005 mg/L
	Intermitente	0,5 mg/L	Sedimento (Agua dulce)	No relevante
	Oral	No relevante	Sedimento (Agua salada)	No relevante

8.2 Controles de la exposición:

A.- Medidas generales de seguridad e higiene en el ambiente de trabajo:

Como medida de prevención se recomienda la utilización de equipos de protección individual básicos, con el correspondiente marcado CE de acuerdo al R.D.1407/1992 y posteriores modificaciones. Para más información sobre los equipos de protección individual (almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, clase de protección,...) consultar el folleto informativo facilitado por el fabricante del EPI. Las indicaciones contenidas en este punto se refieren al producto puro. Las medidas de protección para el producto diluido podrán variar en función de su grado de dilución, uso, método de aplicación, etc. Para determinar la obligación de instalación de duchas de emergencia y/o lavaojos en los almacenes se tendrá en cuenta la normativa referente al almacenamiento de productos químicos aplicable en cada caso. Para más información ver epígrafes 7.1 y 7.2.

Toda la información aquí incluida es una recomendación siendo necesario su concreción por parte de los servicios de prevención de riesgos laborales al desconocer las medidas de prevención adicionales que la empresa pudiese disponer o si han sido incluidos en la evaluación de riesgos pertinentes.

B.- Protección respiratoria.

Será necesario la utilización de equipos de protección en el caso de formación de nieblas o en el caso de superar los límites de exposición profesional si existiesen (Ver Epígrafe 8.1).

C.- Protección específica de las manos.


Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
 Protección obligatoria de las manos	Guantes de protección contra riesgos menores			Reemplazar los guantes ante cualquier indicio de deterioro. Para periodos de exposición prolongados al producto para usuarios profesionales/industriales se hace recomendable la utilización de guantes CE III, de acuerdo a las normas EN 420 y EN 374

Dado que el producto es una mezcla de diferentes materiales, la resistencia del material de los guantes no se puede calcular de antemano con total fiabilidad y por lo tanto tiene que ser controlados antes de su aplicación.

D.- Protección ocular y facial

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
 Protección obligatoria de la cara	Gafas panorámicas contra salpicaduras y/o proyecciones		EN 166:2001 EN ISO 4007:2012	Limpiar a diario y desinfectar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se recomienda su uso en caso de riesgo de salpicaduras.

E.- Protección corporal

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
	Ropa de trabajo			Reemplazar ante cualquier indicio de deterioro. Para periodos de exposición prolongados al producto para usuarios profesionales/industriales se hace recomendable CE III, de acuerdo a las normas EN ISO 6529:2001, EN ISO 6530:2005, EN ISO 13688:2013, EN 464:1994

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL (continúa)

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
	Calzado de trabajo antideslizamiento		EN ISO 20347:2012	Reemplazar ante cualquier indicio de deterioro. Para periodos de exposición prolongados al producto para usuarios profesionales/industriales se hace recomendable CE III, de acuerdo a las normas EN ISO 20345 y EN 13832-1

F.- Medidas complementarias de emergencia

Medida de emergencia	Normas	Medida de emergencia	Normas
 Ducha de emergencia	ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2002	 Lavajojos	DIN 12 899 ISO 3864-1:2002

Controles de la exposición del medio ambiente:

En virtud de la legislación comunitaria de protección del medio ambiente se recomienda evitar el vertido tanto del producto como de su envase al medio ambiente. Para información adicional ver epígrafe 7.1.D

Compuestos orgánicos volátiles:

En aplicación al R.D.117/2003 y posteriores modificaciones (Directiva 2010/75/EU), este producto presenta las siguientes características:

C.O.V. (Suministro):	0 % peso
Concentración C.O.V. a 20 °C:	0 kg/m ³ (0 g/L)
Número de carbonos medio:	No relevante
Peso molecular medio:	No relevante

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1 Información de propiedades físicas y químicas básicas:

Para completar la información ver la ficha técnica/hoja de especificaciones del producto.

Aspecto físico:

Estado físico a 20 °C:	Líquido
Aspecto:	No determinado
Color:	No determinado
Olor:	No determinado
Umbral olfativo:	No relevante *

Volatilidad:

Temperatura de ebullición a presión atmosférica:	109 °C
Presión de vapor a 20 °C:	2334 Pa
Presión de vapor a 50 °C:	92,22 (12,29 kPa)
Tasa de evaporación a 20 °C:	No relevante *

Caracterización del producto:

Densidad a 20 °C:	1250,8 kg/m ³
Densidad relativa a 20 °C:	1,251
Viscosidad dinámica a 20 °C:	1,87 cP
Viscosidad cinemática a 20 °C:	1,49 cSt
Viscosidad cinemática a 40 °C:	No relevante *
Concentración:	No relevante *
pH:	No relevante *
Densidad de vapor a 20 °C:	No relevante *
Coefficiente de reparto n-octanol/agua a 20 °C:	No relevante *

*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (continúa)

