

# **E3.3. INFORME DE APLICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE NUEVOS ADHESIVOS FUNCIONALES PARA TEXTIL, CALZADO Y MUEBLE**

**Responsable: AIDIMME**  
**Contribuciones de: INESCOP y AITEX**

---

## **FUNTEXCAL II**

FECHA 15 /12/ 2016

### **CONTENIDO**

---

- Aplicación de adhesivos sobre diferentes materiales. Desarrollo de muestras laminadas.
- Caracterización de muestras obtenidas.

Documento preparado por

---

AIDIMME

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DEL ENTREGABLE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. UNIONES EN MATERIALES DEL SECTOR DEL MUEBLE.....</b>	<b>4</b>
2.1. Caracterización de adhesivos termofusibles de poliuretano y otros de aplicación en el sector del mueble.....	4
2.2. Caracterización de los materiales aplicados en los sistemas de unión del sector del mueble .....	13
2.3. Aplicación de adhesivos termofusibles.....	18
2.4. Caracterización en propiedades de inflamabilidad y eficacia antibacteriana .....	23
2.5. Conclusiones parciales. Aplicación y caracterización de nuevos adhesivos en sector mueble .....	33
<b>3. UNIONES EN MATERIALES DEL SECTOR CALZADO.....</b>	<b>35</b>
3.1. Condiciones de aplicación .....	35
3.2. Resistencia al pelado en T.....	35
3.3. Retardancia a la llama .....	43
3.4. Efecto antiestático/conductor.....	43
3.5. Actividad antibacteriana.....	45
3.6. Conclusiones parciales. Aplicación y caracterización de nuevos adhesivos en sector calzado .....	45
<b>4. UNIONES EN MATERIALES DEL SECTOR TEXTIL.....</b>	<b>47</b>
4.1. Descripción del sistema aplicador .....	47
4.2. Descripción de pruebas y materiales adhesivos .....	49
4.3. Resultados principales en caracterización de muestras desarrolladas.....	55
4.4. Conclusiones parciales .....	56

## 1. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DEL ENTREGABLE

Este documento recoge los trabajos a nivel experimental y de I+D llevados a cabo en la unión de diferentes materiales con adhesivos hotmelt, así como su caracterización de propiedades diversas, realizados en 2016 (anualidad II de FUNTEXCAL), dentro del Paquete de Trabajo PT3 por los tres IITT participantes: AIDIMME, INESCOP y AITEX.

Este informe describe la caracterización y aplicación de los adhesivos termofusibles (hot melt) de poliuretano reactivo (HMPUR) y de los soportes utilizados, así como de otros adhesivos aplicados en los tres sectores implicados (mueble, calzado y textil), especialmente en aspectos relacionados con su curado y adhesión al soporte, que derivan del propio proceso de formulación del adhesivo y son críticos para la viabilidad de las uniones para cada sector.

Con objeto de valorar su eficacia, se han elaborado uniones adhesivas con materiales habituales del sector del mueble, calzado y textil, tanto con adhesivos experimentales como con adhesivos convencionales/comerciales, y de esa forma obtener valores de referencia en las características funcionales consideradas:

- Para AIDIMME, las más críticas inflamabilidad y eficacia antibacteriana.
- Para INESCOP, las más críticas Resistencia al pelado en T, Retardancia de llama, Efecto antiestático, Actividad antibacteriana.
- Para AITEX, las más críticas resistencia a tracción, columna de agua, transpirabilidad (valor Ret), actividad antibacteriana.

## 2. UNIONES EN MATERIALES DEL SECTOR DEL MUEBLE

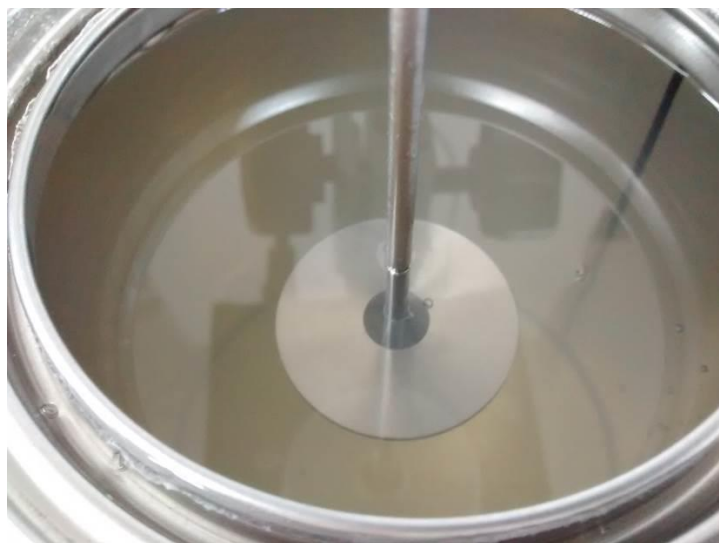
### 2.1. Caracterización de adhesivos termofusibles de poliuretano y otros de aplicación en el sector del mueble.

El sector del mueble aplica una amplia variedad de adhesivos que posibilitan la adhesión de diferentes materiales o soportes que ya se comentaron en el entregable 3.1b sobre materiales y métodos de unión. Con objeto de realizar diferentes uniones adhesivas comparables a efectos del desarrollo del proyecto, en AIDIMME se tomaron los siguientes:

Código	Tipo	Denominación
Adhesivo 1	PUR comercial	NEOTHERM 3290
Adhesivo 2	PUR sintetizado	PUR 50/50
Adhesivo 3	Poliéster (contacto)	SUPERGEN
Adhesivo 4	Policloro isopropeno (contacto)	AXTON
Adhesivo 5	PUR comercial	BUHNEN E2456
Adhesivo 6	PUR sintetizado + 1.5% aditivo antimicrobiano	Aditivo: Irgaguard 5 000 BASF
Adhesivo 7	PUR comercial con aditivo retardante de la llama	NEOTHERM PU-2622 FR
Adhesivo 8	Termofusible de caucho	HM7087

De los adhesivos en base disolvente, se analizaron propiedades específicas tales como densidad, contenido en sólidos y viscosidad, obteniéndose los siguientes resultados:

Característica (Norma)	Adhesivo 3	Adhesivo 4
Contenido en sólidos (%) (UNE-EN 827:2006)	25	23
Densidad g/cm <sup>3</sup> (UNE-EN 542:2003)	0,85	0,88
Viscosidad Brookfield (centipoises) (husillo 3 a 23°C) (UNE-EN 12092:2002)	3720	3230

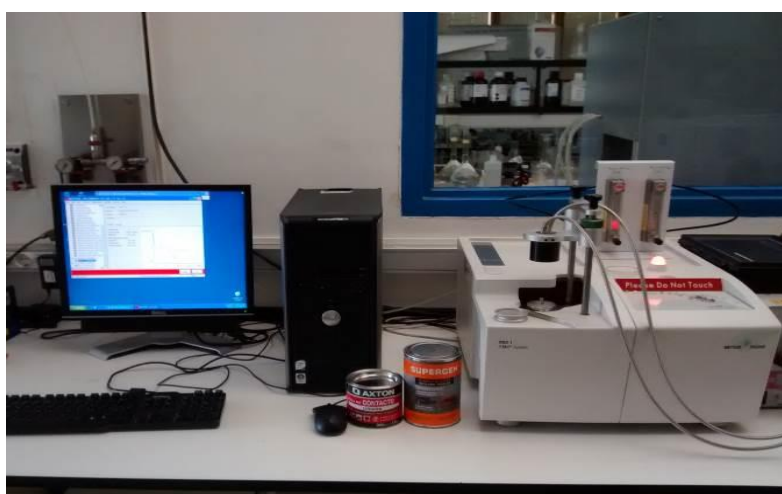


**Figura 1. Medida de la viscosidad**

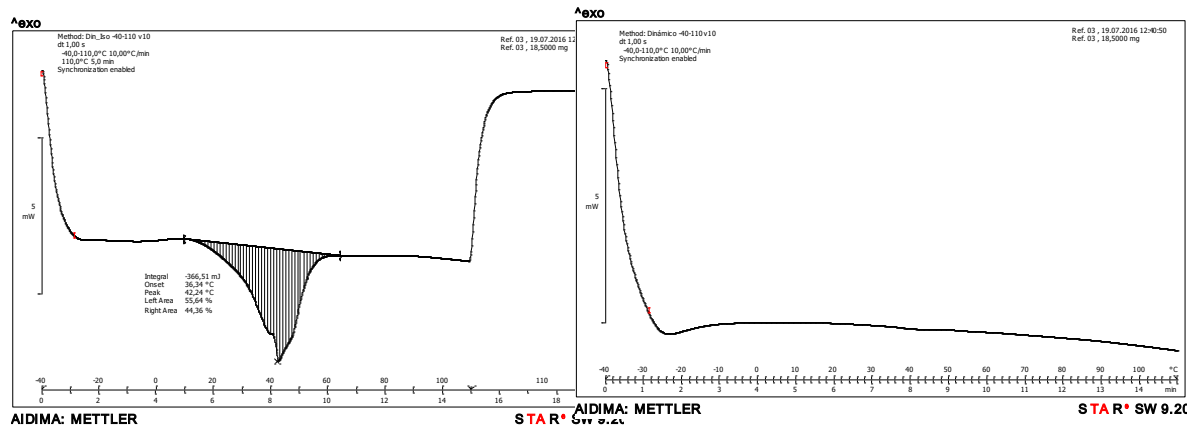
Mediante la técnica de DSC se caracterizaron las propiedades térmicas de algunas colas. Para ello, se utilizó un equipo DSC 1 de la casa Mettler Toledo, utilizando entre 15 y 20 mg de muestra y una atmósfera inerte de nitrógeno, usando una velocidad de calentamiento de 10°C / min.

