

# 2021 ENTREGABLE



Proyectos

## “CARTONSAFE”

INVESTIGACIÓN PARA DOTAR AL PAPEL Y CARTON ONDULADO DE CAPACIDAD FUNGICIDA Y VIRICIDA MEDIANTE TRATAMIENTOS EXTERNOS

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

Expediente: IMDEEA/2021/9

Duración: Del 01/09/2021 al 30/09/2022

Coordinado por AIDIMME

Línea de I+D: SISTEMAS DE EMBALAJE



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado  
y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Introducción y objetivos.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Desarrollo de los tratamientos.....</b>	<b>7</b>
2.1	Análisis de los principios activos biocidas para su aplicación en cartón ondulado .....	7
2.2	Desarrollo de los tratamientos para cartón ondulado. Criba con bioensayos .....	8
2.3	Desarrollo del protocolo de aplicación de los tratamientos.....	9
2.4	Evaluación de la efectividad y durabilidad de los tratamientos .....	10
<b>3</b>	<b>Efecto de los tratamientos sobre las propiedades físico-mecánicas del cartón ondulado</b>	<b>13</b>
3.1	Caracterización físico-mecánica del cartón ondulado antes de los tratamientos .....	15
3.1.1	Selección de las planchas de cartón ondulado .....	15
3.1.2	Selección de las pruebas para la determinación de las propiedades físico- mecánicas .....	17
3.1.3	Resultados de las planchas de cartón ondulado antes de la aplicación de los tratamientos .....	21
3.1.4	Resultados de las planchas de cartón ondulado después de la aplicación de los tratamientos.....	23
3.2	Validación de los tratamientos en función de su influencia sobre las propiedades físico- mecánicas del cartón ondulado.....	26
3.2.1	Criterios de aceptación .....	26
3.2.2	Comparativa de resultados .....	26
3.2.3	Conclusiones .....	28
<b>4</b>	<b>Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento de los embalajes durante el</b>	<b>29</b>
<b>transporte.....</b>	<b>29</b>	
4.1	Selección de los embalajes.....	29
4.2	Selección de las pruebas para la determinación de las propiedades físico- mecánicas ....	29
4.2.1	Embalaje unitario .....	29
4.2.2	Carga paletizada.....	32
4.3	Caracterización físico-mecánica de los embalajes antes de aplicar los tratamientos .....	33
4.3.1	Embalaje unitario .....	33
4.3.2	Carga paletizada.....	36
4.4	Caracterización físico-mecánica de los embalajes tras los tratamientos.....	39
4.4.1	Aplicación de los tratamientos .....	39
4.4.2	Resultados de los embalajes tras aplicar los tratamientos .....	39
4.4.3	Embalaje unitario tratado .....	39
4.4.4	Carga paletizada tratada.....	40
4.5	Validación de los tratamientos en función de su influencia sobre las propiedades físico- mecánicas de los embalajes .....	41
4.5.1	Criterios de aceptación .....	41
4.5.2	Comparativa de resultados .....	41
4.5.3	Conclusiones .....	41
<b>5</b>	<b>Conclusiones finales .....</b>	<b>42</b>



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado  
y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

## Listado de figuras

Figura 1. Identificación de las caras del embalaje .....	30
Figura 2. Perfil de vibración .....	32

## Listado de tablas

Tabla 1. Perfiles de onda del cartón ondulado.....	14
Tabla 2. Planchas microcanal .....	16
Tabla 3. Planchas canal B.....	16
Tabla 4. Planchas canales EB .....	16
Tabla 5. Planchas canales BC.....	17
Tabla 6. Resultados de las planchas doble-cara canal E antes de los tratamientos a 23/50 .....	21
Tabla 7. Resultados de las planchas doble-cara canal B antes de los tratamientos a 23/50 .....	21
Tabla 8. Resultados de las planchas doble-doble canal EB antes de los tratamientos a 23/50.....	22
Tabla 9. Resultados de las planchas doble-doble canal BC antes de los tratamientos a 23/50.....	22
Tabla 10. Resultados de las planchas doble-cara canal E antes de los tratamientos a 20/90 .....	22
Tabla 11. Resultados de las planchas doble-cara canal B antes de los tratamientos a 20/90 .....	22
Tabla 12. Resultados de las planchas doble-doble canal EB antes de los tratamientos a 20/90.....	23
Tabla 13. Resultados de las planchas doble-doble canal BC antes de los tratamientos a 20/90.....	23
Tabla 14. Resultados de las planchas doble-cara canal E después de los tratamientos a 23/50.....	24
Tabla 15. Resultados de las planchas doble-cara canal B después de los tratamientos a 23/50.....	24
Tabla 16. Resultados de las planchas doble-doble canal EB después de los tratamientos a 23/50 .....	24
Tabla 17. Resultados de las planchas doble-doble canal BC después de los tratamientos a 23/50 .....	25
Tabla 18. Resultados de las planchas doble-cara canal E después de los tratamientos a 20/90.....	25
Tabla 19. Resultados de las planchas doble-cara canal B después de los tratamientos a 20/90.....	25
Tabla 20. Resultados de las planchas doble-doble canal EB después de los tratamientos a 20/90 .....	25
Tabla 21. Resultados de las planchas doble-doble canal BC después de los tratamientos a 20/90 .....	26
Tabla 22. Comparativa de las planchas doble-cara canal E a 23/50 .....	27
Tabla 23. Comparativa de las planchas doble-cara canal B a 23/50 .....	27
Tabla 24. Comparativa de las planchas doble-doble canal EB a 23/50 .....	27
Tabla 25. Comparativa de las planchas doble-doble canal BC a 23/50.....	27
Tabla 26. Comparativa de las planchas doble-cara canal E a 20/90 .....	27
Tabla 27. Comparativa de las planchas doble-cara canal B a 20/90 .....	28
Tabla 28. Comparativa de las planchas doble-doble canal EB a 20/90 .....	28
Tabla 29. Comparativa de las planchas doble-doble canal BC a 20/90.....	28
Tabla 30. Parámetros de la primera tanda de caídas.....	30
Tabla 31. Parámetros de la tanda de vibración con peso .....	31
Tabla 32. Parámetros de la tanda de vibración sin peso.....	31
Tabla 33. Parámetros de la segunda tanda de caídas .....	31
Tabla 34. Perfil de vibración para la carga paletizada .....	32
Tabla 35. Parámetros de la caída rotacional .....	32
Tabla 36. Parámetros del impacto horizontal .....	33



**GENERALITAT  
VALENCIANA**



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado  
y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

### Listado de fotografías

Fotografía 1. Barniz suministrado por Cartonajes de La Plana, S.L. ....	9
Fotografía 2. Barniz suministrado por Cartonajes de La Plana, S.L. ....	10
Fotografía 3. Placa contaminada .....	11
Fotografía 4. Cartón ondulado simple-cara.....	13
Fotografía 5. Cartón ondulado doble-cara .....	14
Fotografía 6. Cartón ondulado doble-doble.....	14
Fotografía 7. Cartón ondulado triple.....	14
Fotografía 8. Detalle de la cámara climática .....	18
Fotografía 9. Gramaje del cartón ondulado .....	19
Fotografía 10. Espesor de cartón ondulado .....	19
Fotografía 11. Determinación de la resistencia al aplastamiento sobre el canto (ECT).....	20
Fotografía 12. Evaluación de la resistencia a la perforación .....	21
Fotografía 13. Aplicación de los tratamientos sobre las planchas de cartón.....	24
Fotografía 14. Embalaje unitario. Caída 1 .....	34
Fotografía 15. Vibración con peso. Embalaje unitario sobre cara 3.....	34
Fotografía 16. Vibración sin peso. Embalaje unitario sobre cara 3 .....	35
Fotografía 17. Embalaje unitario. Caída 11 .....	35
Fotografía 18. Embalaje unitario tras segunda tanda de caídas .....	36
Fotografía 19. Colocación de la carga paletizada en la mesa de vibración .....	36
Fotografía 20. Carga paletizada. Caída rotacional sobre cara 5 .....	37
Fotografía 21. Carga paletizada. Impacto sobre cara 5.....	37
Fotografía 22. Carga paletizada. Circuito en lado corto .....	38
Fotografía 23. Aplicación del tratamiento sobre el embalaje unitario .....	39



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

## 1 Introducción y objetivos

El interés por el cuidado del medio ambiente (potenciado por la reciente aprobación de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, ha hecho que entre los materiales de envase y embalaje preferidos por los consumidores y por la industria se encuentren los derivados del papel y el cartón, como el cartón ondulado, por ser un claro ejemplo del concepto de economía circular. Estos envases y embalajes, una vez finalizada su vida útil, disponen de un sistema ampliamente consolidado de recogida, clasificación y reciclado para ser convertidos de nuevo en papel y cartón y, consecuentemente, en nuevos envases y embalajes. También son muy versátiles, con una excelente relación resistencia/peso y un precio competitivo. En los años venideros, se espera un crecimiento sostenido de la demanda, a pesar de la coyuntura mundial, en los que la Comunidad Valenciana tendrá un papel destacado, ya que posee un número relevante de empresas dedicadas a esta actividad en su territorio.

Por otro lado, la pandemia debida a la Covid-19 ha despertado un especial interés por la seguridad, en especial frente a ataques de origen biológico, al que no han sido ajenos los envases y embalajes. Han sido muchas las consultas sobre la pervivencia de los virus en distintas superficies y materiales o sobre si los paquetes podían transmitir virus u otros patógenos por contacto y se sigue recelando de los embalajes. Si bien la superficie porosa del cartón hace que los virus y otros patógenos no pervivan más de 24 horas, los acabados más comerciales tienen tendencia a cubrir los poros del cartón, permitiendo que estén activos varios días.