Solubilidad en agua a 20 °C:	No relevante *
Propiedad de solubilidad:	No relevante *
Temperatura de descomposición:	No relevante *
Punto de fusión/punto de congelación:	No relevante *
Propiedades explosivas:	No relevante *
Propiedades comburentes:	No relevante *
Inflamabilidad:	
Punto de inflamación:	No inflamable (>60 °C)
Inflamabilidad (sólido, gas):	No relevante *
Temperatura de auto-inflamación:	No relevante *
Límite de inflamabilidad inferior:	No relevante *
Límite de inflamabilidad superior:	No relevante *
Explosividad:	
Límite inferior de explosividad:	No relevante *
Límite superior de explosividad:	No relevante *
9.2 Otros datos:	
Tensión superficial a 20 °C:	No relevante *
Índice de refracción:	No relevante *

*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1 Reactividad:

No se esperan reacciones peligrosas si se cumplen las instrucciones técnicas de almacenamiento de productos químicos. Ver sección 7.

10.2 Estabilidad química:

Estable químicamente bajo las condiciones indicadas de almacenamiento, manipulación y uso.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas:

Bajo las condiciones indicadas no se esperan reacciones peligrosas que puedan producir una presión o temperaturas excesivas.

10.4 Condiciones que deben evitarse:

Aplicables para manipulación y almacenamiento a temperatura ambiente:

Choque y fricción	Contacto con el aire	Calentamiento	Luz Solar	Humedad
No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable

10.5 Materiales incompatibles:

Ácidos	Agua	Materias comburentes	Materias combustibles	Otros
No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	Evitar alcalis o bases fuertes

10.6 Productos de descomposición peligrosos:

Ver epígrafe 10.3, 10.4 y 10.5 para conocer los productos de descomposición específicamente. En dependencia de las condiciones de descomposición, como consecuencia de la misma pueden liberarse mezclas complejas de sustancias químicas: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono y otros compuestos orgánicos.

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos:

No se dispone de datos experimentales del producto en sí mismos relativos a las propiedades toxicológicas

Efectos peligrosos para la salud:

En caso de exposición repetitiva, prolongada o a concentraciones superiores a las establecidas por los límites de exposición profesionales, pueden producirse efectos adversos para la salud en función de la vía de exposición:

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA (continúa)

A- Ingestión (efecto agudo):

- Toxicidad aguda: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por ingestión. Para más información ver sección 3.
- Corrosividad/Irritabilidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

B- Inhalación (efecto agudo):

- Toxicidad aguda: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación. Para más información ver sección 3.
- Corrosividad/Irritabilidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

C- Contacto con la piel y los ojos (efecto agudo):

- Contacto con la piel: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por contacto con la piel. Para más información ver sección 3.
- Contacto con los ojos: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, sin embargo presenta sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

D- Efectos CMR (carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción):

- Carcinogenicidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por los efectos descritos. Para más información ver sección 3.
IARC: No relevante
- Mutagenicidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- Toxicidad para la reproducción: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

E- Efectos de sensibilización:

- Respiratoria: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas con efectos sensibilizantes por encima de los límites recogidos en el punto 3.2 del Reglamento (CE) 2015/830. Para más información ver secciones 2, 3 y 15.
- Cutánea: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

F- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición única:

A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

G- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición repetida:

- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición repetida: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- Piel: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

H- Peligro por aspiración:

A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

Información adicional:

No relevante

Información toxicológica específica de las sustancias:

Identificación	Toxicidad aguda		Género
	DL50 oral	DL50 cutánea	
Pirofosfato de tetrapotasio	No relevante	4640 mg/kg	Conejo
CAS: 7320-34-5	DL50 cutánea	4640 mg/kg	
CE: 230-785-7	CL50 inhalación	No relevante	

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

No se disponen de datos experimentales de la mezcla en sí misma relativos a las propiedades ecotoxicológicas.
Contiene fosfatos, el vertido en exceso puede causar eutrofización.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA (continúa)

12.1 Toxicidad:

No determinado

12.2 Persistencia y degradabilidad:

No disponible

12.3 Potencial de bioacumulación:

Identificación	Potencial de bioacumulación	
2,2'-disulfuro de 2,2'-oxibis[5,5-dimetil-1,3,2-dioxafosforinano]	BCF	598
CAS: 4090-51-1	Log POW	4,52
CE: 223-829-1	Potencial	Alto

12.4 Movilidad en el suelo:

No determinado

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB:

El producto no cumple los criterios PBT/vPvB

12.6 Otros efectos adversos:

No descritos

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos:

Código	Descripción	Tipo de residuo (Reglamento (UE) nº 1357/2014)
	No es posible asignar un código específico, ya que depende del uso a que lo destine el usuario	No peligroso

Tipo de residuo (Reglamento (UE) nº 1357/2014):

No relevante

Gestión del residuo (eliminación y valorización):

Consultar al gestor de residuos autorizado las operaciones de valorización y eliminación conforme al Anexo 1 y Anexo 2 (Directiva 2008/98/CE, Ley 22/2011). De acuerdo a los códigos 15 01 (2014/955/UE) en el caso de que el envase haya estado en contacto directo con el producto se gestionará del mismo modo que el propio producto, en caso contrario se gestionará como residuo no peligroso. Se desaconseja su vertido a cursos de agua. Ver epígrafe 6.2.