En todos los casos, se realizó un primer barrido de temperatura en atmósfera de nitrógeno de -40 a 110°C, con una velocidad de calentamiento de 10°C/min, seguido de una isoterma durante 5 minutos. A continuación, se realizó el enfriamiento hasta -100°C, para llevar a cabo un segundo barrido de calentamiento desde -40°C a 110°C a la misma velocidad de calentamiento.

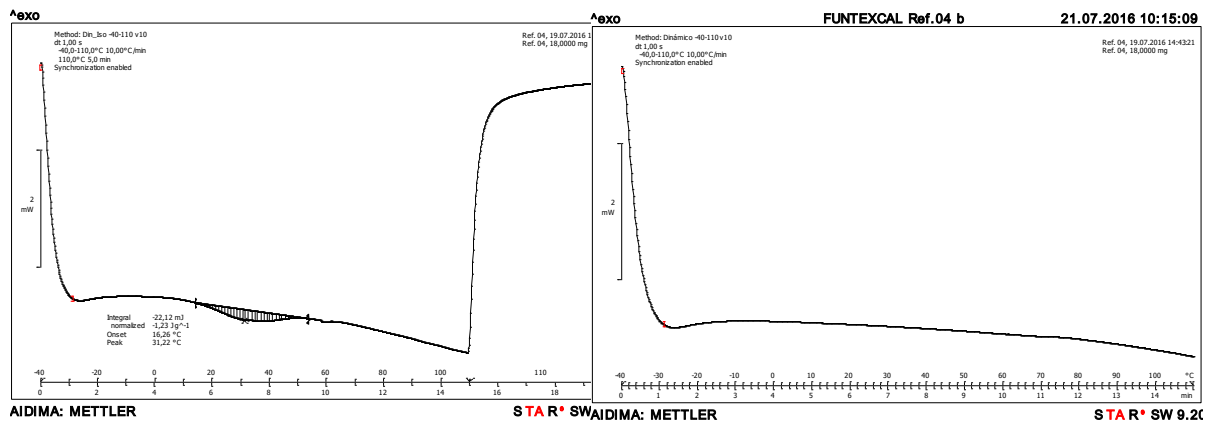
A continuación se adjuntan los termogramas DSC correspondientes.



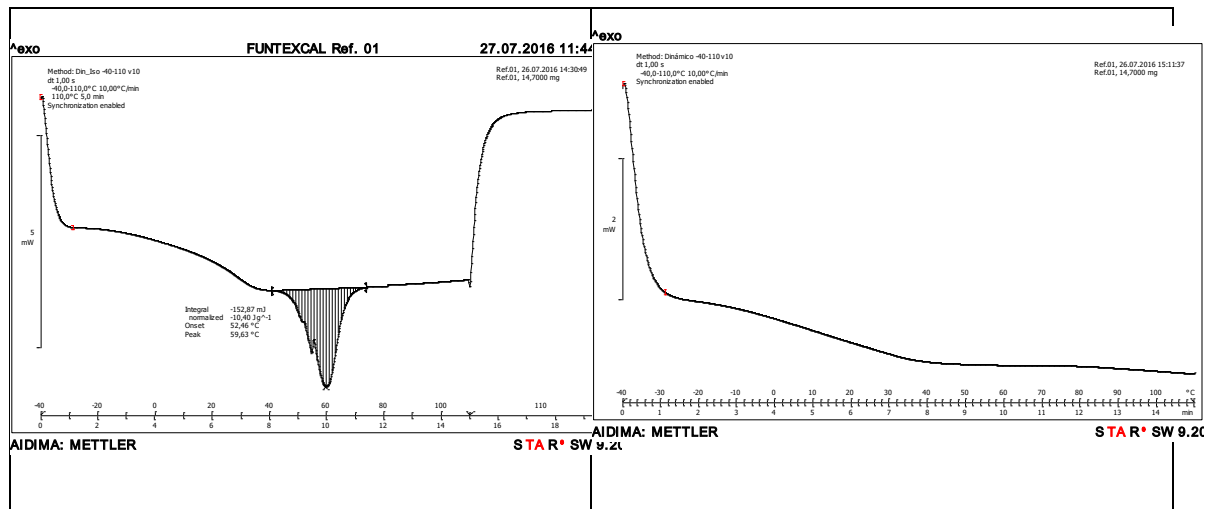
**Figura 2. Equipo de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)**



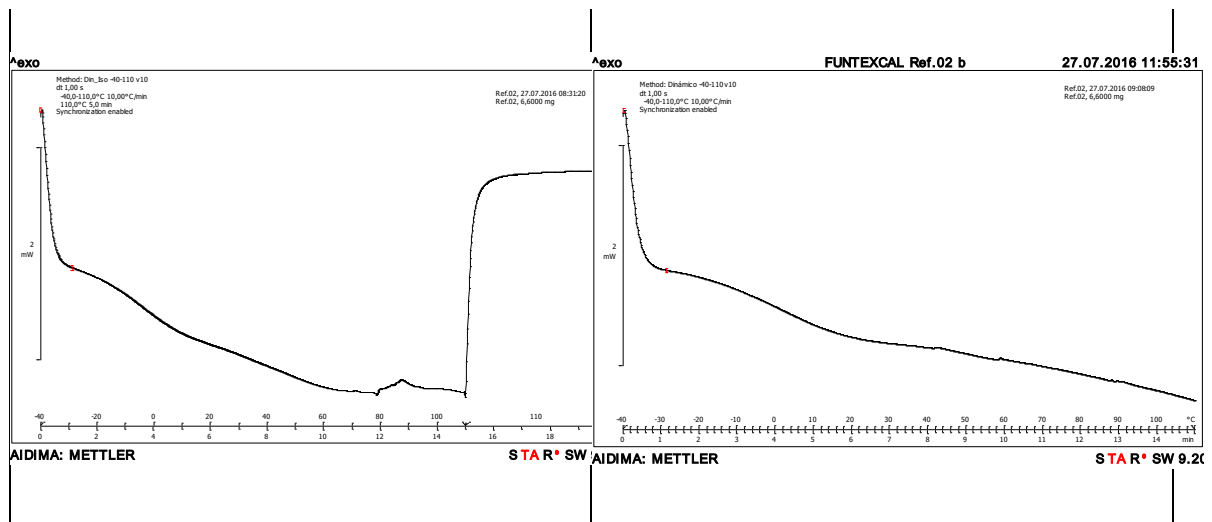
**Termograma adhesivo referencia 03**



**Termograma adhesivo referencia 04**



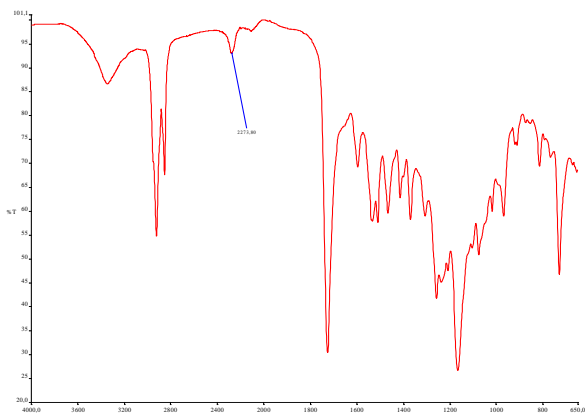
**Termograma adhesivo referencia 01**



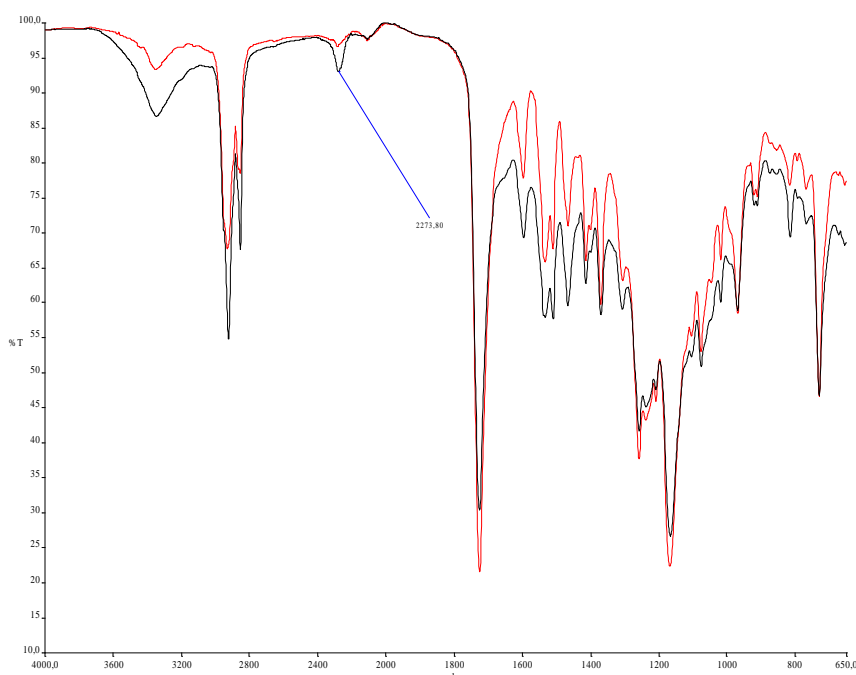
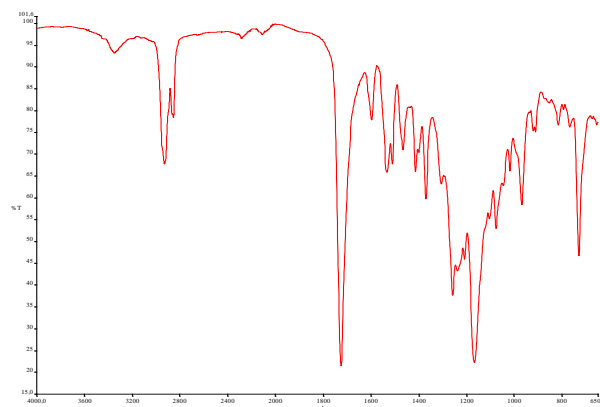
*Nota: La muestra de cola 2 se obtiene de una muestra ya aplicada.*  
**Termograma adhesivo referencia 02**