Con respecto a los tratamientos biocidas que existen para el tratamiento de materiales y superficies, muchos de ellos se centran en el sector textil, ya sea para el uso en prendas de vestir o en el sector del hábitat, como inhibidores de bacterias del olor y de la proliferación de todo tipo de microorganismos. También es habitual el tratamiento de superficies con productos antibacterianos en mobiliario de zonas de amplio uso, como baños, cocinas y oficinas, y son cada vez más las empresas que los comercializan.

Por otro lado, se ha comenzado a comercializar productos de material escolar y de oficina con tratamientos bactericidas en su superficie.

Por último, se han popularizado los productos de limpieza con propiedades biocidas demostradas. El Ministerio de Sanidad ha publicado un listado, en el que no solamente se indica la marca comercial, sino que también el principio activo y ciertas recomendaciones de empleo, distinguiendo entre uso doméstico o profesional, que se actualiza periódicamente.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

A su vez, existe actividad investigadora para la obtención de productos biocidas, de origen natural, para el tratamiento de superficies. El pasado año 2021 y este año 2022 han sido especialmente activos en este campo, con múltiples publicaciones, pero ninguna de ellas hace referencia a la protección del cartón ondulado. Todo lo indicado muestra que no existen estudios generalizados que se centren en el desarrollo de tratamientos biocidas para el cartón ondulado y sus embalajes.

Por ello, el principal objetivo del proyecto CARTONSAFE ha sido el desarrollo de productos con capacidad fungicida, bactericida y viricida, basados en principios activos naturales, para su aplicación en la superficie del cartón ondulado destinado a la fabricación de embalajes, obteniendo tratamientos eficaces frente a virus y a bacterias para el cartón ondulado, de fácil aplicación, y que además no afectan negativamente a las propiedades físico-mecánicas del cartón ondulado ni al comportamiento de los embalajes.

Para ello se han realizado pruebas con diferentes derivados con propiedades biocidas, aplicándolos sobre papeles y cartones ondulados y evaluando su eficacia frente a hongos, bacterias y virus. Con el fin de estimar si dicha eficacia se mantenía durante la vida útil del embalaje, también se sometió a los tratamientos a la acción de la temperatura y a combinaciones de temperatura y humedad, y comprobando si se mantenían las prestaciones biocidas iniciales.

También era necesario que los tratamientos biocidas no afectasen a las propiedades físico-mecánicas del cartón ondulado, por ello se llevó a cabo una comparativa de las resistencias de diferentes composiciones de cartón ondulado antes y después del tratamiento, bajo condiciones atmosféricas estándar y alta humedad. Se seleccionó el acondicionamiento a alta humedad porque no se debe olvidar que el cartón ondulado es un material higroscópico, es decir, que equilibra su contenido en humedad con el del ambiente que le rodea, pero todo incremento en este contenido en humedad conlleva una pérdida de resistencia, que podría ser atribuida erróneamente al tratamiento.

Finalmente se ha evaluado la influencia de los tratamientos en las prestaciones de los embalajes, sometidos a pruebas de simulación de transporte, sin y tras la aplicación del tratamiento, comparando los resultados obtenidos.

Por ello, junto con el objetivo principal, se ha obtenido los siguientes objetivos específicos:

- Evaluación de la influencia de los tratamientos biocidas sobre las propiedades físico-mecánicas del cartón ondulado, bajo diferentes condiciones atmosféricas.
- Evaluación de la efectividad de los tratamientos biocidas para los embalajes de cartón ondulado, bajo diferentes condiciones de transporte.
- Evaluación de la influencia de los tratamientos biocidas sobre las propiedades físico-mecánicas de los embalajes de cartón ondulado, sometidos a ciclos de simulación de transporte.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

## 2 Desarrollo de los tratamientos

A continuación, se muestra las actividades realizadas, para el desarrollo de los tratamientos objeto del proyecto.

### 2.1 Análisis de los principios activos biocidas para su aplicación en cartón ondulado

Según las investigaciones, las líneas estratégicas de producto biocidas más demandadas son componentes a base de iones de plata y aceites esenciales con capacidad de inhibir el crecimiento microbiano.

Se adquirieron los siguientes biocidas en suspensión acuosa de la empresa Laurentia SL, para su aplicación sobre muestras de papel y cartón:

- **Aceite esencial (GE):** CE-GE-20, SI-GE-25 y QU-GE-30
  - CE-GE-20: dispersión acuosa de cápsula cera de abeja conteniendo 20% de geraniol. Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura A.
  - SI-GE-25: dispersión acuosa de cápsula sílice conteniendo 25% de geraniol. Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura B.
  - QU-GE-30: dispersión acuosa de cápsula quitosano conteniendo 30% de geraniol. Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura C.

Además, se han estudiado unos productos cerámicos de comprobada eficacia antimicrobiana a base de vidrios con y sin plata, que han sido utilizados en el proyecto AVI-SINVIR. Si bien estos productos fueron obtenidos para una aplicación totalmente distinta, como lo son los materiales cerámicos y superficies no porosas así como de madera, la eficacia tanto bactericida como viricida de éstos puede ser relevante en el sector del embalaje de cartón ondulado.

- **Vidrios silicato y vidrios con plata:**

Estas dispersiones acuosas son de estructura silicato, en los que la  $\text{SiO}_2$  es la formadora de la red. Además, contienen distintas proporciones de  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Ag}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  y otros componentes. Todo ello se funde a unos 1400-1500°C, formando un material homogéneo. Al enfriarlo de manera brusca, se genera una estructura condensada de red tridimensional donde quedan integrados los distintos elementos. En las versiones de las dispersiones FC1, FC2 y FC3 la estructura principal es la misma, pero varía la composición de las materias primas.

  - FC1-Ag-1: Contenido en sólidos 22,5% y densidad 1,20 g/cm<sup>3</sup>. Tiene un color gris debido a los iones de plata. Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura D.
  - FC2 (sin plata Ag): Contenido en sólidos 22,5% y densidad 1,15 g/cm<sup>3</sup>. Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura E.
  - FC2-Ag (con plata)





## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

- Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura F.
- FC3 (sin plata Ag): Contenido en sólidos 33,15% y densidad 1,239 g/cm<sup>3</sup>.  
Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura G.
- FC3-Ag (con plata):  
Se le ha asignado una referencia interna al producto para los ensayos, abreviatura H.

## 2.2 Desarrollo de los tratamientos para cartón ondulado. Criba con bioensayos

Mediante ensayos de difusión en placa se determinó el poder antimicrobiano de los biocidas seleccionados en el apartado anterior. Se eligió un método que mejor se adecua a la evaluación de resultados para la consecución de los objetivos del proyecto (criba con bioensayos). Además, seleccionaron los microorganismos más representativos de los que se puede encontrar en este material durante su vida útil.

A partir de los resultados obtenidos de la criba con bioensayos, se procedió a elaborar los tratamientos, que se han aplicado sobre la superficie del papel, cartón y cartón ondulado, siendo objeto de la investigación.

### *Aceites esenciales*

Se realizaron una serie de comprobaciones de la eficacia bactericida (E. coli) del producto aplicado sobre la superficie de un disco de celulosa. Para ello, se realizaron diluciones seriadas de los tres productos a base de aceite esencial (GE), abarcando las concentraciones de inhibición indicadas por la empresa suministradora del producto (1.000 microgramos/ml) y se comprobó que había inhibición del crecimiento.

Por tanto, se preparó la dilución de las muestras a una concentración que según las indicaciones de la empresa suministradora actuaba como agente biocida (al 3%). Esta es la concentración que se aplicó en las muestras de papel y cartón.

### *Vidrios-estructuras con y sin plata*

Se comprobó en otro proyecto (SINVIR-AVI) que estos productos de vidrio adicionados en distintos tipos de recubrimientos tenían un efecto tanto bactericida como viricida a partir de cierta concentración. Debido a su naturaleza cerámica, es inviable aplicar este producto en ausencia de un recubrimiento que actúe como ligante para un acabado adecuado. Se realizaron unos ensayos de la Concentración Mínima Inhibitoria y Concentración Mínima Biocida (MIC y MBC) en caldo para obtener los valores umbrales donde los productos ejercen un efecto bactericida. Tomando como referencia dichos valores umbrales, se escogieron las siguientes concentraciones de aplicación en el barniz apropiado para las muestras de papel y cartón, teniendo en cuenta que al aplicar sobre superficies y siendo poroso el material, pueden existir pérdidas inesperadas (por lo que se adiciona mayor concentración que lo determinado en el MIC).



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y virucida mediante tratamientos externos**

- FC1-Ag-1: 10% (p/p) en recubrimientos tiene capacidad bactericida/virucida
- FC2 (sin plata Ag): 50% (p/p) en recubrimientos tiene capacidad bactericida/virucida
- FC2-Ag (con plata): 10% (p/p) en recubrimientos tiene capacidad bactericida/virucida
- FC3 (sin plata Ag): 50% (p/p) en recubrimientos tiene capacidad bactericida
- FC3-Ag (con plata): 3% (p/p) en recubrimientos tiene capacidad bactericida

Como recubrimiento se seleccionó un barniz de los catalogados como sostenibles, suministrado por la empresa cartonera participante en el proyecto.



**Fotografía 1.** Barniz suministrado por Cartonajes de La Plana, S.L.

### 2.3 Desarrollo del protocolo de aplicación de los tratamientos

Para el desarrollo del protocolo de aplicación de los tratamientos, se realizaron mezclas, de diferentes concentraciones, del barniz con los principios activos biocidas seleccionados y se aplicaron sobre distintos sustratos de papel y cartón estucados de diferentes gramajes, suministrados por la empresa cartonera colaboradora en el proyecto.