Disposiciones legislativas relacionadas con la gestión de residuos:

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (REACH) se recogen las disposiciones comunitarias o estatales relacionadas con la gestión de residuos.

Legislación comunitaria: Directiva 2008/98/CE, 2014/955/UE, Reglamento (UE) nº 1357/2014

Legislación nacional: Ley 22/2011, Real Decreto 180/2015, Ley 11/1997

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Este producto no está regulado para su transporte (ADR/RID,IMDG,IATA)

SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla:

Sustancias candidatas a autorización en el Reglamento (CE) 1907/2006 (REACH): No relevante

Sustancias incluidas en el Anexo XIV de REACH (lista de autorización) y fecha de expiración: No relevante

Reglamento (CE) 1005/2009, sobre sustancias que agotan la capa de ozono: No relevante

Sustancias activas las cuales han sido incluidas en el Artículo 95 del Reglamento (UE) Nº 528/2012: No relevante

REGLAMENTO (UE) No 649/2012, relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos: No relevante

Seveso III:

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA (continúa)

No relevante

Restricciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y mezclas peligrosas (Anexo XVII del Reglamento REACH, etc ...):

No relevante

Disposiciones particulares en materia de protección de las personas o el medio ambiente:

Se recomienda emplear la información recopilada en esta ficha de datos de seguridad como datos de entrada en una evaluación de riesgos de las circunstancias locales con el objeto de establecer las medidas necesarias de prevención de riesgos para el manejo, utilización, almacenamiento y eliminación de este producto.

Otras legislaciones:

Reglamento (CE) n o 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008 , sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) n o 1907/2006 y todas sus modificaciones posteriores.

15.2 Evaluación de la seguridad química:

El proveedor no ha llevado a cabo evaluación de seguridad química.

SECCIÓN 16: OTRA INFORMACIÓN

Legislación aplicable a fichas de datos de seguridad:

Esta ficha de datos de seguridad se ha desarrollado de acuerdo al ANEXO II-Guía para la elaboración de Fichas de Datos de Seguridad del Reglamento (CE) Nº 1907/2006 (Reglamento (UE) nº 2015/830)

Modificaciones respecto a la ficha de seguridad anterior que afectan a las medidas de gestión del riesgo:

No relevante

Textos de las frases legislativas contempladas en la sección 3:

Las frases indicadas no se refieren al producto en sí, son sólo a título informativo y hacen referencia a los componentes individuales que aparecen en la sección 3

Reglamento nº1272/2008 (CLP):

Aquatic Chronic 4: H413 - Puede ser nocivo para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos
Eye Irrit. 2: H319 - Provoca irritación ocular grave

Procedimiento de clasificación:

No relevante

Consejos relativos a la formación:

Se recomienda formación mínima en materia de prevención de riesgos laborales al personal que va a manipular este producto, con la finalidad de facilitar la comprensión e interpretación de esta ficha de datos de seguridad, así como del etiquetado del producto.

Principales fuentes bibliográficas:

<http://echa.europa.eu>
<http://eur-lex.europa.eu>

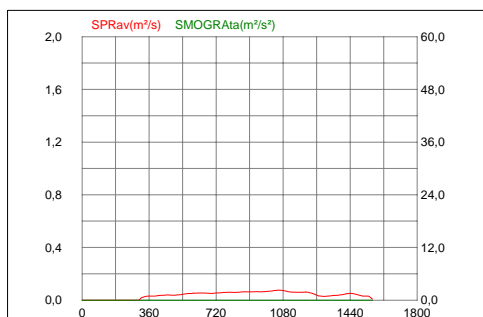
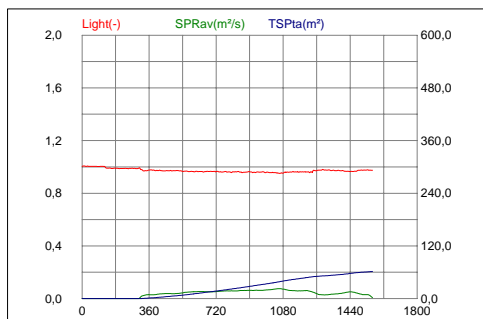
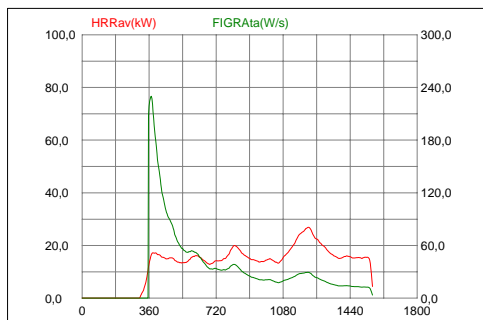
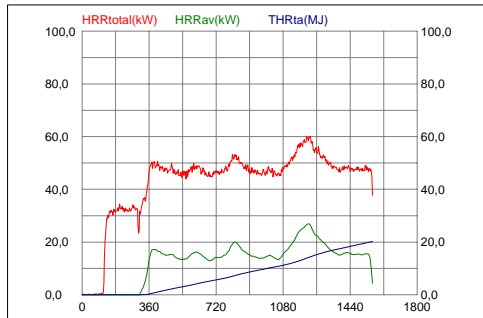
Abreviaturas y acrónimos:

ADR: Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera
IMDG: Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas
IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo
OACI: Organización de Aviación Civil Internacional
DQO: Demanda Química de oxígeno
DBO5: Demanda biológica de oxígeno a los 5 días
BCF: factor de bioconcentración
DL50: dosis letal 50
CL50: concentración letal 50
EC50: concentración efectiva 50
Log POW: logaritmo coeficiente partición octanol-agua
Koc: coeficiente de partición del carbono orgánico
FDS: Ficha de datos de seguridad

La información contenida en esta Ficha de datos de seguridad está fundamentada en fuentes, conocimientos técnicos y legislación vigente a nivel europeo y estatal, no pudiendo garantizar la exactitud de la misma. Esta información no es posible considerarla como una garantía de las propiedades del producto, se trata simplemente de una descripción en cuanto a los requerimientos en materia de seguridad. La metodología y condiciones de trabajo de los usuarios de este producto se encuentran fuera de nuestro conocimiento y control, siendo siempre responsabilidad última del usuario tomar las medidas necesarias para adecuarse a las exigencias legislativas en cuanto a manipulación, almacenamiento, uso y eliminación de productos químicos. La información de esta ficha de seguridad únicamente se refiere a este producto, el cual no debe emplearse con fines distintos a los que se especifican.

- FIN DE LA FICHA DE SEGURIDAD -

8.3. ANEXO C



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 10:05:19 09:36

Test date

Nombre del fichero: JA_GARNICA_FRWOOD13A

File name

Descripción: -

Description

Cliente: -

Client

Material: -

Material

Peso (kg/m²): -

Weight(kg/m²)

Grosor: -

Thickness

HRR av: 32,29 kW

THR 600s: 8,63 MJ

FIGRA 0,2MJ: 229,86 W/s

FIGRA 0,4MJ: 229,86 W/s

FIGRA: 229,86 W/s

Clase estimada: C

TSP 600s: 27,92 m²

SMOGRA: 0,00 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,822

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

94747 Pa (amb.) 55,715 %HR (amb.) 290,886 °K (amb.)

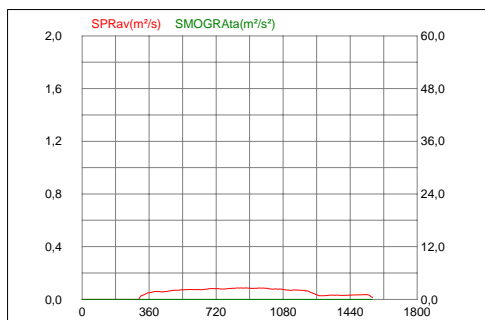
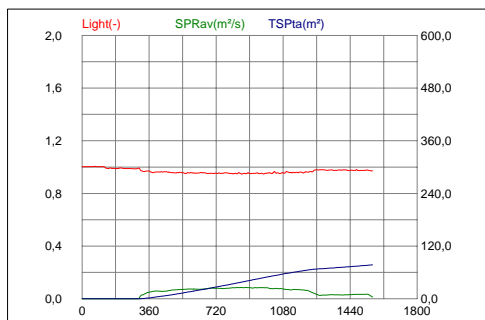
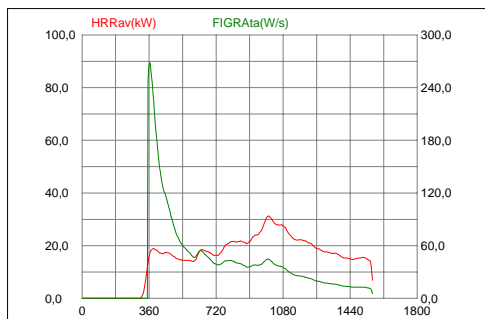
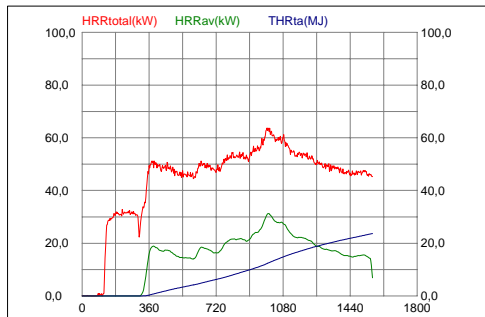
0,594 m³/s (vol.) 100,600 % (light) 291,053 °K (cond.)