Y se realizaron el análisis por espectrofotometría IR en diferentes periodos, obteniéndose los picos de absorción siguientes:

ADHESIVO 1 (48 horas)



ADHESIVO 1 (5 días)



Disminución banda ISOCIANATO (2270  $\text{cm}^{-1}$ )

Ambos espectros presentan un gran número de bandas solapadas en las que se detecta la presencia de bandas propias de los grupos OH de la resina de poliéster así como bandas propias del catalizador de isocianato  $\text{N}=\text{C}=\text{O}$

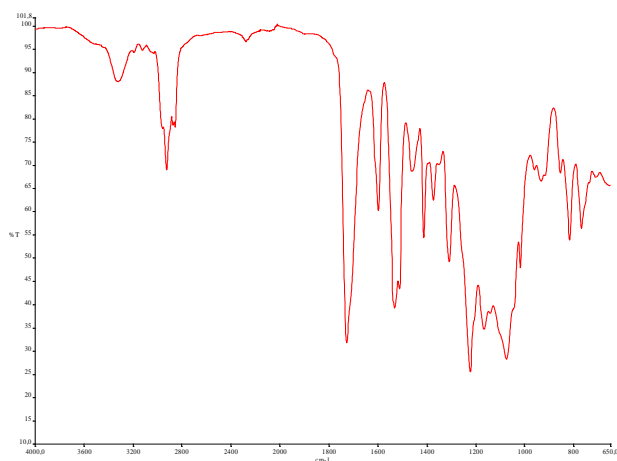
La banda característica del grupo hidroxilo (-OH) propia de la resina es la que va desapareciendo con el tiempo a medida que la resina reacciona con el catalizador de isocianato para formar un grupo uretano. Esta banda es la que aparece alrededor de  $3400 \text{ cm}^{-1}$ .

Del mismo modo sucede con la banda propia del grupo isocianato ( $-N=C=O$ ) que también va desapareciendo a medida que se va consumiendo con el tiempo. Esta banda es la que aparece alrededor de  $2273\text{ cm}^{-1}$

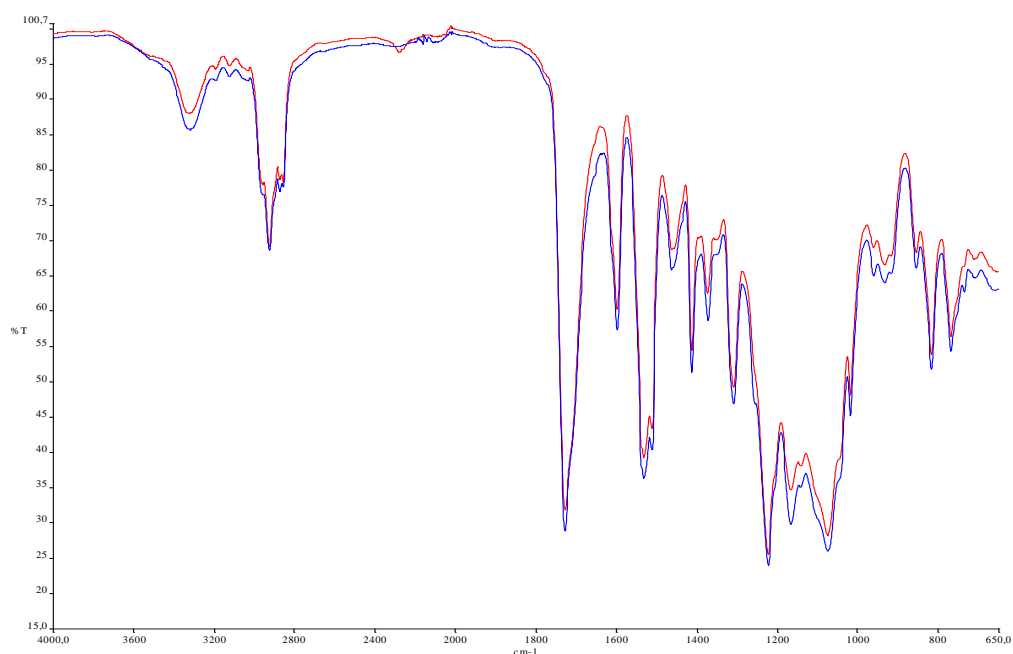
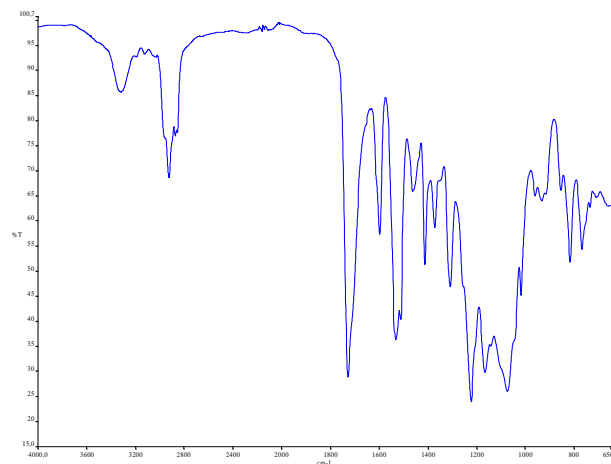
La formación de los grupos uretano se detecta por el aumento de las señales propias de dicho grupo funcional que aparecen en la zona de  $1650\text{-}1680\text{ cm}^{-1}$ .

Se trata pues de un adhesivo que incluso a los 5 días de empezar la reacción aún sigue reaccionando, aunque de manera mucho más lenta.

ADHESIVO 2 (48 horas)



ADHESIVO 2 (5 días)

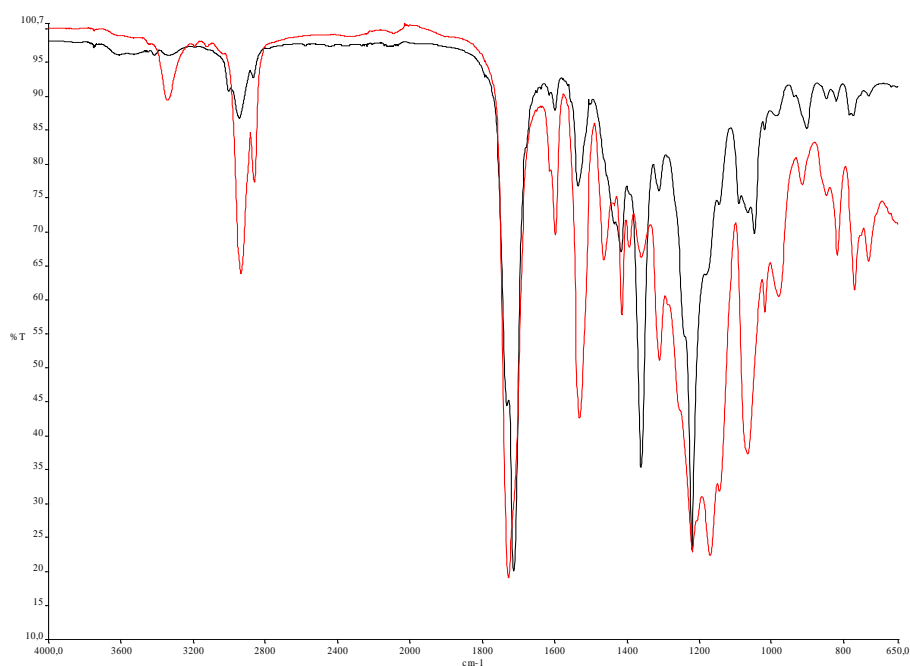
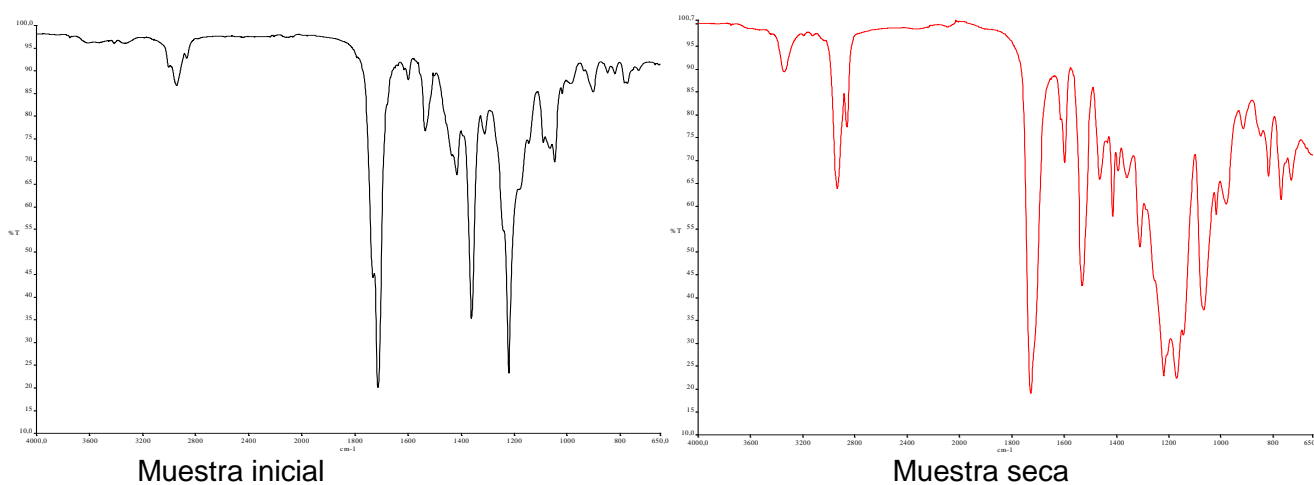


Disminucion banda ISOCIANATO ( $2270\text{ cm}^{-1}$ )

En este caso el adhesivo a los 5 días ya no presenta restos de grupo isocianato, lo que es indicativo de que ha reaccionado/consumido todo el reactivo. No existen muchas diferencias en el espectro del adhesivo a las 48 horas y a los 5 días.