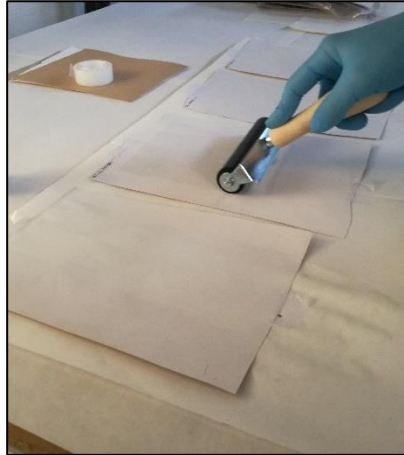
Estas aplicaciones se llevaron a cabo con la ayuda de rodillos de goma, que no absorbían el producto. Para el curado del barniz se mantuvo las muestras durante 5 minutos a una temperatura de 40 °C. Se llevaron a cabo cuatro réplicas de cada una de las aplicaciones, para la determinación de la capacidad anti-bacteriana y anti-viral, teniendo también muestras envejecidas por calor y por humedad, para poder estimar la durabilidad de los tratamientos.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

**AIDIMME**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO

**“CARTONSAFE”** - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos



**Fotografía 2.** Barniz suministrado por Cartonajes de La Plana, S.L.

### 2.4 Evaluación de la efectividad y durabilidad de los tratamientos

Seguidamente se describe la metodología empleada para la determinación de la capacidad anti-bacteriana y anti-viral de los tratamientos, con el fin de evaluar su efectividad, durabilidad y validar el protocolo de aplicación.

#### *Propiedades anti-bacterianas*

De todas las normas aplicables al objetivo del proyecto, la que más se adecuaba era la ASTM E3160-18, ya que considera los artículos porosos, como el papel y cartón, así como la ISO 20743:2021 y la ISO 22196:2011. Se diseñaron las pruebas basándose en estas normas.

A las muestras se les aplican los productos biocidas y la evaluación de las propiedades antimicrobianas se realiza tanto a las muestras con y sin tratamiento biocida.

Para determinar las propiedades anti-bacterianas de los materiales de embalaje de cartón y papel tratados con agentes activos biocidas, las muestras fueron inoculadas con una suspensión de microorganismos definida y después llevadas a incubación. La diferencia en número de la población bacteriana en las muestras tratadas se comparó con estas mismas sin tratamiento, tanto con la población bacteriana inicial, así como pasado el tiempo de incubación. El método escogido permitió medir cuantitativamente la actividad anti-bacteriana del material poroso que ha sido tratado con el biocida para inhibir el crecimiento bacteriano en la propia superficie del material y, además, se evaluó la habilidad del material tratado a inhibir el crecimiento del microorganismo diana. La metodología empleada se basó en lo descrito tanto en la norma ISO 20743:2021, así como la ASTM E3160--18, donde una suspensión líquida de bacterias fue aplicada al material poroso, en ambas muestras con una masa cada una de 0,4 g, con y sin tratamiento, y llevadas a incubación bajo condiciones de temperatura y humedad controlada durante 24 horas. Tras esto, las muestras fueron sumergidas en un agente neutralizante adecuado para desactivar la sustancia activa y, después, agitadas con ayuda de un vortex, para recuperar los microorganismos supervivientes. El número de unidades de colonias formadoras resultantes en la suspensión se determinó utilizando la técnica de conteo en placa estándar y la diferencia poblacional se calculó con relación al número presente en las muestras no tratadas.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

La bacteria designada por la norma ASTM E3160-18 es *Escherichia coli*, American Type Culture Collection ATCC-25922. Además, es la misma que aparece en la ISO 22196:2011 para plásticos y materiales no porosos. Se adquirió la bacteria de la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT) con la siguiente referencia: *Escherichia coli* CECT 516

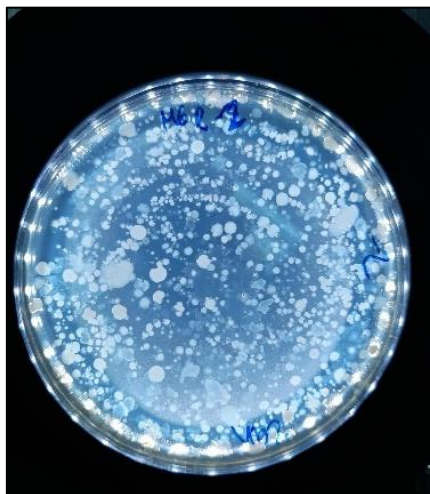
Se obtuvo el número de bacterias recuperadas según el método de recuento de colonia, con diluciones seriadas en solución salina de peptona e incubando en placas un volumen determinado. Se contó las colonias en placa con la ayuda del contador de colonias y se registraron los resultados, expresados como UFC/g como media de al menos dos placas en las que aparecieron entre 30 y 300 CFU para el volumen adicionado en cada placa y multiplicado por la relación de la dilución seriada. El número de bacterias por probeta se calculó multiplicando la CFU/ml por los ml de la solución neutralizante.

Para validar el ensayo, este valor debería estar dentro del 1 log para todos los casos. Se calculó finalmente el % o Log10 de la reducción de la población bacteriana, basado en promedio de UFC/g de las mismas muestras a las cero y 24 horas.

Si las muestras sin tratamiento resultaban en un incremento después de incubación por encima de  $1,2 \times 10^3$  CFU/g, se utilizaba la siguiente fórmula para el cálculo de la reducción:

$$\% = \text{UFC/g 24h no tratadas} - \text{tratadas 24h}$$
$$\text{Log } 10 = \text{Log } 24 \text{ h no tratadas} - \text{log } 24\text{h tratadas}$$

El ensayo quedó validado siempre que, para las muestras de control de validación, la UCF/g a tiempo inicial estaba en el rango  $1,25 - 5,0 \times 10^5$  CFU/g. Además, si pasadas las 24 h de incubación, no hubiese un incremento del crecimiento al menos en 1 log CFU/g, la prueba no era válida y había que repetirla.



Fotografía 3. Placa contaminada

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

#### *Propiedades anti-virales*

Con el fin de determinar la capacidad antiviral de los diferentes biocidas naturales (sin y con aditivar al barniz) y vidrios aditivados al barniz aplicado sobre papel, se llevaron a cabo pruebas siguiendo la norma ISO 21702:2019, con ligeras modificaciones.

Para determinar la estabilidad de un coronavirus sobre las aplicaciones de ensayo, se tomó como modelo el denominado virus de la gastroenteritis transmisible (TGEV).

El TGEV comparte características estructurales con otros coronavirus incluyendo SARS-CoV-2 y puede ser manejado en condiciones de bioseguridad BSL-2. Por ello, constituye un modelo adecuado para el estudio de posibles agentes viricidas contra SARS-CoV-2.

La prueba consistió en depositar una gota (5 µL) de una solución conteniendo aproximadamente 1 millón de partículas infectivas de TGEV sobre piezas cuadradas de cada material. Las muestras se cubrieron con un cubre plástico para reducir la evaporación y aumentar el contacto entre el virus y el material a ensayar. Tras mantener en contacto el virus con la referencia durante el tiempo indicado (3 horas de exposición) en presencia de luz artificial y a una temperatura media de 22°C, se recogió la suspensión viral. Para ello, se añadió 1 mL de tampón fisiológico sobre la pieza conteniendo el cubre (dejando éste en el interior del tampón). Seguidamente, se determinó la cantidad de partículas infectivas mediante el ensayo en placa (“plaque assay”), siendo esta la técnica de referencia en virología para medir la infectividad de una muestra. La infectividad de expresa como unidades formadoras de placa (PFU) por mL.

#### *Resultados y conclusiones*

Inicialmente, observó que no era viable utilizar los biocidas sin recubrimiento. En el caso del biocida natural, la evaluación de éste disuelto en agua mostró que no hay actividad anti-bacteriana. En cambio, cuando en la misma muestra de cartón (el soporte) se utiliza un recubrimiento como ligante, se obtienen mejores resultados.

Se observó comportamiento antibacteriano de los tres biocidas naturales al 10% aplicados con el barniz sobre una muestra de plancha de cartón con estucado (impresión). El biocida natural que presentó mejores prestaciones frente a *Escherichia coli* es el producto de aceite esencial (GE- geraniol) recubierto en quitosano. Además, quedó visualmente más homogéneo sobre las muestras.

En las muestras de papel de la empresa colaboradora con el barniz como recubrimiento, los resultados obtenidos tenían una tendencia a mostrar la actividad anti-microbiana. Hay que anotar que se observó cierta variabilidad entre los valores y, además, las muestras sin biocida tras 24h de incubación también parecían ejercer una inhibición de algún tipo frente al inóculo, lo que dificultó la validación de la prueba. Las investigaciones al respecto parecían indicar que parte de la película del recubrimiento se iba desplazado al interaccionar durante las 24 horas con el inóculo. A simple vista se podía observar las huellas que dejaba el inóculo tras la incubación en dichas muestras. Esto se podría explicar con que el recubrimiento no ha quedado filmificado correctamente. Es posible que las bacterias sufran algún tipo de inhibición en dicho hipotético desplazamiento de la película del barniz en contacto con el inóculo.



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

En el caso de los biocidas basados en compuestos vítreos, se observó que presentan una eficacia anti-bacteriana clara, aunque también se detectó variabilidad entre los valores, lo que podría estar también relacionado con el proceso de filmificación del barniz. Es posible que los microorganismos sufran algún tipo de inhibición a causa de la interacción del propio inóculo con la película no filmificada del recubrimiento, que también explicaría la variabilidad de los valores obtenidos.

En cuanto a las pruebas de exposición a virus, se observó que los compuestos vítreos mejoraban considerablemente el efecto antiviral de las muestras de papel recubiertas con barniz a tan solo 30 minutos de exposición. Solo en algunos casos se necesitaron ciertos ajustes de concentración. Al igual que en las pruebas con bacterias, se observó que existía cierta variabilidad entre los resultados obtenidos, lo que podría explicarse con la falta de homogeneidad de la capa derivada del proceso de filmificación del barniz. De hecho, la recuperación del título viral era peor a las 2h de exposición viral que a 30 minutos, lo que indicaría que la capa de barniz sufría algún cambio de tipo químico-físico que dificultaría la recuperación tanto de virus como de bacterias durante los procesos de lavado. El tiempo de exposición con las bacterias era de 24h, por lo que al ser más largo estos cambios en el barniz serían más acusados, de ahí que los valores fuesen más dispares. De hecho, estos periodos de incubación tanto en bacterias como en virus simularían un proceso de envejecimiento de temperatura y de humedad que parece que interfiere en la filmificación del barniz.