20,965 % (O2) 0,074 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

100,540 % (light) 20,811 % (O2) 0,192 % (CO2)



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 29:04:19 12:33

Test date

Nombre del fichero: JA_GARNICA_FRWOOD14B

File name

Descripción: -

Description

Cliente: -

Client

Material: -

Material

Peso (kg/m²): -

Weight(kg/m²)

Grosor: -

Thickness

HRR av: 31,56 kW

THR 600s: 9,90 MJ

FIGRA 0,2MJ: 268,53 W/s

FIGRA 0,4MJ: 267,11 W/s

FIGRA: 268,53 W/s

Clase estimada: D

TSP 600s: 41,79 m²

SMOGRA: 0,00 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,822

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

95431 Pa (amb.) 35,331 %HR (amb.) 292,214 °K (amb.)

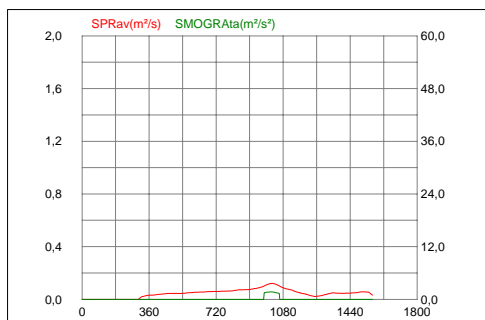
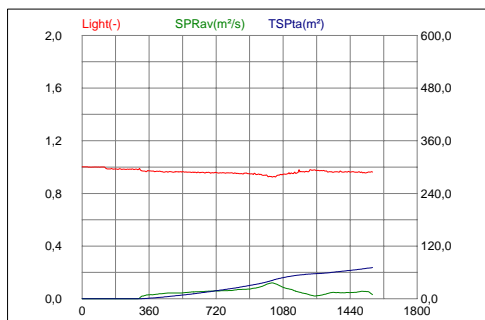
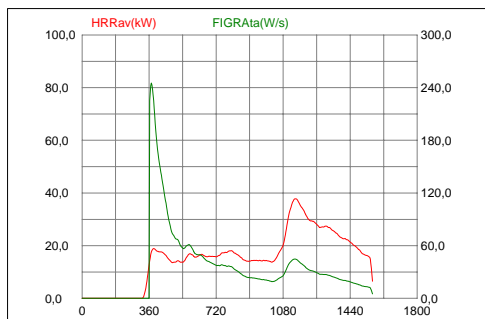
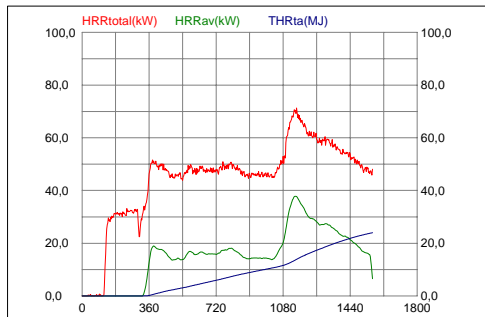
0,592 m³/s (vol.) 100,331 % (light) 293,498 °K (cond.)

20,963 % (O2) 0,079 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

100,301 % (light) 20,811 % (O2) 0,195 % (CO2)



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 30:04:19 08:53

Test date

Nombre del fichero: JA_GARNICA_FRWOOD16B

File name

Descripción: -
Description

Cliente: -
Client

Material: -
Material

Peso (kg/m²): -
Weight(kg/m²)