En vista de los resultados obtenidos se desprende que en este caso la velocidad de reacción es superior a la del adhesivo 1.

### ADHESIVO 3 (contacto)

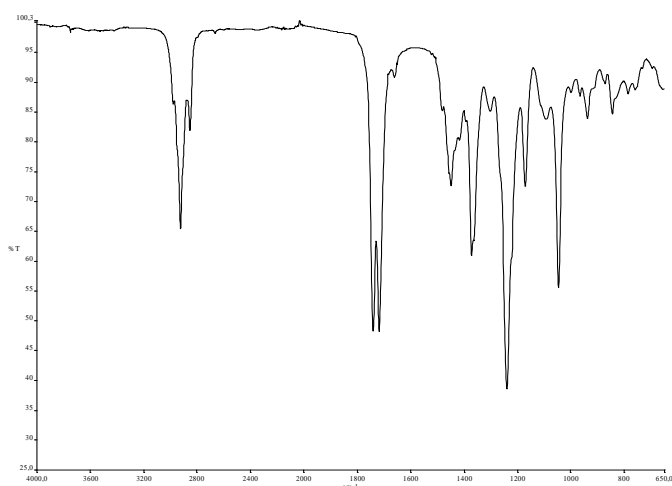


Si comparamos ambos espectros podemos detectar la presencia de bandas propias de diferentes familias químicas, pertenecientes al disolvente utilizado que en este caso se corresponde con la familia de las cetonas y/o al adhesivo propiamente dicho.

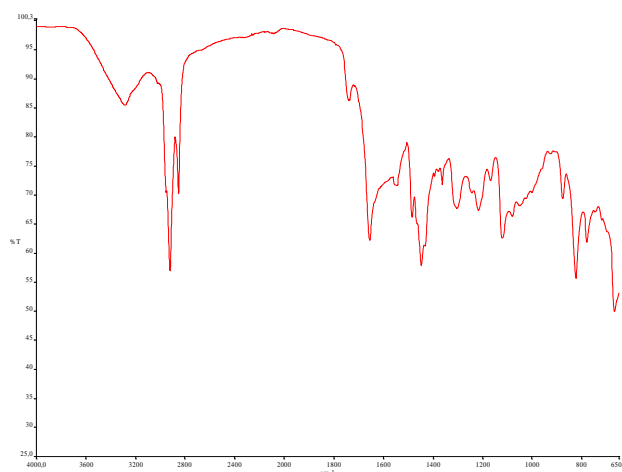
En el espectro de la muestra líquida inicial predominan las señales pertenecientes a los disolventes que lleva la mezcla. Los grupos C=O que aparecen alrededor de 1700-1720  $\text{cm}^{-1}$ , pertenecen al disolvente principal que lleva la muestra (acetona). Al secar la muestra estas bandas desaparecen.

Una vez seca la muestra, se obtiene un espectro de uno o varios polímeros que se pueden identificar como pertenecientes a la familia de los poliésteres (acrilatos, esteracrilicos...), como indican las bandas propias de grupos C=O que aparecen alrededor de 1730  $\text{cm}^{-1}$ , junto con las señales que aparecen en la zona de 1200-1250  $\text{cm}^{-1}$ , aunque es difícil identificar de que compuesto/s se trataría.

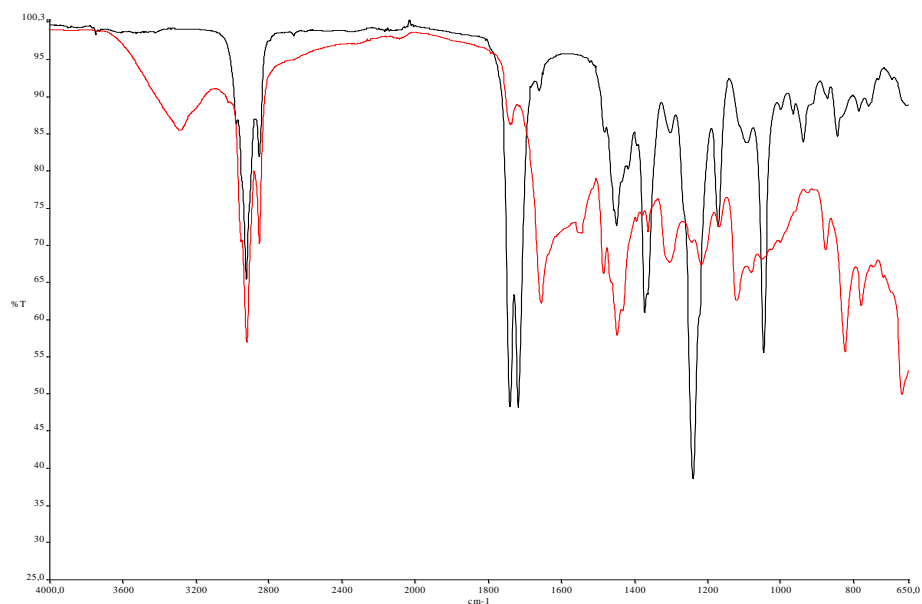
#### ADHESIVO 4 (contacto)



Muestra inicial



Muestra seca

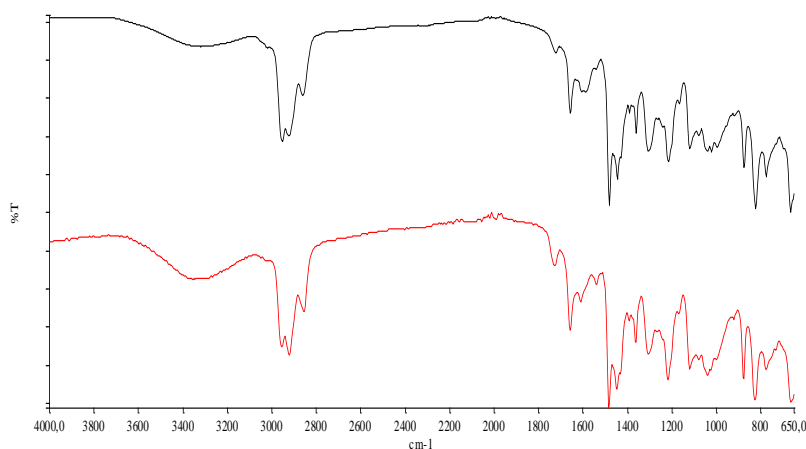


Si comparamos ambos espectros podemos detectar la presencia de bandas propias de diferentes familias químicas, pertenecientes al disolvente utilizado y/o al adhesivo propiamente dicho.

En el espectro de la muestra líquida inicial predominan las señales pertenecientes a los disolventes que lleva la mezcla.

Los grupos C=O que aparecen alrededor de  $1700-1750\text{ cm}^{-1}$ , junto con la señal a  $1240\text{ cm}^{-1}$  pertenecen a los disolventes que lleva la muestra (tipo acetato y/o cetona). Al secar la muestra estas bandas desaparecen

Una vez seca la muestra, se obtiene un espectro que se identifica claramente con los polímeros de la familia del policloro-isopreno



- Muestra seca

- Policloro-isopreno

## 2.2. Caracterización de los materiales aplicados en los sistemas de unión del sector del mueble

La caracterización de los diferentes materiales utilizados como soportes para la aplicación de los adhesivos desarrollados y que son habituales en el sector del mueble, se ha centrado fundamentalmente en los siguientes parámetros y propiedades:

### *Tableros derivados de la madera.*

De toda la variedad de tableros derivados de la madera que son frecuentes en el proceso de fabricación del sector del mueble, son los tableros contrachapados los que posiblemente sean de mayor aplicación en el mueble tapizado y en el revestimiento decorativo de paredes y superficies. El hecho de que este tipo de tablero pueda conformarse con resistencias mecánicas apropiadas y densidades relativamente bajas en comparación con otro tipo de tableros, los convierte en un soporte estructural idóneo para fabricar elementos de asiento que sean manejables por su bajo peso y de suficiente resistencia y flexibilidad, propiedades que resultan imprescindibles en ciertos diseños.

Así mismo, no sólo la posibilidad de obtener tableros con bajo peso por unidad de superficie, sino la de mejorar su comportamiento frente a factores externos ambientales desfavorables de humedad relativa o de mejora de resistencia al fuego, hace que los tableros contrachapados sean una alternativa muy viable para conformar paneles decorativos en el revestimiento de paredes y otros elementos en la decoración de interiores. Las características valoradas fueron la densidad y absorción superficial.



**Figura 3. Tablero contrachapado**

La medida de la densidad se lleva a cabo determinando la relación entre la masa y el volumen de diferentes probetas extraídas del tablero, de manera que éstas queden situadas uniformemente repartidas en su superficie. Las probetas son de forma cuadrada de 50mm de lado y el parámetro de densidad  $\rho$  de cada probeta (en  $\text{kg/m}^3$ ) se calcula mediante la fórmula:

$$\rho = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \times 10^6$$

donde  $m$  es la masa de la probeta en gramos y  $b_1$ ,  $b_2$  y  $t$  son las dimensiones en mm. La densidad del tablero se obtiene calculando la media aritmética de la densidad de

las probetas ensayadas, expresada en  $\text{kg/m}^3$ , con aproximación de tres cifras significativas.