Sería necesario plantear nuevas investigaciones centradas en la caracterización de nuevos barnices, y de otras composiciones, para papel y cartón, ya que a pesar de la variabilidad de los resultados la tendencia de los resultados del proyecto CARTONSAFE era que los biocidas naturales presentaban una buena eficacia anti-bacteriana sobre cartón, y que los compuestos vítreos se caracterizaban por tener un efecto anti-bacteriano, y anti-viral a tan solo 30 minutos de exposición sobre papel.

## 3 Efecto de los tratamientos sobre las propiedades físico-mecánicas del cartón ondulado

Para un mejor entendimiento de trabajo, se procede a realizar una breve descripción del cartón ondulado, tal y como se muestra seguidamente.

Se define al cartón ondulado como el material constituido por una o varias hojas de papel ondulado encoladas sobre una o entre varias hojas de papel plano. Los papeles lisos reciben el nombre de caras. Los papeles que forman las acanaladuras reciben el nombre de ondulados y le confieren al cartón la capacidad de amortiguar y gran parte de su resistencia. El cartón ondulado puede presentar distintas estructuras, como se muestra a continuación:

- Cartón ondulado simple-cara: compuesto por dos papeles, una cara y un papel ondulado



Fotografía 4. Cartón ondulado simple-cara



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

- Cartón ondulado doble-cara: compuesto por tres papeles, de los que dos de ellos que forman las caras y un papel ondulado las separa



**Fotografía 5.** Cartón ondulado doble-cara

- Cartón ondulado doble-doble: compuesto por cinco papeles, dos forman las caras del cartón ondulado, a las cuales se unen dos papeles ondulados, separados entre sí por una cara lisa



**Fotografía 6.** Cartón ondulado doble-doble

- Cartón ondulado triple: constituido por siete papeles, dos forman las caras del cartón ondulado, a las cuales se unen tres papeles ondulados, separados entre sí por dos caras lisas.



**Fotografía 7.** Cartón ondulado triple

Se debe tener en cuenta que el perfil de las ondas también puede variar, siendo las más habituales las que se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Perfiles de onda del cartón ondulado

Perfil del ondulado	Altura (mm)	Paso (mm)	Canales por metro	Coficiente de ondulación
Onda grande (Canal A)	Aprox. 5	> 8	110 a 116	1,48 a 1,52
Onda pequeña (Canal B)	Aprox. 3	7 a 8	152 a 159	1,33 a 1,36
Onda mediana (Canal C)	Aprox. 4	6 a 7	123 a 137	1,41 a 1,45
Micro-canal (Canal E)	Aprox. 2	< 4	294 a 313	1,23 a 1,30

A su vez, los papeles que forman las caras y los ondulados tampoco son únicos. Seguidamente se muestra la clasificación más habitual de éstos.



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

### Papeles para caras

- Papeles Kraft-liner, aquellos papeles para caras que contienen un porcentaje mayoritario de pasta virgen
- Papeles Test-liner, aquellos papeles para caras que contienen un porcentaje mayoritario o están compuestos en su totalidad de pasta reciclada

### Papeles para ondular

- Papeles Fluting semiquímico, aquellos papeles para ondular que contienen un porcentaje mayoritario de pasta virgen semiquímica
- Papeles Fluting médium reciclado, aquellos papeles para ondular que contienen un porcentaje mayoritario o están compuestos en su totalidad de pasta reciclada con un gramaje superior a 100 g/m<sup>2</sup>
- Papeles Médium ligero reciclado, aquellos papeles para ondular que contienen un porcentaje mayoritario o están compuestos en su totalidad de pasta reciclada con un gramaje inferior a 100 g/m<sup>2</sup>

Otro de los factores que caracterizan al cartón ondulado es que es un material higroscópico, es decir, que posee la capacidad de variar su contenido en humedad en función de las condiciones ambientales en las que se encuentra. Es ampliamente sabido que el contenido en humedad tiene gran influencia en las propiedades de resistencia del cartón ondulado, ya que éstas disminuyen a medida que el contenido en humedad se incrementa, por lo que la correcta caracterización del cartón ondulado requiere siempre de un acondicionamiento para equilibrar el contenido en humedad. Internacionalmente las condiciones estándar son 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa, que se mantienen alcanza un contenido en humedad de equilibrio, siempre por absorción para evitar fenómenos de histéresis.

## **3.1 Caracterización físico-mecánica del cartón ondulado antes de los tratamientos**

En esta tarea se llevaron a cabo las pruebas necesarias para caracterizar el cartón ondulado antes de la aplicación de los tratamientos. Los valores obtenidos se consideraron de referencia para la validación definitiva de los tratamientos.

### **3.1.1 Selección de las planchas de cartón ondulado**

Los técnicos de AIDIMME, junto con la empresa participante en el proyecto dedicada a la fabricación de cartón ondulado, llevaron a cabo una selección de planchas, con diferentes composiciones y estructuras para descartar su influencia sobre los tratamientos, pero siempre con un papel estucado en la cara exterior. El listado de estas planchas se muestra seguidamente.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**



**ENTREGABLE**

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

**Tabla 2.** Planchas microcanal

Plancha de cartón	Papel exterior	Ondulado	Papel interior
Plancha 1E	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>
Plancha 2E	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>	Testliner blanco 135 g/m <sup>2</sup>
Plancha 3E	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 105 g/m <sup>2</sup>	Testliner 130 g/m <sup>2</sup>

**Tabla 3.** Planchas canal B

Plancha de cartón	Papel exterior	Ondulado	Papel interior
Plancha 1B	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 105 g/m <sup>2</sup>	Testliner 130 g/m <sup>2</sup>
Plancha 2B	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 130 g/m <sup>2</sup>	Testliner 160 g/m <sup>2</sup>
Plancha 5B	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>
Plancha 6B	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 150 g/m <sup>2</sup>

**Tabla 4.** Planchas canales EB

Plancha de cartón	Papel exterior	Ondulado exterior	Medio	Ondulado interior	Papel interior
Plancha 1EB	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 105 g/m <sup>2</sup>	Testliner 130 g/m <sup>2</sup>
Plancha 2EB	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 105 g/m <sup>2</sup>	Testliner blanco 135 g/m <sup>2</sup>
Plancha 3EB	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 150 g/m <sup>2</sup>
Plancha 4EB	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 150 g/m <sup>2</sup>
Plancha 5EB	Kraftliner estucado 145 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 200 g/m <sup>2</sup>
Plancha 6EB	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 220 g/m <sup>2</sup>
Plancha 7EB	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 150 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 220 g/m <sup>2</sup>
Plancha 8EB	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 220 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 220 g/m <sup>2</sup>



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

Tabla 5. Planchas canales BC

Plancha de cartón	Papel exterior	Ondulado exterior	Medio	Ondulado interior	Papel interior
Plancha 1BC	Testliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 105 g/m <sup>2</sup>	Fluting 90 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Testliner 130 g/m <sup>2</sup>
Plancha 2BC	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 220 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner blanco 160 g/m <sup>2</sup>
Plancha 3BC	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 150 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 140 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 220 g/m <sup>2</sup>
Plancha 4BC	Kraftliner estucado 160 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 150 g/m <sup>2</sup>	Semiquímico 160 g/m <sup>2</sup>	Kraftliner 200 g/m <sup>2</sup>

### 3.1.2 Selección de las pruebas para la determinación de las propiedades físico- mecánicas

De nuevo junto a la empresa fabricante de cartón ondulado, se llevó a cabo una selección de las características físico-mecánicas de interés para las planchas de cartón ondulado que se emplean para la fabricación de embalajes, siendo las que se muestra a continuación.

Lo primero que se fijó fueron los acondicionamientos a los que se iba a someter a las planchas. Uno de ellos era el estándar a 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa, que se emplea mundialmente para la evaluación de las propiedades del cartón ondulado. Sin embargo, también se decidió incluir el acondicionamiento a alta humedad a 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa. Como se ha comentado con anterioridad, el incremento en humedad del cartón ondulado tiene un efecto negativo en su resistencia, que podía verse o no afectado por la aplicación de los tratamientos. Realizando las pruebas a alta humedad, se pudo establecer su influencia y además se probaba en una de las peores circunstancias. Por otro lado, no son situaciones irreales, hay transportes, como el marítimo o cuando llueve, en las que los embalajes de cartón ondulado están sometidos a ambientes de alta humedad de forma continuada. Se descartó realizar las pruebas tras acondicionamiento a alta temperatura, sin control de humedad. La razón fue que la alta temperatura secaría las planchas de cartón ondulado, independientemente de que haya tratamientos aplicados o no, con lo que las propiedades físico-mecánicas siempre serán más alta que las determinadas en condiciones estándar; eso siempre será ventajoso desde el punto de vista de comportamiento del cartón ondulado y de los embalajes fabricados con el mismo, por lo que la influencia del tratamiento en esa condición carece de interés.

En todos los acondicionamientos se realizó previamente un pre-acondicionamiento a 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa, para evitar fenómenos de histéresis

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos



**Fotografía 8.** Detalle de la cámara climática

### Evaluación de gramaje y el espesor

La caracterización más básica del cartón ondulado es la determinación del gramaje, que se describe en la norma UNE-EN ISO 536:2021 y del espesor, tal y como se indica en la norma UNE-ISO 3034:2016. Son las únicas pruebas que se evalúan solamente en acondicionamiento estándar de 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa, ya que no son pruebas de resistencia, sino solamente de caracterización.

El resultado del gramaje se expresa en gramos por metro cuadrado y el del espesor en milímetros.

Así las pruebas de determinación del gramaje y del espesor del cartón ondulado se realizaron como se muestra a continuación.