Grosor: -
Thickness

HRR av: 31,67 kW

THR 600s: 8,88 MJ

FIGRA 0,2MJ: 245,23 W/s

FIGRA 0,4MJ: 242,90 W/s

FIGRA: 245,23 W/s

Clase estimada: C

TSP 600s: 30,35 m²

SMOGRA: 1,68 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,822

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

95380 Pa (amb.) 46,261 %HR (amb.) 289,432 °K (amb.)

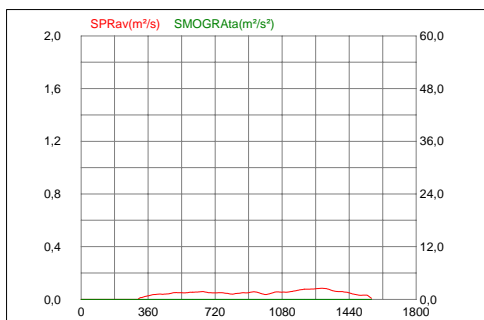
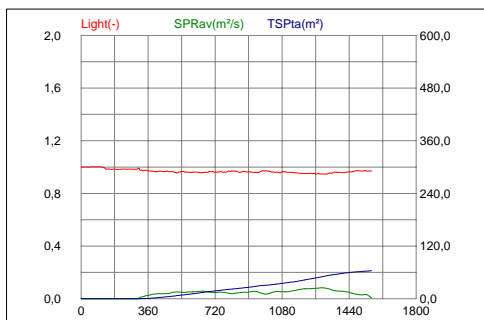
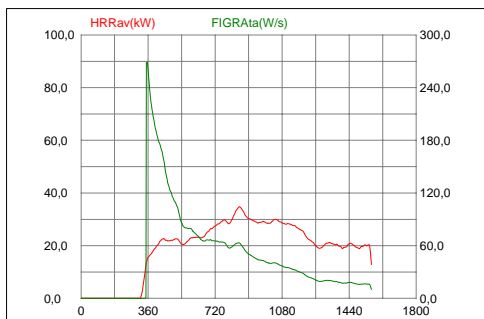
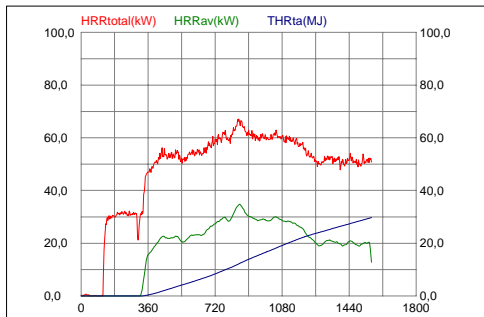
0,599 m³/s (vol.) 100,211 % (light) 289,506 °K (cond.)

20,941 % (O2) 0,076 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

98,716 % (light) 20,806 % (O2) 0,161 % (CO2)



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 29:04:19 10:41

Test date

Nombre del fichero: JA_GARNICA_ST

File name

Descripción: -

Description

Cliente: -

Client

Material: -

Material

Peso (kg/m²): -

Weight(kg/m²)

Grosor: -

Thickness

HRR av: 31,26 kW

THR 600s: 13,89 MJ

FIGRA 0,2MJ: 269,08 W/s

FIGRA 0,4MJ: 251,40 W/s

FIGRA: 269,08 W/s

Clase estimada: D

TSP 600s: 26,42 m²

SMOGRA: 0,00 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,822

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

95481 Pa (amb.) 43,832 %HR (amb.) 290,033 °K (amb.)

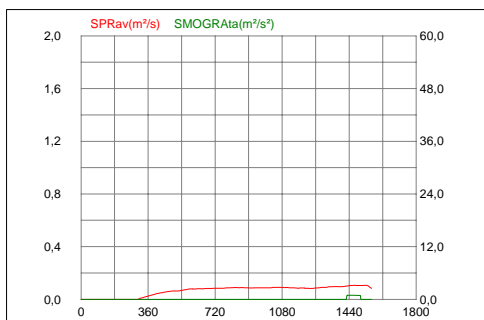
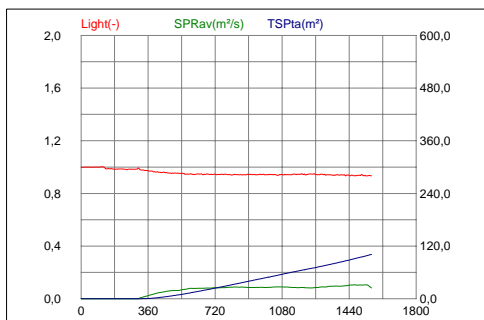
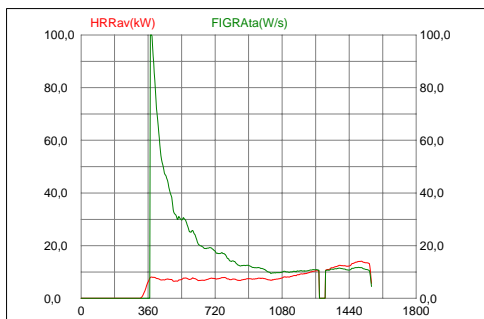
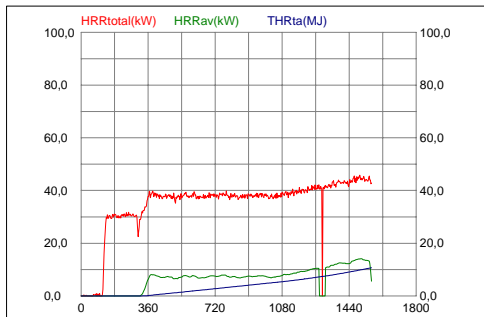
0,587 m³/s (vol.) 100,121 % (light) 289,875 °K (cond.)