La medida de la densidad, da idea del peso por unidad de volumen del soporte de tablero contrachapado y su valor, va a depender principalmente del número de chapas que conforman el tablero, de su espesor y de la especie de madera considerada. Generalmente el espesor de chapa aplicado oscila entre 0,8mm y 2,0mm y estas chapas se alternan de manera uniforme y simétrica, con la dirección de sus fibras perpendiculares entre sí, hasta conformar el espesor total del tablero. También es habitual combinar dos espesores, respetando siempre la simetría del tablero para mantener la estabilidad dimensional y evitar curvaturas y alabeos que son muy críticos en los elementos de revestimiento superficial, especialmente, si se producen variaciones significativas en las condiciones de humedad y temperatura del ambiente en el que están ubicados.

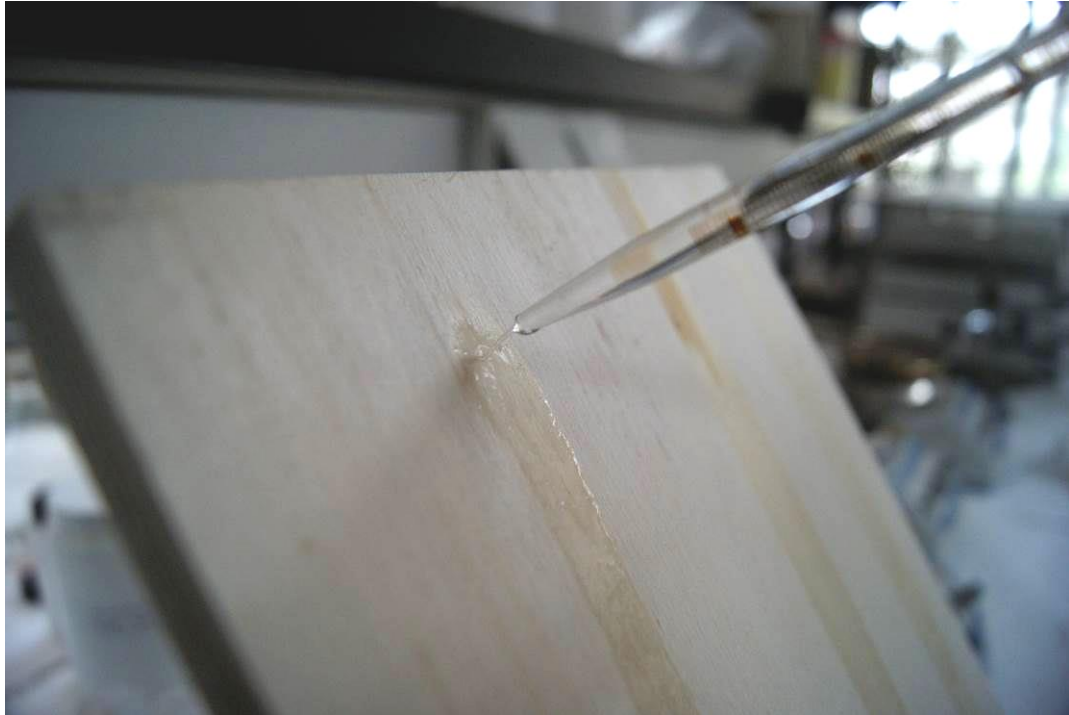
Respecto al tipo de especie de madera aplicada, suele utilizarse especies de madera de baja densidad, obtenidas por desenrollo del tronco, dado que el aspecto estético de la madera no tiene especial relevancia por estar revestidos con laminados decorativos, con chapas de madera de especies naturales nobles de menor espesor o por otro tipo de recubrimientos.

La medida de la absorción superficial, da una idea de la capacidad de absorción de la superficie. Esta propiedad resulta básica no sólo en los procesos de acabado sino también en los de encolado. Una forma de determinar la absorción superficial de los tableros, consiste en situar a  $30^\circ$  respecto a la vertical, una determinada probeta extraída de la muestra de tablero. En esta posición se vierte, con la ayuda de una pipeta situada perpendicularmente a la superficie del tablero, un mililitro de tolueno.



**Figura 4. Medida de la absorción superficial**

Inmediatamente después, la probeta se sitúa horizontalmente y se mide la longitud de la marca producida por el disolvente. Cuanto mayor es la longitud de la huella, menor es la absorción de la muestra.



**Figura 5. Disposición de la pipeta para evaluar la absorción superficial.**

La absorción de la superficie del tablero ha de tenerse en cuenta en la formulación de cualquier adhesivo, ya que una elevada capacidad de absorción, puede provocar el empobrecimiento de la junta encolada si el adhesivo aplicado sobre la superficie del soporte penetra excesivamente.

Por el contrario, si no se produce un mínimo anclaje del adhesivo en la superficie del soporte, puede desencadenar una falta de adherencia con el uso a corto y medio plazo.

Generalmente, este proceso de anclaje físico resulta crítico en los adhesivos en base agua, ya que en el proceso de formación del polímero adhesivo debe llevarse a cabo con un anclaje suficiente al soporte.

Si bien en los adhesivos termofusibles el contenido en sólidos es del 100% (el polímero no va disperso en un vehículo que se pierde tras el curado de la junta), éste también requiere una superficie en la que adherirse fácilmente, ya que el proceso de enfriado y posterior curado del adhesivo termofusible de poliuretano reactivo, se realiza en un tiempo relativamente corto, considerando además, que la propia humedad del tablero puede favorecer su reticulación posterior.

Para el proyecto se ha caracterizado un tablero contrachapado formado de siete chapas, tres de dos milímetros y cuatro de 0,8mm cuyos valores de densidad y absorción superficial se indican en la siguiente tabla:

**Valores de densidad y de absorción superficial de cada una de las probetas extraídas del tablero contrachapado 7 chapas:**

Número de probeta	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Absorción superficial (mm)
Probeta 1	446	316
Probeta 2	460	408
Probeta 3	452	378
Probeta 4	446	-
Probeta 5	453	-
Probeta 6	437	-
Valor medio	<b>449</b>	<b>367</b>
Desviación estándar	8,1	47

La densidad obtenida está dentro de los valores bajos esperados en comparación con las densidades habituales obtenidas en tableros aglomerados de partículas, en torno a 625 kg/m<sup>3</sup> y los tableros de fibras de densidad media, del orden de 700 kg/m<sup>3</sup>. Respecto a la absorción superficial, se obtiene mayor dispersión de resultados, lógicamente, porque la chapa de madera presenta diferente porosidad según sus peculiaridades anatómicas, el corte y el lijado de las caras. No obstante, los valores de absorción pueden permitir la adecuada adherencia del adhesivo tal y como podrá comprobarse en las pruebas de cizalladura aplicadas en juntas encoladas tablero/tablero con este tipo de adhesivos termofusibles de poliuretano reactivos.

*Materiales poliméricos celulares flexibles aplicados como rellenos o soporte textil.*

El uso de los materiales poliméricos celulares flexibles o como normalmente se nombran, espumas, son muy habituales en el subsector del mueble de asiento y de descanso como material de relleno. Las espumas pueden obtenerse de diferentes polímeros, siendo los más habituales, las espumas de poliuretanos tipo polieter y las espumas de látex. El proceso de fabricación de una espuma de poliuretano, el cual consiste básicamente en la generación de aire en la propia reacción del polioliol y el isocianato, es un proceso delicado y muy exotérmico que puede llevarse a cabo conformando grandes bloques o en moldes específicos de la pieza concreta (asiento o respaldo). En el caso de las espumas de látex, se produce un proceso de vulcanizado a 100°C una vez realizada la mezcla de componentes en el propio molde, proceso habitual en la elaboración de colchones y almohadas de látex.

La composición, aditivos y las condiciones del proceso de fabricación aplicados en la síntesis de las espumas de poliuretano flexible, dan una amplia gama de posibilidades, con objeto de que puedan adecuarse al uso, en propiedades de densidad, dureza o resiliencia, características que han de ser tenidas en cuenta a la hora de asegurar un

grado de confort adecuado y una durabilidad mínima en cualquier producto de asiento o de descanso.



**Figura 6. Materiales poliméricos celulares flexibles.**

En el proyecto se han escogido materiales poliméricos de las siguientes características con la finalidad de evaluar las distintas propiedades en la aplicación de los adhesivos termofusibles de poliuretano reactivos desarrollados:

<b>Tipo de espuma</b>	<b>Características</b>
Espuma flexible de polieter conductora con aditivo antiestático	Densidad 15 kg/m <sup>3</sup> y 2,65kPa de esfuerzo de compresión al 40%
Espuma flexible de polieter ignífuga	Densidad de 45 kg/m <sup>3</sup> Crib/fuente 5 según norma BS 5852
Espuma flexible de látex de 1cm de espesor	Densidad de 70 kg/m <sup>3</sup>

#### *Materiales textiles.*

Sin duda las cubiertas textiles constituyen un componente esencial en el mueble tapizado de asiento y descanso, no sólo por la influencia en el aspecto y la estética del producto final, sino porque sus prestaciones y características funcionales influyen en el comportamiento y durabilidad del producto, dependiendo de este material en gran medida, ciertas propiedades de uso y durabilidad que son críticas en este tipo de mobiliario.

En los últimos años, el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos en la elaboración de los materiales textiles, ha permitido que éstos experimenten un grado de innovación muy elevado, creando tejidos técnicos muy específicos para ciertas aplicaciones, que han permitido una gran versatilidad en las prestaciones de los productos que los aplican. Estas prestaciones no sólo implican la mejora del grado de confort para el usuario final, sino además, influyen en aspectos de seguridad y durabilidad.

Para la aplicación de los adhesivos termofusibles se han considerado tres tejidos tipo, que dentro de la amplia variedad de los aplicados en el mueble de asiento, se pueden considerar representativos por su composición, estructura y propiedades.