- Determinación del gramaje según UNE-EN ISO 536:2021
  - Dimensiones de la probeta: 10 000 mm<sup>2</sup>
  - Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
  - Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
  - Probetas ensayadas: 20
- Determinación del espesor según UNE-ISO 3034:2016
  - Dimensiones de la probeta: 10 000 mm<sup>2</sup>
  - Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
  - Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
  - Probetas ensayadas: 10



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

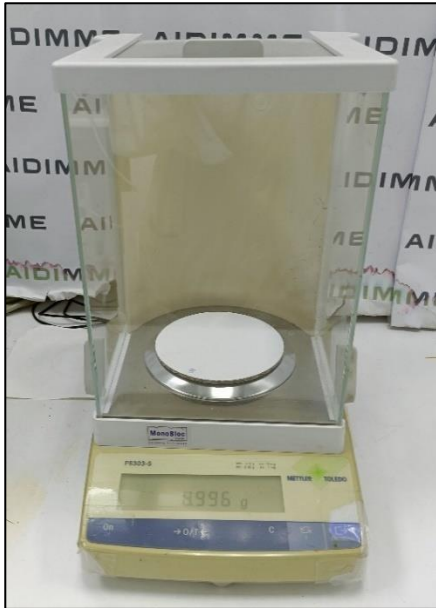


**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos



**Fotografía 9.** Gramaje del cartón ondulado



**Fotografía 10.** Espesor de cartón ondulado

### Evaluación de la resistencia al aplastamiento sobre el canto (ECT)

Se seleccionó la resistencia al aplastamiento sobre el canto (conocido por sus siglas en inglés ECT), ya que siempre se ha relacionado con la resistencia a la compresión de las cajas de cartón ondulado debido a que las acanaladuras (columnas) forman el perímetro de los embalajes y por lo tanto son las zonas en las que, cuando se apilan, van apoyados unos sobre otros. La prueba, descrita con detalle en la norma UNE-EN ISO 3037:2013, consiste en aplicar un esfuerzo de compresión sobre el canto de las acanaladuras del cartón ondulado hasta que se produce el fallo, registrando el valor máximo como resultado.

El valor de la resistencia a aplastamiento sobre el canto se expresa en kilonewtons por metro.

La determinación del ECT quedó fijada con los siguientes parámetros.

- Determinación de la resistencia al aplastamiento sobre el canto ECT según UNE-EN ISO 3037:2013
  - Dimensiones de la probeta: 25 mm x 100 mm
  - Velocidad de los platos: 12,5 mm/min
  - Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
  - Acondicionamientos:
    - 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
    - 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa
  - Probetas ensayadas: 10 en cada condición



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos



**Fotografía 11.** Determinación de la resistencia al aplastamiento sobre el canto (ECT)

### Evaluación de la resistencia a la perforación

Otra de las pruebas que se seleccionó fue la resistencia a la perforación, descrita en la norma UNE-ISO 3036:2013, que determina la resistencia del cartón a ser atravesado por un elemento punzante. Esta prueba tiene gran relevancia en los ciclos de transporte, tanto de pequeños embalajes como de cargas paletizadas. Las perforaciones pueden producirse desde el exterior, pero también desde el interior de los propios embalajes, ya que si es producto transportado posee partes acabadas en punta o elementos que queden “suelos”, es decir, que tengan libertad de movimiento dentro del propio embalaje, las manipulaciones o las vibraciones del transporte, pueden producir agujeros. En el caso de cargas paletizadas también existe el riesgo de impactos en la base, que es la parte más vulnerable, de las transpaletas que de provocar perforaciones pueden afectar a la estabilidad de toda la carga.

El valor de la resistencia a la perforación se expresa en julios.

Por todo lo indicado, la evaluación de la resistencia a la perforación quedó tal y como se describe a continuación:

- Determinación de la resistencia a la perforación según UNE-EN ISO 3036:2013  
Dimensiones de la probeta: 175 mm x 175mm  
Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa  
Acondicionamientos:
  - 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
  - 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativaProbetas ensayadas: 20 en cada condición



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos



**Fotografía 12.** Evaluación de la resistencia a la perforación

### 3.1.3 Resultados de las planchas de cartón ondulado antes de la aplicación de los tratamientos

*Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa*

**Tabla 6.** Resultados de las planchas doble-cara canal E antes de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1E	350	1,62	3,65	2,2
Plancha 2E	403	1,70	6,19	3,8
Plancha 3E	416	1,77	6,20	3,8

**Tabla 7.** Resultados de las planchas doble-cara canal B antes de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1B	461	2,97	5,50	3,9
Plancha 2B	549	3,02	6,09	4,9
Plancha 3B	510	3,02	6,85	4,9
Plancha 4B	534	3,04	7,43	6,2



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

**Tabla 8.** Resultados de las planchas doble-doble canal EB antes de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1EB	693	4,34	8,80	7,6
Plancha 2EB	688	4,31	8,64	7,7
Plancha 3EB	882	4,52	13,62	11,3
Plancha 4EB	888	4,51	13,17	13,4
Plancha 5EB	897	4,51	15,24	13,5
Plancha 6EB	1018	4,61	15,75	15,6
Plancha 7EB	1020	4,61	15,63	16,4
Plancha 8EB	1080	4,66	15,43	16,6

**Tabla 9.** Resultados de las planchas doble-doble canal BC antes de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1BC	781	6,59	10,10	9,4
Plancha 2BC	983	6,68	17,20	16,4
Plancha 3BC	1023	6,81	14,60	16,8
Plancha 4BC	1044	6,75	16,14	18,4

*Acondicionamiento: 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa*

**Tabla 10.** Resultados de las planchas doble-cara canal E antes de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1E	2,30	2,0
Plancha 2E	2,77	3,3
Plancha 3E	2,96	3,7

**Tabla 11.** Resultados de las planchas doble-cara canal B antes de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1B	2,94	3,6
Plancha 2B	3,60	4,7
Plancha 3B	3,87	4,2
Plancha 4B	4,19	5,9



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

**Tabla 12.** Resultados de las planchas doble-doble canal EB antes de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1EB	5,46	7,1
Plancha 2EB	5,32	6,5
Plancha 3EB	6,89	9,6
Plancha 4EB	7,36	12,0
Plancha 5EB	7,79	12,7
Plancha 6EB	8,09	14,6
Plancha 7EB	8,71	14,8
Plancha 8EB	8,69	15,8

**Tabla 13.** Resultados de las planchas doble-doble canal BC antes de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1BC	5,40	8,8
Plancha 2BC	8,51	14,2
Plancha 3BC	7,65	14,6
Plancha 4BC	8,85	18,2

### 3.1.4 Resultados de las planchas de cartón ondulado después de la aplicación de los tratamientos

Con el fin de poder comparar los resultados de las propiedades físico-mecánicas antes y después de los tratamientos para su validación, las planchas sobre las que se aplicaron los tratamientos fueron las seleccionadas para la caracterización del cartón ondulado antes de los tratamientos, pertenecientes al mismo lote de fabricación.

Se seleccionó el tratamiento FC2 Ag25% (90:10) (véase Entregable 4.1), por sus buenos resultados como anti-bacteriano y anti-viral.

El tratamiento se aplicó mezclado con un barniz de los catalogados como sostenibles, suministrado por la empresa cartonera participante en el proyecto. En este caso, la aplicación del tratamiento se llevó a cabo empleando una pistola pulverizadora, para poder cubrir grandes superficies con la precisión exigida (alrededor de 10 g/m<sup>2</sup>), tal y como se muestra en las fotografías. La mezcla del tratamiento con el barniz se realizó justo antes de la aplicación sobre las planchas. Finalizada la aplicación se deja secar el barniz durante 24 horas y se procede a la realización de las pruebas, siguiendo los mismos procedimientos que con las muestras no tratadas.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos



Fotografía 13. Aplicación de los tratamientos sobre las planchas de cartón

Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa

Tabla 14. Resultados de las planchas doble-cara canal E después de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1E	362	1,63	3,59	2,1
Plancha 2E	414	1,70	6,22	3,6
Plancha 3E	425	1,78	6,16	3,9

Tabla 15. Resultados de las planchas doble-cara canal B después de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1B	470	2,98	5,48	3,8
Plancha 2B	561	3,03	6,18	5,0
Plancha 3B	521	3,03	6,72	4,8
Plancha 4B	544	3,04	7,40	6,1

Tabla 16. Resultados de las planchas doble-doble canal EB después de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1EB	702	4,35	8,84	7,4
Plancha 2EB	697	4,31	8,31	7,8
Plancha 3EB	894	4,52	13,03	11,0
Plancha 4EB	899	4,52	12,95	13,6
Plancha 5EB	914	4,55	15,32	12,7
Plancha 6EB	1030	4,61	15,70	15,6
Plancha 7EB	1029	4,62	15,80	16,0
Plancha 8EB	1090	4,67	14,92	16,2

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

**Tabla 17.** Resultados de las planchas doble-doble canal BC después de los tratamientos a 23/50

Plancha de cartón	Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1BC	790	6,59	9,82	9,2
Plancha 2BC	994	6,68	16,28	15,8
Plancha 3BC	1032	6,82	14,32	16,4
Plancha 4BC	1053	6,76	15,89	18,4

La determinación del gramaje y el espesor sirve para caracterizar las planchas y, al mismo tiempo, el gramaje es una valoración de la cantidad de tratamiento aplicada.