20,948 % (O2) 0,076 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

99,850 % (light) 20,758 % (O2) 0,263 % (CO2)



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 13:03:19 12:55

Test date

Nombre del fichero: MDJ_A4009(OKOK)_ST

File name

Descripción: -

Description

Cliente: -

Client

Material: -

Material

Peso (kg/m²): -

Weight(kg/m²)

Grosor: -

Thickness

HRR av: 30,65 kW

THR 600s: 4,06 MJ

FIGRA 0,2MJ: 110,40 W/s

FIGRA 0,4MJ: 82,78 W/s

FIGRA: 110,40 W/s

Clase estimada: B o mejor

TSP 600s: 40,06 m²

SMOGRA: 0,91 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,823

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

96281 Pa (amb.) 37,056 %HR (amb.) 288,958 °K (amb.)

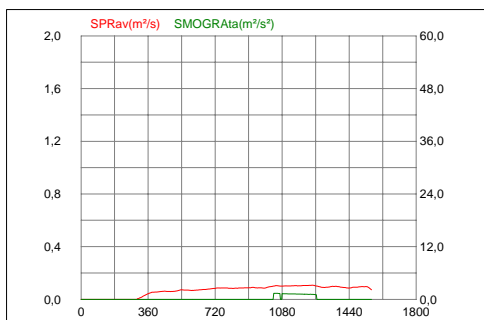
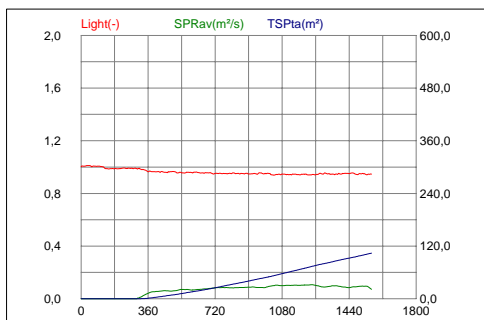
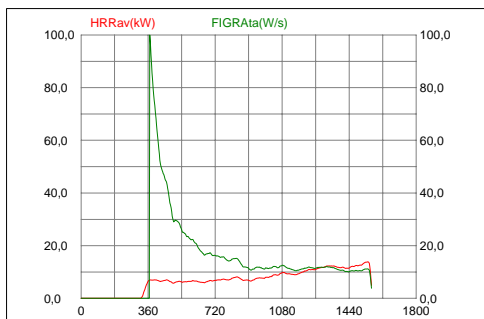
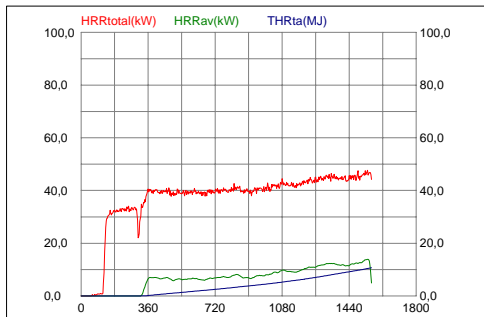
0,597 m³/s (vol.) 100,028 % (light) 289,224 °K (cond.)

20,932 % (O2) 0,055 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

97,533 % (light) 20,822 % (O2) 0,126 % (CO2)



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 22:08:19 10:41
Test date

Nombre del fichero: JA-MDF-A4009PH6
File name

Descripción: -
Description

Cliente: -
Client

Material: -
Material

Peso (kg/m²): -
Weight(kg/m²)

Grosor: -
Thickness

HRR av: 32,88 kW

THR 600s: 3,79 MJ

FIGRA 0,2MJ: 101,45 W/s

FIGRA 0,4MJ: 70,58 W/s

FIGRA: 101,45 W/s

Clase estimada: B o mejor

TSP 600s: 40,59 m²

SMOGRA: 1,39 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,822

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

95848 Pa (amb.) 44,002 %HR (amb.) 295,945 °K (amb.)

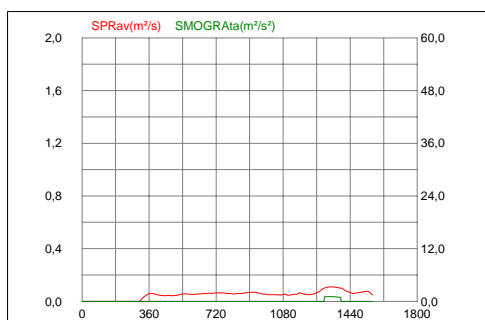
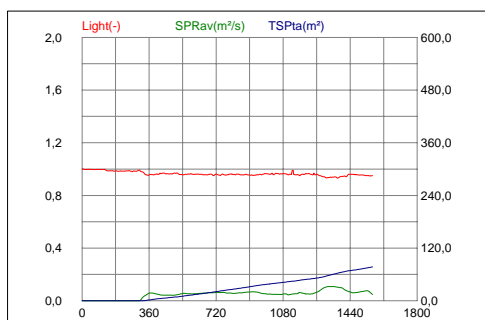
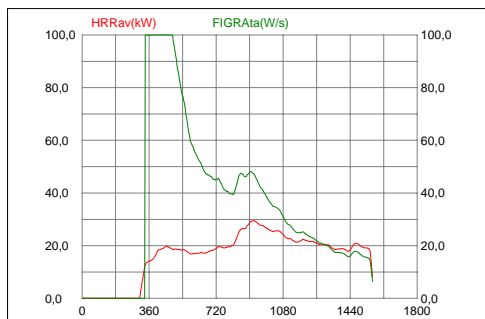
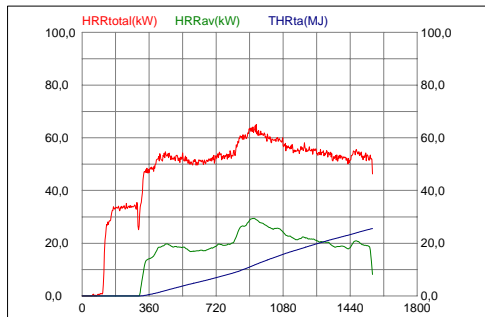
0,603 m³/s (vol.) 100,749 % (light) 295,942 °K (cond.)