<b>Tipo de tejido</b>	<b>Composición</b>
Tejido negro de referencia 1	100% poliéster crepe
Tejido negro de referencia 2	60% polipropileno, 29% lana, 10% viscosa y 1% fibra de carbono Antiestático
Tejido estampado de algodón/poliéster 3	50% algodón / 50% poliéster Loneta lisa estampada

El sector del mueble aplica una amplia variedad de adhesivos que posibilitan la adhesión de diferentes materiales o soportes que ya se comentaron en el entregable E3.1b sobre materiales y métodos.

## **2.3. Aplicación de adhesivos termofusibles**

Para llevar a cabo la aplicación de los adhesivos caracterizados indicados en el apartado 2 en el encolado de los materiales anteriormente señalados, se consideraron varios procesos de encolado de escala de laboratorio que a continuación detallamos:

### **2.3.1 - PISTOLA CON DEPÓSITO DE FUSIÓN PARA ADHESIVOS PUR SINTETIZADOS EN EL LABORATORIO**

Consiste en una pistola manual que aplica adhesivo fundido a la temperatura requerida dejando un cordón de adhesivo sobre la superficie.



**Figura 7. Pistola con depósito de fusión.**

Con este sistema de encolado se utilizó el adhesivo 2 (PUR 50/50) aplicando una temperatura de 180°C y posterior presión mediante pequeña prensa de platos para mejorar la extensión del adhesivo sobre la superficie en los siguientes materiales:

- Tablero contrachapado 7 chapas
- Tejido 1 y tejido 2
- Lámina de espuma de polieter de 15kg/m<sup>3</sup>
- Espuma de polieter ignífuga

Y aplicando las siguientes uniones para valorar la adherencia del adhesivo:

- Contrachapado/contrachapado (pruebas de cizalla y envejecimiento)
- Tejido/tejido (pruebas de adherencia por pelado)
- Espuma/espuma (pruebas de envejecimiento)
- Estructura contrachapado / lámina de espuma / tejido (pruebas de carga electrostática)
- Estructura en forma de asiento o culote/espuma/tejido (pruebas de inercia térmica)
- Espuma ignífuga/tejido 2 (pruebas de inflamabilidad)

### **2.3.2. - PISTOLA PARA CARTUCHOS DE PUR REACTIVOS COMERCIALES**

Esta pistola manual dispone de un sistema específico para aplicar cartuchos comerciales de adhesivo termofusible PUR reactivo, con posibilidad pulverizar el adhesivo a la temperatura indicada por el fabricante.



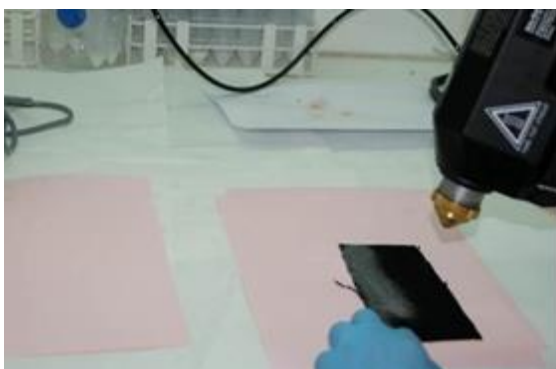
**Figura 8. Pistola para cartuchos termofusibles PUR.**

Con este sistema de encolado se aplicó el adhesivo 1 (Neotherm 3290) a una temperatura de 140°C y posterior presión mediante pequeña prensa de platos para mejorar la extensión del adhesivo sobre la superficie en los siguientes materiales:

- Tablero contrachapado 7 chapas
- Tejido 1 y tejido 2
- Lámina de espuma de polieter de 15kg/m<sup>3</sup>
- Espuma de polieter ignífuga

Conformando las siguientes uniones para valorar la adherencia y otras características funcionales:

- Contrachapado/contrachapado (pruebas de cizalla y envejecimiento)
- Tejido/tejido (pruebas de adherencia por pelado)
- Espuma/espuma (pruebas de envejecimiento)
- Estructura contrachapado/espuma/tejido (pruebas de carga electrostática)
- Espuma ignífuga/tejido 2 (pruebas de inflamabilidad)



**Figuras 9 y 10. Aplicación de adhesivos 1 y 2 sobre muestras de tejido 2.**



**Figura 11. Estructura en forma de asiento o culote sobre el que se aplica adhesivo PUR reactivo para el encolado de lámina de espuma y tejido 2**

### **2.3.3 - PLANTA APLICADORA DE ADHESIVOS TERMOFUSIBLES CON CILINDRO GRABADO CON PUNTOS**

Este sistema permitió el encolado de mayores superficies. En todos los casos se encolaron diferentes adhesivos termofusibles con espuma de látex y tejido algodón/poliéster estampado.



**Figuras 12 y 13. Planta aplicadora y cilindro grabado**

El encolado se realizó con los gramajes y condiciones siguientes:

- Gramaje de adhesivo: 15 g/m<sup>2</sup> y para el último (8) también se aplicaron pruebas con un mayor gramaje de 30-35 g/m<sup>2</sup>.
- Temperatura de aplicación: 140°C, 150°C y 165°C en adhesivo 5, 150°C y 160°C en adhesivo 2, 150°C y 170°C en adhesivo 6, 120°C en adhesivo 7 y 160°C y 170°C en adhesivo 8.
- Velocidad de encolado: 2mm/min.

Los adhesivos aplicados con este sistema de cilindro grabado fueron los siguientes:

Código	Tipo	Denominación
Adhesivo 2	PUR sintetizado	PUR 50/50
Adhesivo 5	PUR comercial	BUHNEN E2456
Adhesivo 6	PUR sintetizado + 1.5% aditivo antimicrobiano	Aditivo: Irgaguard 5000 BASF
Adhesivo 7	PUR comercial con aditivo retardante llama	NEOTHERM PU-2622 FR
Adhesivo 8	Termofusible de caucho	HM7087

#### Inflamabilidad: cigarrillo y llama

Sobre las muestras encoladas con adhesivo 2 y 7 montadas en una estructura en forma de asiento, se aplica cada una de las fuentes de ignición (cigarrillo y llama) en las condiciones establecidas en la norma **UNE EN 1021-1 y UNE EN 1021-2**. Durante y hasta el final del ensayo se anota si se produce alguna mejora del comportamiento entre la espuma tratada y no tratada comprobando en cada caso, los criterios de ignición de combustión progresiva y de inflamación.



Figura 14. Estructura de asiento

#### Eficacia antibacteriana (JIS L 1902)

Las muestras encoladas con adhesivo sintetizado 2 y 6 se componen de una capa de textil encolada con una espuma de látex. La cola 6 presenta compuestos biocidas en un porcentaje del 1,5%.

El textil se separa de la parte de espuma, ya que presenta adherida la cola en mayor medida. La parte textil se corta en probetas de forma circular de 28 mm de diámetro. Cada probeta es envuelta en papel de aluminio, se introducen en placas Petri y se esterilizan en autoclave a 120°C durante 20 minutos.

Como control se emplean discos de filtro estériles inoculados con 20 µl de una solución biocida de ProClin 150.

#### Preparación del medio de cultivo

Se prepara en diferentes Erlenmeyer 100 ml de medio TSA (Tryptona Soja Agar) que se esterilizan en autoclave a 120°C durante 15 minutos. Una vez esterilizados se equilibran en un baño de agua a 45°C. Posteriormente se añade un inóculo de 4,3x10<sup>8</sup> ufc/ml de la cepa ATCC 13388 de la bacteria Gram-negativa Pseudomonas aeruginosa preparada previamente. Se agita vigorosamente y se vierte en placas Petri estériles. Se dejan a temperatura ambiente para que el medio gelifique. Una vez

preparadas se les da la vuelta, se abren un poco y se dejan secar en el interior de la cámara de flujo para eliminar el exceso de agua condensada.

#### *Colocación de las probetas de ensayo*

Mediante unas pinzas metálicas esterilizadas en llama, las probetas de ensayo estériles se colocan en el centro de los medios de cultivo inoculados. Se asegura de que toda la probeta quede bien adherida al medio de cultivo. Parte de las probetas se ponen en contacto con el medio inoculado por la parte donde está presente la cola (cara inferior), el resto de probetas se ponen en contacto por la parte contraria (cara superior). El objetivo es evaluar si existen diferencias de comportamiento entre las dos caras de las probetas.

#### *Tiempo de incubación*

El conjunto de las placas Petri se incuban boca abajo a 37°C entre 24-48h

#### *Control actividad bacteriana*

Únicamente el ensayo queda validado si tras el período de incubación se observa crecimiento bacteriano. Cuando el período de incubación finaliza se miden los valores T y D que se toman del halo de inhibición que se crea alrededor de la probeta de ensayo. Se obtiene el valor W que permite la comparación entre muestras biocidas.

W: ancho del halo (mm)

T: suma de la longitud de la probeta y del ancho del halo (mm)

D: Longitud de la probeta de ensayo (mm)

$$W = (T - D) / 2$$

La evaluación de la presencia o no de halos alrededor de las probetas de ensayo se lleva a cabo según la siguiente tabla:

<b>Resultado del ensayo</b>	<b>Presencia de halo</b>
Cuando la media del ancho de los halos > 0	Presencia
Cuando la media del ancho de los halos = 0	Ausencia

Así mismo, con las muestras encoladas se validan los valores de emisiones COV's en paquete de trabajo 4 como criterio de seguridad, así como las características de permeabilidad al aire y conductividad térmica en el mismo paquete como prestación técnica.

## **2.4. Caracterización en propiedades de inflamabilidad y eficacia antibacteriana**

Se describen a continuación los ensayos y características de las muestras ensayadas en cada uno de los casos.