*Acondicionamiento: 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa*

**Tabla 18.** Resultados de las planchas doble-cara canal E después de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1E	2,21	1,9
Plancha 2E	2,84	3,2
Plancha 3E	2,82	3,5

**Tabla 19.** Resultados de las planchas doble-cara canal B después de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1B	2,86	3,8
Plancha 2B	3,68	4,5
Plancha 3B	3,77	4,0
Plancha 4B	3,99	5,6

**Tabla 20.** Resultados de las planchas doble-doble canal EB después de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1EB	5,50	6,8
Plancha 2EB	5,07	6,6
Plancha 3EB	6,64	9,2
Plancha 4EB	7,50	11,6
Plancha 5EB	7,68	12,0
Plancha 6EB	7,78	14,2
Plancha 7EB	8,52	14,0
Plancha 8EB	8,55	15,2



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

**Tabla 21.** Resultados de las planchas doble-doble canal BC después de los tratamientos a 20/90

Plancha de cartón	ECT (kN/m)	Perforación (J)
Plancha 1BC	5,10	8,4
Plancha 2BC	8,46	14,6
Plancha 3BC	7,22	14,2
Plancha 4BC	8,47	17,8

### 3.2 Validación de los tratamientos en función de su influencia sobre las propiedades físico-mecánicas del cartón ondulado

Una vez realizadas las pruebas de caracterización físico-mecánica de las planchas antes y después de la aplicación de los tratamientos, se compararon los resultados obtenidos para determinar la influencia de los tratamientos en la resistencia del cartón ondulado.

#### 3.2.1 Criterios de aceptación

Se estableció, junto con la empresa fabricante de cartón ondulado participante en el proyecto, el criterio para considerar el tratamiento válido o no, que se fijó en una reducción máxima del 10% en los valores de resistencia, con respecto a los valores obtenidos sin la aplicación del tratamiento.

El valor de reducción del 10% fijó considerando varios aspectos. El primero fue la reproducibilidad de los resultados del Laboratorio de Materiales Celulósicos de AIDIMME, que es el responsable de realizar las pruebas de determinación de las características físico-mecánicas. Durante los años 2020-2021, los valores de resistencia al aplastamiento sobre el canto (ECT) presentaron en el tiempo diferencias inferiores al 0,7% y los valores de resistencia a la perforación no mostraron diferencias, lo que era (y es) indicativo de una alta reproducibilidad y, por lo tanto, los valores obtenidos tras los tratamientos pudieron ser comparados como iguales y se atribuyeron las diferencias solamente a la aplicación de los tratamientos. Otro aspecto que se tuvo en cuenta es que, en la actualidad, los embalajes se diseñan aplicando criterios de ecodiseño, lo que indica que rige el principio de minimización en origen y que la cantidad de cartón ondulado que se emplea en la fabricación es la estrictamente necesaria y adaptada a las necesidades del producto. Una pérdida de propiedades de resistencia superiores al 10% podría comprometer la protección del producto y, por lo tanto, la funcionalidad del embalaje. Corregir este hecho llevaría consigo el empleo de cartones de mayor resistencia o gramaje, encareciendo el mismo y haciéndolo menos eficiente desde el punto de vista medioambiental, lo que llevaría a un rechazo del tratamiento por parte de los usuarios de los embalajes.

Por último, también se consideraron los aspectos estéticos. Una modificación sustancial del aspecto exterior de los embalajes tras la aplicación de los tratamientos, tampoco se consideraría aceptable.

#### 3.2.2 Comparativa de resultados

Las tablas muestran los resultados de las propiedades físico-mecánicas de las planchas de cartón ondulado, tras la aplicación de los tratamientos, expresados en porcentaje absoluto, tomando como referencia el valor obtenido antes de aplicar el tratamiento.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa

**Tabla 22.** Comparativa de las planchas doble-cara canal E a 23/50

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1E	1,6	4,5
Plancha 2E	0,5	5,3
Plancha 3E	0,6	2,6

**Tabla 23.** Comparativa de las planchas doble-cara canal B a 23/50

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1B	0,4	2,6
Plancha 2B	1,5	2,0
Plancha 3B	1,9	2,0
Plancha 4B	0,4	1,6

**Tabla 24.** Comparativa de las planchas doble-doble canal EB a 23/50

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1EB	0,5	2,6
Plancha 2EB	3,8	1,3
Plancha 3EB	4,3	2,7
Plancha 4EB	1,7	1,5
Plancha 5EB	0,5	5,9
Plancha 6EB	0,3	0,0
Plancha 7EB	1,1	2,4
Plancha 8EB	3,3	2,4

**Tabla 25.** Comparativa de las planchas doble-doble canal BC a 23/50

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1BC	2,8	2,1
Plancha 2BC	5,3	3,7
Plancha 3BC	1,9	2,4
Plancha 4BC	1,5	0,0

Acondicionamiento: 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa

**Tabla 26.** Comparativa de las planchas doble-cara canal E a 20/90

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1E	3,9	5,0
Plancha 2E	2,5	3,0
Plancha 3E	4,7	5,4



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

**Tabla 27.** Comparativa de las planchas doble-cara canal B a 20/90

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1B	2,7	5,6
Plancha 2B	2,2	4,3
Plancha 3B	2,6	4,8
Plancha 4B	4,8	5,1

**Tabla 28.** Comparativa de las planchas doble-doble canal EB a 20/90

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1EB	0,7	4,2
Plancha 2EB	4,7	1,5
Plancha 3EB	3,6	4,2
Plancha 4EB	1,9	3,3
Plancha 5EB	1,4	5,5
Plancha 6EB	3,8	2,7
Plancha 7EB	2,2	5,4
Plancha 8EB	1,6	3,8

**Tabla 29.** Comparativa de las planchas doble-doble canal BC a 20/90

Plancha de cartón	Diferencia ECT (%)	Diferencia perforación (%)
Plancha 1BC	5,6	4,5
Plancha 2BC	0,6	2,8
Plancha 3BC	5,6	2,7
Plancha 4BC	4,3	2,2

### 3.2.3 Conclusiones

Tal y como se aprecia en las tablas, ninguna de las diferencias de las propiedades físico-mecánicas de las planchas superó el 10%, siendo el valor más alto de un 5,9%. Estas diferencias obtenidas llevaron a la conclusión de que no existe influencia significativa de los tratamientos en las propiedades de resistencia al aplastamiento sobre el canto (ECT) y resistencia a la perforación, validando los tratamientos para las planchas de cartón ondulado.

Por otro lado, la aplicación de los tratamientos no modifica sustancialmente el aspecto de las planchas del cartón, lo que reitera la validez de los tratamientos.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

## 4 Efecto de los tratamientos sobre el comportamiento de los embalajes durante el transporte

### 4.1 Selección de los embalajes

La empresa colaboradora del proyecto Juguetes Picó, S.L. proporcionó el embalaje unitario constituido por una caja de cartón ondulado doble-cara canal B, llevando en su interior un juguete que consiste en un carrito de bebé que se sirve desmontado en varias piezas, algunas de ellas metálicas, que se introducen en la caja sin ningún tipo de sujeción. El producto se suele vender por unidades en tienda y en comercio electrónico.

Peso del embalaje + producto: 3,437 kg

Dimensiones externas: 535 mm x 337 mm x 194 mm

La empresa colaboradora Industrias Tayg, S.L.U. suministró una carga paletizada, compuesta por 12 cajas de cartón ondulado doble-doble, canales BC, que se disponían sobre una paleta de madera de 800 mm x 1200 mm en dos alturas, teniendo como único elemento de sujeción tres vueltas de film retráctil. A su vez, cada una de las cajas contenía 12 bolsas de plástico con 500 cuñas de nivelación cada una, también de plástico. La carga paletizada es un embalaje para la distribución.

Peso del embalaje + producto: 177,6 kg

Dimensiones externas: 1200 mm x 800 mm x 1535 mm

### 4.2 Selección de las pruebas para la determinación de las propiedades físico-mecánicas

Los técnicos de AIDIMME seleccionaron las pruebas más adecuadas a las características de cada uno de los embalajes recibido desde las empresas colaboradoras del proyecto, adecuándolos a los riesgos a los que se iba a enfrentar cada uno de ellos en las operaciones de transporte.

#### 4.2.1 Embalaje unitario

Como el producto contenido en el embalaje unitario podía ser comercializado por comercio electrónico, los mayores riesgos a los que se podía enfrentar este embalaje eran las operaciones de manipulación y el propio transporte hasta destino. Por ello se decidió aplicar el protocolo descrito en el “Procedure ISTA 3A”. ISTA es la International Safe Transit Association, que es una organización estadounidense sin ánimo de lucro que tiene como objetivo minimizar los daños de los durante su distribución y optimizar el uso recursos mediante un diseño eficaz de embalajes. Entre sus actividades se encuentra la ejecución de proyectos de investigación relacionados con los embalajes y su distribución, programas educativos para formar responsables y técnicos en embalajes y el desarrollo de procedimientos para la evaluación de los embalajes, de acuerdo con su tipología, uso previsto y características del producto transportado.



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea



## ENTREGABLE

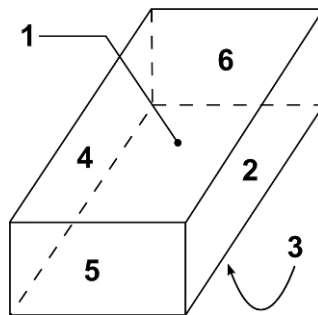
Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

El “Procedure ISTA 3A” se utiliza para la evaluación de la capacidad de protección de embalajes, de peso inferior a 70 kg, frente a vibraciones, caídas y otros riesgos que pueden darse en un sistema de entrega de paquetes, que pueden haber sido transportados por transporte terrestre o aéreo.

El protocolo incluye las siguientes pruebas, que se llevan a cabo de forma secuencial:

- Identificación de las caras de embalaje. En la Fotografía 1 se aprecia el 1 identificativo de la cara fotografiada. A partir de ese número, se identifican el resto de las caras, como muestra la Figura 1.