20,948 % (O2) 0,061 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

97,729 % (light) 20,839 % (O2) 0,111 % (CO2)



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 26:08:19 10:56

Test date

Nombre del fichero: JA-GARNICA-PH6

File name

Descripción: -

Description

Cliente: -

Client

Material: -

Material

Peso (kg/m²): -

Weight(kg/m²)

Grosor: -

Thickness

HRR av: 33,73 kW

THR 600s: 10,96 MJ

FIGRA 0,2MJ: 326,05 W/s

FIGRA 0,4MJ: 257,46 W/s

FIGRA: 326,05 W/s

Clase estimada: D

TSP 600s: 31,96 m²

SMOGRA: 1,06 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,822

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

95280 Pa (amb.) 47,725 %HR (amb.) 296,957 °K (amb.)

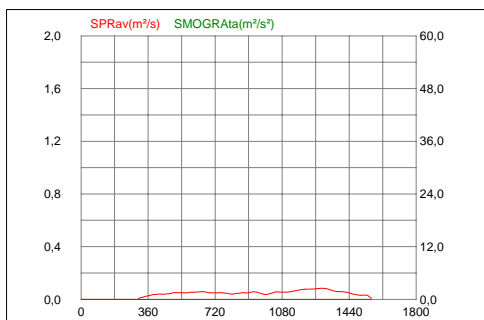
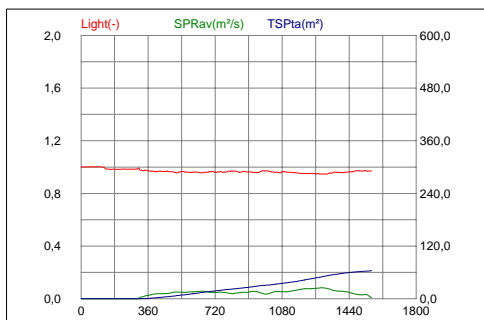
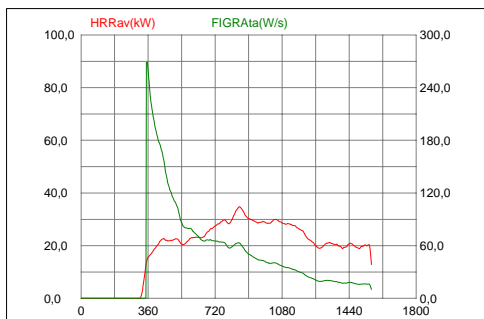
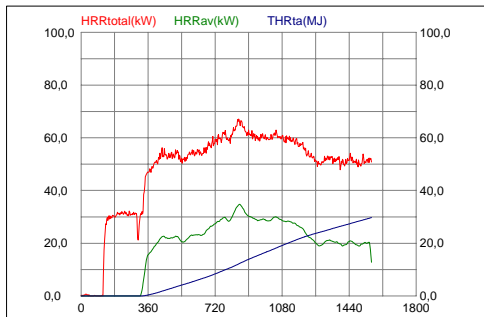
0,596 m³/s (vol.) 99,792 % (light) 297,156 °K (cond.)

20,939 % (O2) 0,055 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

99,164 % (light) 20,764 % (O2) 0,174 % (CO2)



NORMA: UNE-EN 13823:2012+A1:2016
STANDARD

Fecha del Test: 29:04:19 10:41

Test date

Nombre del fichero: JA_GARNICA_ST

File name

Descripción: -

Description

Cliente: -

Client

Material: -

Material

Peso (kg/m²): -

Weight(kg/m²)

Grosor: -

Thickness

HRR av: 31,26 kW

THR 600s: 13,89 MJ

FIGRA 0,2MJ: 269,08 W/s

FIGRA 0,4MJ: 251,40 W/s

FIGRA: 269,08 W/s

Clase estimada: D

TSP 600s: 26,42 m²

SMOGRA: 0,00 m²/s²

Clase estimada: S1

Kt: 0,822

Tiempo retardo O2: 9 seg.

O2 delay

Tiempo retardo CO2: 10 seg.

CO2 delay

Condiciones anteriores al ensayo

Conditions before test

95481 Pa (amb.) 43,832 %HR (amb.) 290,033 °K (amb.)

0,587 m³/s (vol.) 100,121 % (light) 289,875 °K (cond.)

20,948 % (O2) 0,076 % (CO2)

Condiciones después del ensayo

Conditions after test

99,850 % (light) 20,758 % (O2) 0,263 % (CO2)