Característica (Norma):	<b>Inflamabilidad.</b> Fuente de ignición: Cigarrillo (UNE-EN 1021-1:2015) y cerilla (UNE-EN 1021-1:2015)		
Junta tejido 3/espuma látex	Fuente	Cigarrillo	Cerilla
	Adhesivo 2 (sintetizado)	No ignición	Ignición
	Adhesivo 7 (comercial)	No ignición	Ignición
Junta tejido 2/espuma ignífuga	Adhesivo 1 (comercial)	No ignición	No ignición
	Adhesivo 2 (sintetizado)	No ignición	No ignición



a)



b)

**Figuras 21 y 22. Muestra sometida a prueba de inflamabilidad con cigarrillo a) y cerilla b).**



**Figura 23. Aplicación de la llama (cerilla) en la estructura de asiento (tejido 2/espuma ignífuga)**

Característica (Norma):	<b>Eficacia antibacteriana. JIS L 1902</b>
Junta tejido 3/espuma látex	A continuación, se muestran los resultados y las imágenes tomadas de cada una de las probetas ensayadas: Adhesivos 2 (sintetizado) y 6 (sintetizado con aditivo). Se diferencia entre las probetas que quedan en contacto con el medio por la cara inferior y por la superior del textil sometido a encolado.

Muestra	Textil con adhesivo 2 (cara inferior)
Bacteria empleada en el ensayo	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 13388
Concentración bacteriana	$4,3 \times 10^6$
W (cm)	-
Presencia de halos	Ausencia

Muestra	Textil con adhesivo 2 (cara superior)
Bacteria empleada en el ensayo	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 13388
Concentración bacteriana	$4,3 \times 10^6$
W (cm)	-
Presencia de halos	Ausencia

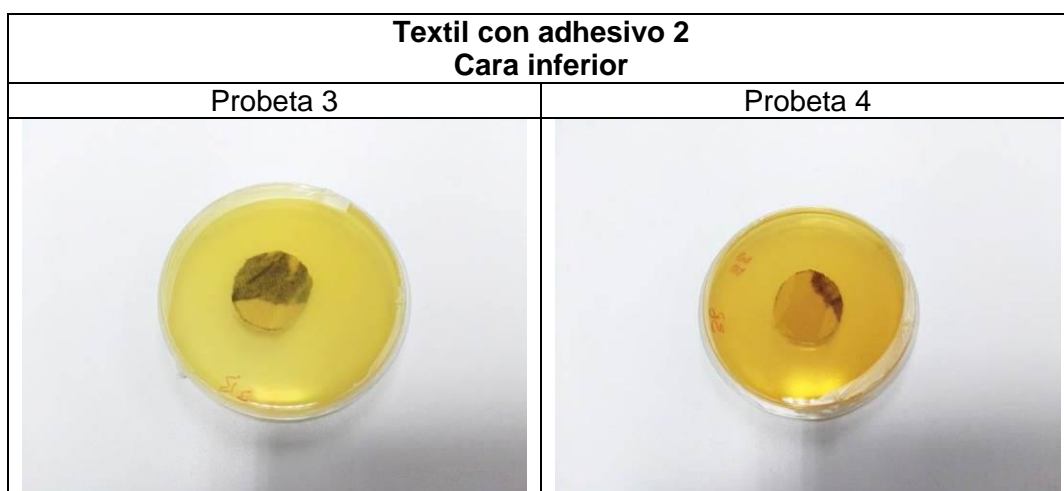
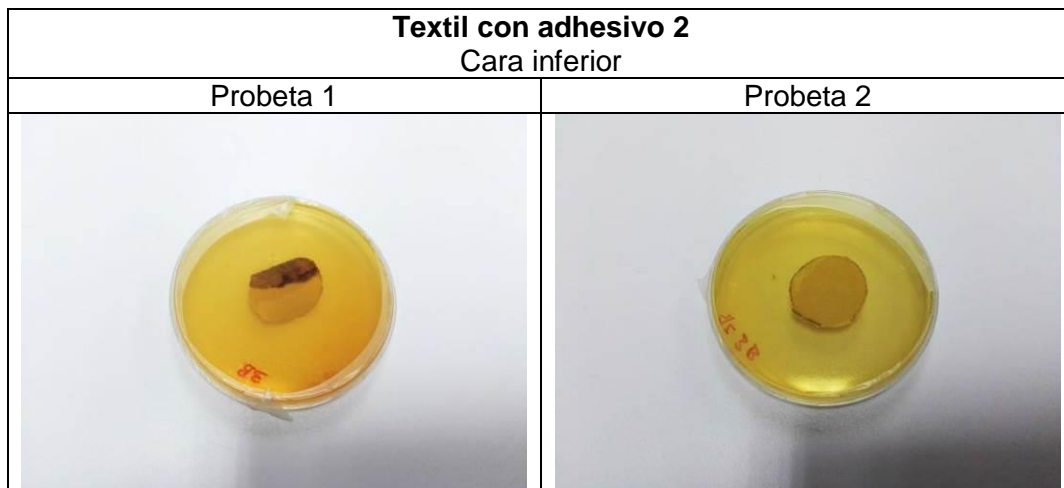
Muestra	Textil con adhesivo 6 (cara inferior)
Bacteria empleada en el ensayo	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 13388
Concentración bacteriana	$4,3 \times 10^6$
W (cm)	-
Presencia de halos	Ausencia

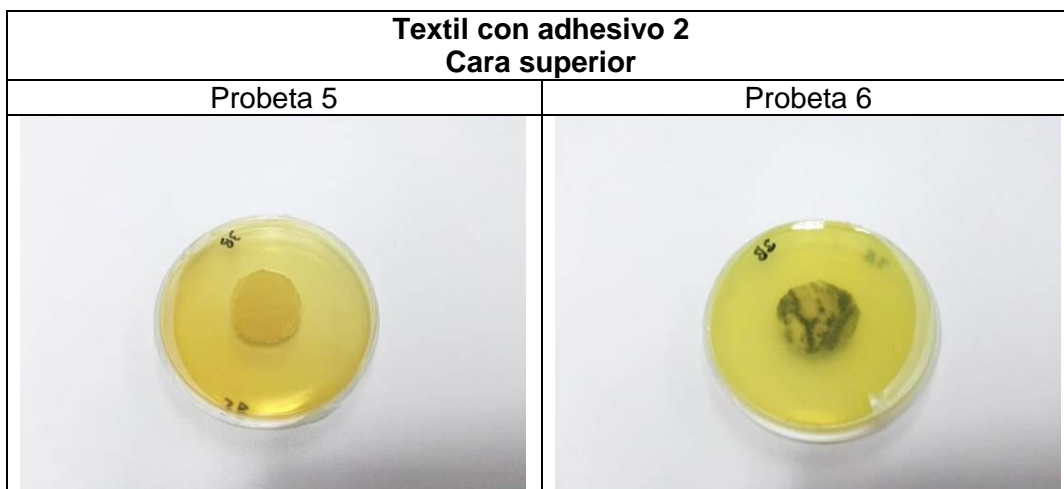
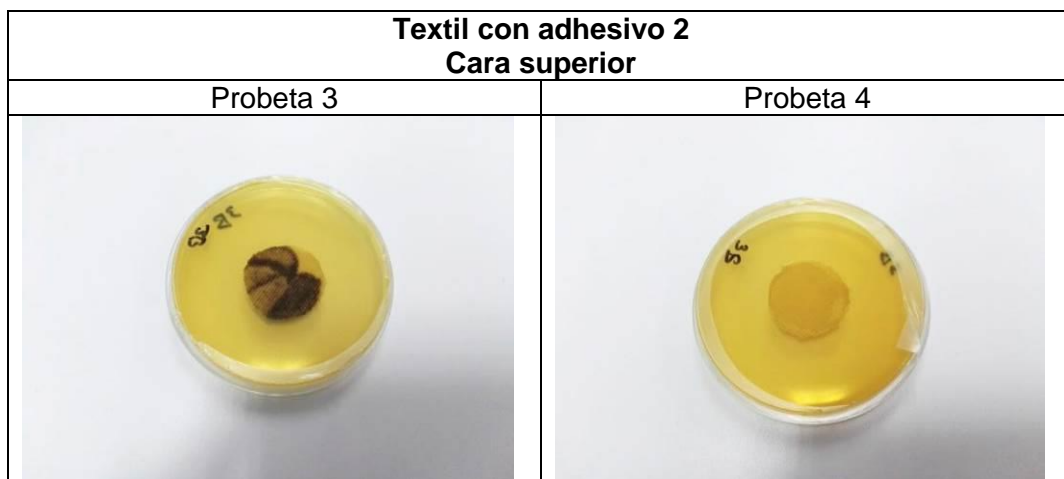
Muestra	Textil con adhesivo 6 (cara superior)
Bacteria empleada en el ensayo	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 13388
Concentración bacteriana	$4,3 \times 10^6$
W (cm)	-
Presencia de halos	Ausencia