**Figura 1.** Identificación de las caras del embalaje

- Acondicionamiento a temperatura 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa durante 24 horas
- Tanda de 9 caídas, simulando la manipulación:

**Tabla 30.** Parámetros de la primera tanda de caídas

Caída	Altura caída (mm)	Identificación Impacto	Orientación caras
1	460	Arista	3-4
2	460	Arista	3-6
3	460	Arista	4-6
4	460	Esquina	3-4-6
5	460	Esquina	2-3-5
6	460	Arista	2-3
7	460	Arista	1-2
8	910	Cara	3
9	460	Cara	3

- Vibración vertical aleatoria, simulando el transporte: Siguiendo las instrucciones del protocolo esta prueba se llevó a cabo con el embalaje colocado en varias posiciones, en dos tandas: una aplicando peso (que se calcula en función de las dimensiones del embalaje) y otra sin aplicar peso.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

*Con peso*

**Tabla 31.** Parámetros de la tanda de vibración con peso

Aceleración (Grms)	Cara sobre mesa de vibración	Peso (kg)	Duración (min)
0,53	Cara 3	46 kg	60
0,53	Cara 4	26 kg	30
0,53	Cara 6	16 kg	30

*Sin peso*

**Tabla 32.** Parámetros de la tanda de vibración sin peso

Aceleración (Grms)	Cara sobre mesa de vibración	Duración (min)
0,53	Cara 3	60

- Tanda de 8 caídas, simulando la manipulación después del transporte:

**Tabla 33.** Parámetros de la segunda tanda de caídas

Caída	Altura caída (mm)	Identificación Impacto	Orientación caras
10	460	Arista	3-4
11	460	Arista	3-6
12	460	Arista	1-5
13	460	Esquina	3-4-6
14	460	Esquina	1-2-6
15	460	Esquina	1-4-5
16	910	Cara	2
17*	460	Cara	3

En esta caída el impacto se produce contra una tabla de madera maciza, lo que incrementa el daño sobre el embalaje.

### 4.2.1.1 Criterio de evaluación

Los técnicos de AIDIMME, junto con los técnicos de Juguetes Picó, S.L., establecieron que los resultados de las pruebas serían satisfactorios, si se cumplían los siguientes requisitos:

- Daño tolerado al producto: El producto no debería presentar ninguna pieza rota ni con un grado de deformación tal que impida el correcto montaje.
- Daño tolerado al embalaje: Los embalajes podían presentar deformaciones moderadas, pero no perforaciones, y debían permanecer cerrados tras las pruebas, para evitar una posible salida de los productos.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

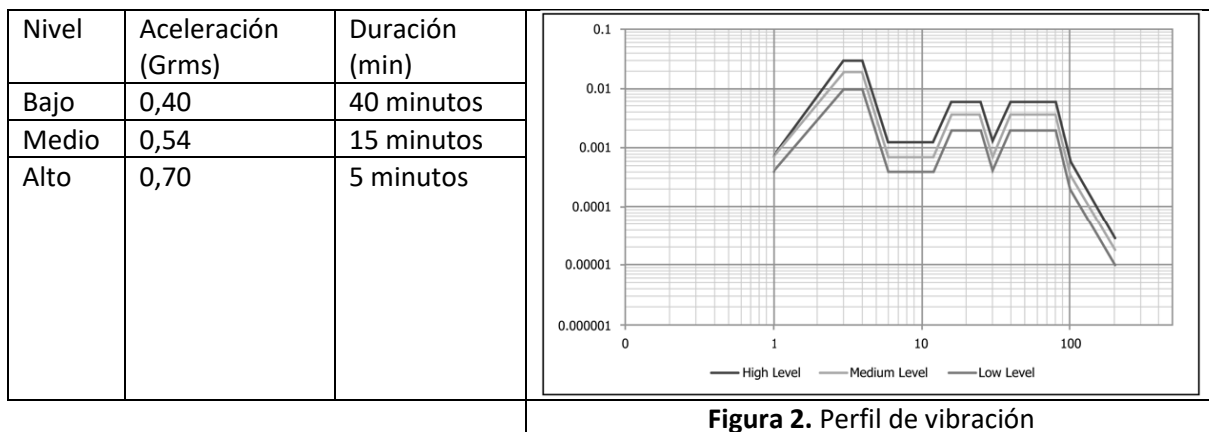
### 4.2.2 Carga paletizada

Dado que la carga paletizada era un embalaje preparado para la distribución, que podía estar sometido a varios tipos de riesgo, entre los que destacan manipulaciones con el empleo de carretillas elevadoras y vibraciones e impactos durante el transporte, se utilizó la norma ASTM D4169-22.<sup>1</sup>, que proporciona un procedimiento para evaluar, en laboratorio, la capacidad de los embalajes para soportar el entorno de distribución, mediante un plan de pruebas normalizadas que reproduce los riesgos que acontecen en los ciclos de distribución y que se llevan a cabo de forma secuencial.

Tomando como base esta norma, se fijaron las siguientes pruebas:

- Vibración vertical aleatoria entre 1 Hz y 200 Hz, simulando el transporte, según ASTM D4728-17, aplicando los tres niveles posibles de severidad (bajo, medio y alto) de forma secuencial

**Tabla 34.** Perfil de vibración para la carga paletizada



- Caída rotacional, según ASTM D6179-20. Método H, simulando parte de la manipulación. La caída rotacional es la caída plana sobre una cara, desde una altura fijada, por basculamiento con respecto a una arista. Para ello, las caras de la carga paletizada deben ser identificadas según lo indicado en la norma de caída ASTM D5276-19 (similar a la identificación del embalaje unitario).

**Tabla 35.** Parámetros de la caída rotacional

Caída	Altura caída (mm). Nivel II	Orientación caras
1	152	5
2	152	2
3	152	6
4	152	4

<sup>1</sup> La norma fue actualizada durante el desarrollo del proyecto, en febrero del 2022, lo que permitió realizar las pruebas con la última versión de la norma.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

### “CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

- Impacto horizontal, según ASTM D4003-98(2019), simulando el impacto contra una superficie dura, debido a desaceleraciones bruscas durante el transporte. Para identificar la zona de impacto se siguió la misma nomenclatura de identificación de las caras que en la prueba de caída rotacional.

**Tabla 36.** Parámetros del impacto horizontal

Impacto	Velocidad mínima (m/s). Nivel II	Orientación caras
1	1,22	5
2	1,22	2
3	1,22	6
4	1,22	4

- Manipulación mecánica, según ASTM D6055-96(2019). Se elevó la carga paletizada con una carretilla elevadora y se recorrió, durante 5 ocasiones, un circuito de 16 m predeterminado por la norma; en dicho circuito se realizaron aceleraciones, deceleraciones y superación de obstáculos.

#### 4.2.2.1 Criterio de evaluación

Los técnicos de AIDIMME, junto con la empresa Industrias Tayg, S.L.U. establecieron que el resultado se consideraría satisfactorio si tras cada una de las pruebas la carga permanecía estable y bien agrupada.

### 4.3 Caracterización físico-mecánica de los embalajes antes de aplicar los tratamientos

A continuación, se muestra los resultados obtenidos tras la realización de las pruebas especificadas.

#### 4.3.1 Embalaje unitario

Seguidamente se presentan los resultados del embalaje unitario, siguiendo las directrices del protocolo ISTA 3A.

##### 4.3.1.1 Primera tanda de caídas

La fotografía muestra el embalaje unitario en una de las posiciones de la primera tanda de caídas.



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos



**Fotografía 14.** Embalaje unitario. Caída 1

Tras esta primera tanda de caídas, la prueba se consideró SATISFACTORIA, si bien tras las caídas 4 y 5, se observaron ligeras deformaciones en las esquinas impactadas.

### 4.3.1.2 Prueba de vibración

Las fotografías muestran el embalaje antes de la aplicación de los tratamientos en la mesa de vibración.

*Vibración con peso*



**Fotografía 15.** Vibración con peso. Embalaje unitario sobre cara 3

Tras la prueba de vibración con peso, el resultado se consideró SATISFACTORIO.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



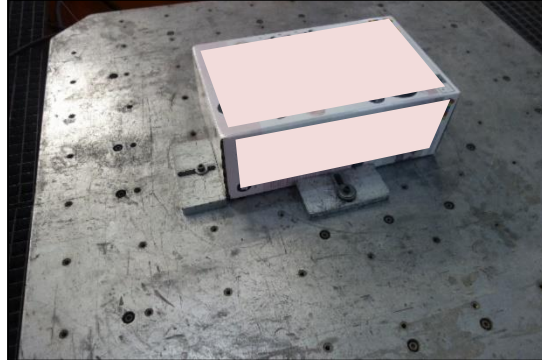
**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

*Vibración sin peso*



**Fotografía 16.** Vibración sin peso. Embalaje unitario sobre cara 3

Tras la prueba de vibración sin peso, el resultado se consideró SATISFACTORIO.

### 4.3.1.3 Segunda tanda de caídas

Seguidamente se muestra una fotografía de la segunda tanda de caídas del embalaje unitario antes de los tratamientos.



**Fotografía 17.** Embalaje unitario. Caída 11



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE”** - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

Tras la segunda tanda de caídas, el resultado se consideró SATISFACTORIO, si bien después de la caída 14 y la caída 15, aparecieron nuevas deformaciones en las esquinas.



**Fotografía 18.** Embalaje unitario tras segunda tanda de caídas

### 4.3.1.4 Evaluación del producto del embalaje unitario

Terminadas las pruebas de simulación de transporte, se procedió a abrir el embalaje y evaluar el estado del producto, para comprobar si éste había sufrido daños. El resultado fue SATISFACTORIO, ya que el producto no había sufrido ningún daño y los elementos metálicos no habían provocado daños de relevancia en el interior del embalaje.

### 4.3.2 Carga paletizada

Seguidamente se presentan los resultados de la carga paletizada, siguiendo las directrices de la norma ASTM D4169-22.

#### 4.3.2.1 Vibración vertical



**Fotografía 19.** Colocación de la carga paletizada en la mesa de vibración



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**iVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado  
y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE”** - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

Tras la prueba de vibración, la carga se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.

### 4.3.2.2 Caída rotacional



**Fotografía 20.** Carga paletizada. Caída rotacional sobre cara 5

Tras las caídas rotacionales, la carga se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.

### 4.3.2.3 Impacto horizontal



**Fotografía 21.** Carga paletizada. Impacto sobre cara 5

Tras los impactos, la carga se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

### 4.3.2.4 Manipulación mecánica



**Fotografía 22.** Carga paletizada. Circuito en lado corto

Al finalizar los circuitos, la carga se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.

### 4.3.2.5 Evaluación del producto de la carga paletizada

Terminadas las pruebas de transporte, se procedió a abrir varios embalajes y se comprobó que el producto estaba intacto, con lo que los resultados obtenidos fueron SATISFACTORIOS.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

### 4.4 Caracterización físico-mecánica de los embalajes tras los tratamientos

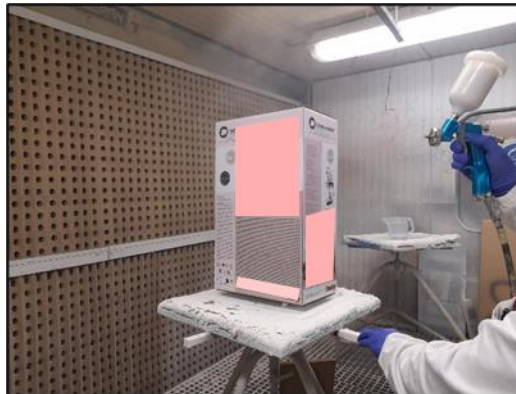
En esta tarea se llevaron a cabo las pruebas necesarias para caracterizar los embalajes tras la aplicación de los tratamientos.

Con el fin de poder comparar los resultados de las propiedades físico-mecánicas antes y después de los tratamientos para su validación, los embalajes sobre los que se aplicaron los tratamientos fueron los seleccionados para la caracterización de los embalajes antes de los tratamientos.

#### 4.4.1 Aplicación de los tratamientos

De nuevo, se selecciona el tratamiento FC2 Ag25% (90:10) (véase Entregable 4.1), por sus buenos resultados como anti-bacteriano y anti-viral.

Al igual que se llevó a cabo con las planchas de cartón ondulado, el tratamiento se aplicó mezclado con un barniz de los catalogados como sostenibles, suministrado por la empresa cartonera participante en el proyecto. En este caso, la aplicación del tratamiento se llevó a cabo empleando una pistola pulverizadora, para poder cubrir grandes superficies con la precisión exigida (alrededor de 10 g/m<sup>2</sup>), tal y como se muestra en las fotografías. La mezcla del tratamiento con el barniz se realizó justo antes de la aplicación sobre los embalajes. En el caso de la carga paletizada, ésta fue desmontada y se trataron las cajas de forma individual, para luego volver a montar la carga tal y como fue servida originalmente. Finalizadas las aplicaciones, se dejó secar el barniz durante 24 horas y se procedió a la realización de las pruebas, siguiendo los mismos procedimientos que con las muestras no tratadas.



Fotografía 23. Aplicación del tratamiento sobre el embalaje unitario

#### 4.4.2 Resultados de los embalajes tras aplicar los tratamientos

##### 4.4.3 Embalaje unitario tratado

Seguidamente se presentan los resultados del embalaje unitario con tratamiento, siguiendo las directrices del protocolo ISTA 3A.



GENERALITAT  
VALENCIANA

IVACE  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

### 4.4.3.1 Primera tanda de caídas en el embalaje unitario tratado

Tras esta primera tanda de caídas, la prueba se consideró SATISFACTORIA.

Tras las caídas 4 y 5, se observaron ligeras deformaciones en las esquinas impactadas.

### 4.4.3.2 Prueba de vibración del embalaje unitario tratado

*Vibración con peso*

Tras la prueba de vibración con peso, el resultado se consideró SATISFACTORIO.

*Vibración sin peso*

Tras la prueba de vibración sin peso, el resultado se consideró SATISFACTORIO.

### 4.4.3.3 Segunda tanda de caídas de embalaje primario tratado

Tras la segunda tanda de caídas, el resultado se consideró SATISFACTORIO, si bien después de la caída 14 aparecieron nuevas deformaciones en las esquinas y tras la caída 15, se rasgó el cartón ondulado de la esquina sobre la que se realizó la caída.

### 4.4.3.4 Evaluación del producto del embalaje unitario tratado

Terminadas las pruebas de simulación de transporte, se procedió a abrir el embalaje tratado y evaluar el estado del producto, para comprobar si éste había sufrido daños. El resultado fue SATISFACTORIO, ya que el producto no había sufrido ningún daño y los elementos metálicos no habían provocado daños de relevancia en el interior del embalaje.

## 4.4.4 Carga paletizada tratada

Seguidamente se presentan los resultados de la carga paletizada tratada, siguiendo las directrices de la norma ASTM D4169-22.

### 4.4.4.1 Vibración vertical de la carga paletizada tratada

Tras la prueba de vibración, la carga tratada se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.

### 4.4.4.2 Caída rotacional de la cara paletizada tratada

Tras las caídas rotacionales, la carga tratada se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

### 4.4.4.3 Impacto horizontal de la carga paletizada tratada

Tras los impactos, la carga tratada se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.

### 4.4.4.4 Manipulación mecánica de la carga paletizada tratada

Al finalizar los circuitos, la carga tratada se mantuvo estable y bien agrupada, por lo que la prueba se consideró SATISFACTORIA.

### 4.4.4.5 Evaluación del producto de la carga paletizada tratada

Terminadas las pruebas de transporte, se procedió a abrir varios embalajes y se comprobó que las cargas estaban intactas, con lo que los resultados obtenidos fueron SATISFACTORIOS.

## 4.5 Validación de los tratamientos en función de su influencia sobre las propiedades físico-mecánicas de los embalajes

Una vez realizadas las pruebas de caracterización físico-mecánica de las planchas antes y después de la aplicación de los tratamientos, se compararon los resultados obtenidos para determinar la influencia de los tratamientos en la resistencia y capacidad de protección de los embalajes.

### 4.5.1 Criterios de aceptación

Los resultados que se obtienen en las pruebas de simulación de transporte son satisfactorios o no satisfactorios, acompañados de valoraciones sobre el estado de los embalajes y de los productos transportados. Por ello, el criterio que se estableció para considerar válidos los tratamientos fue que un resultado satisfactorio no pasase a ser no satisfactorio, tras su aplicación.

### 4.5.2 Comparativa de resultados

Los resultados que se obtuvieron fueron todos satisfactorios tanto en el embalaje unitario, como en la carga paletizada, antes y después de la aplicación de los tratamientos.

### 4.5.3 Conclusiones

Los resultados obtenidos fueron idénticos para los embalajes tratados y no tratados, validando con ello los tratamientos los embalajes.

Por otro lado, la aplicación de los tratamientos no modifica sustancialmente el aspecto de los embalajes, lo que refuerza la validación de los tratamientos.

## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado y su influencia en las propiedades de los embalajes

**AIDIMME**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO

“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos

## 5 Conclusiones finales

Los técnicos de AIDIMME, en colaboración con las empresas participantes del proyecto evaluaron los resultados extrajeron las siguientes conclusiones:

- La aplicación de los tratamientos debe realizarse mediante el empleo de un recubrimiento, como un barniz. Los tratamientos se mezclan con el barniz y se aplican de la forma habitual de uso.
- Se observó comportamiento antibacteriano de los tres biocidas naturales al 10% aplicados con el barniz sobre una muestra de plancha de cartón con estucado (impresión). El biocida natural que presentó mejores prestaciones frente a *Escherichia coli* es el producto de aceite esencial (GE- geraniol) recubierto en chitosano. Además, quedó visualmente más homogéneo sobre las muestras.
- Los mismos tratamientos sobre papeles muestran actividad anti-microbiana, pero con variabilidad de los resultados, que se podría explicar con que el recubrimiento no ha quedado filmificado correctamente y sufra cierto desplazamiento, y que las bacterias sufran algún tipo de inhibición en dicho hipotético desplazamiento de la película del barniz.
- Los biocidas basados en compuestos vítreos presentan una eficacia anti-bacteriana clara, aunque también se detectó variabilidad entre los valores, lo que podría estar también relacionado con el proceso de filmificación del barniz.
- En cuanto a las pruebas de exposición a virus, se observó que los compuestos vítreos mejoraban considerablemente el efecto antiviral de las muestras de papel recubiertas con barniz a tan solo 30 minutos de exposición. Solo en algunos casos se necesitaron ciertos ajustes de concentración. Al igual que en las pruebas con bacterias, se observó que existía cierta variabilidad entre los resultados obtenidos, lo que podría explicarse con la falta de homogeneidad de la capa derivada del proceso de filmificación del barniz.
- Sería necesario plantear nuevas investigaciones centradas en la caracterización de barnices, y de otras composiciones, para papel y cartón ya que, a pesar de su variabilidad, la tendencia de los resultados del proyecto CARTONSAFE indica que los biocidas naturales presentan una buena eficacia anti-bacteriana sobre cartón, y que los compuestos vítreos se caracterizaban por tener un efecto anti-bacteriano, y anti-viral a tan solo 30 minutos de exposición sobre papel.
- No existe influencia significativa de los tratamientos en las propiedades de resistencia al aplastamiento sobre el canto (ECT) y resistencia a la perforación (propiedades físico - mecánicas clave del cartón ondulado), validando los tratamientos para este material.



GENERALITAT  
VALENCIANA

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



Cofinanciado por  
la Unión Europea



## ENTREGABLE

Tratamientos biocidas superficiales para cartón ondulado  
y su influencia en las propiedades de los embalajes

**AIDIMME**  
INSTITUTO TECNOLÓGICO

**“CARTONSAFE” - Investigación para dotar al papel y cartón ondulado de capacidad fungicida y viricida mediante tratamientos externos**

- De igual manera, no existe influencia significativa de los tratamientos en el comportamiento de los embalajes sometidos a ciclos de simulación de transporte, validando nuevamente los tratamientos.
- Los tratamientos no modifican sustancialmente el aspecto de las planchas de cartón ondulado o de los embalajes, reforzando con ello su validación.



**GENERALITAT  
VALENCIANA**

**IVACE**  
INSTITUTO VALENCIANO DE  
COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL



**Cofinanciado por  
la Unión Europea**