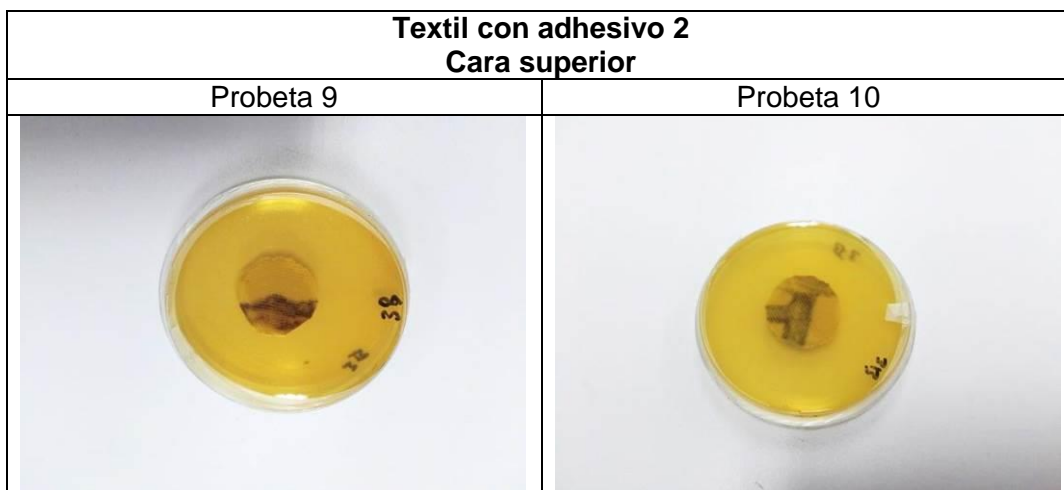
Muestra	Control positivo (PROCLIN 150)
Bacteria empleada en el ensayo	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 13388
Concentración bacteriana	$4,3 \times 10^6$
Media ancho de los halos (cm)	1,64
Presencia de halos	Presencia

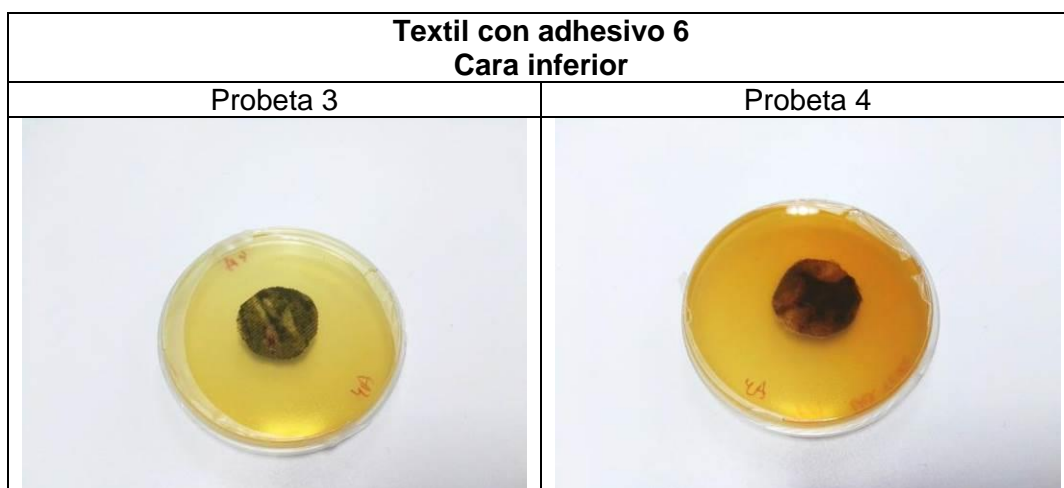
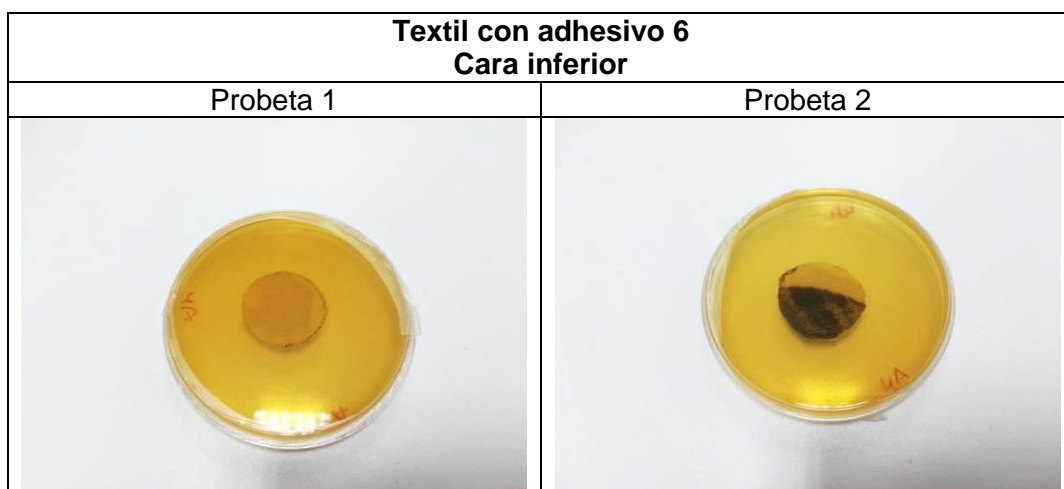
La ausencia de halos de inhibición muestra que los dos textiles ensayados no presentan eficacia biocida frente a la bacteria Gram-negativa *Pseudomonas*

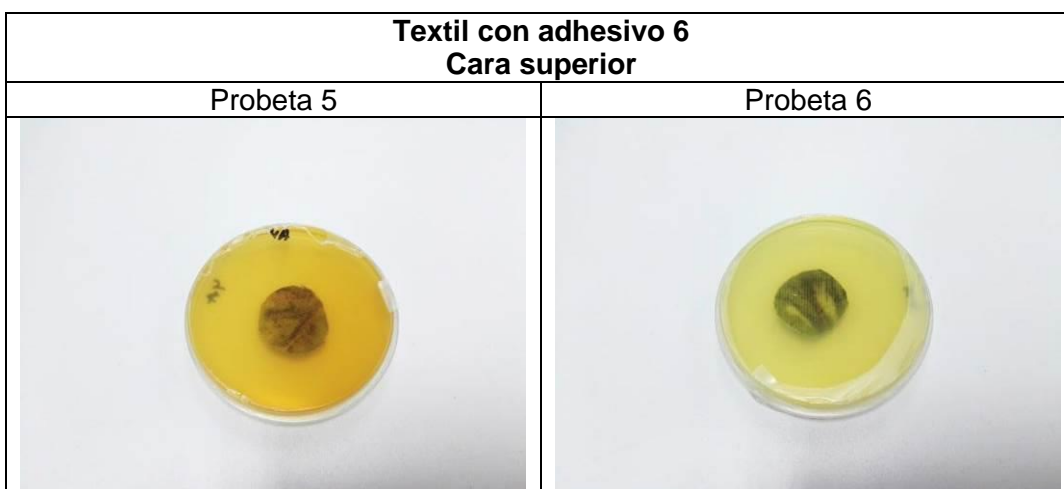
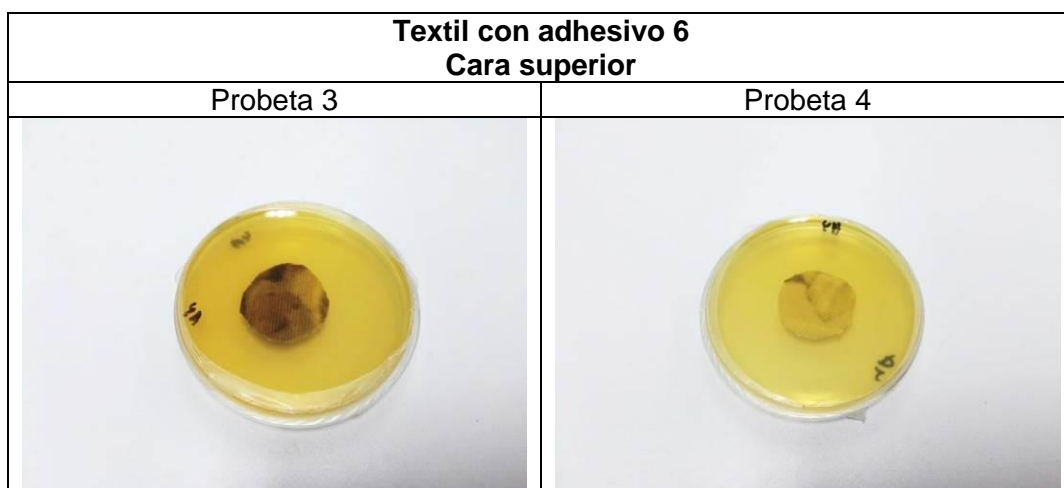
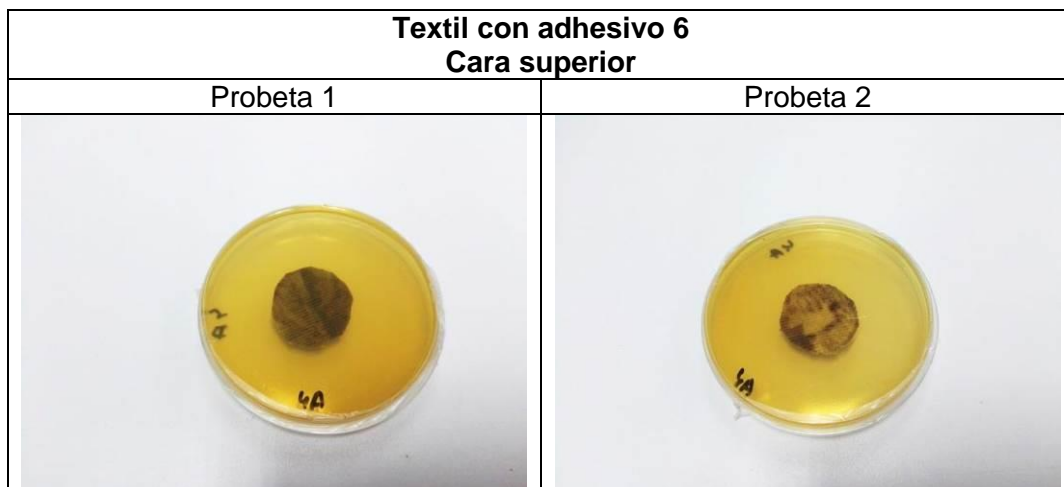
aeruginosa. Por tanto tampoco se observan diferencias entre las probetas en contacto con el medio inoculado por su cara inferior y superior.

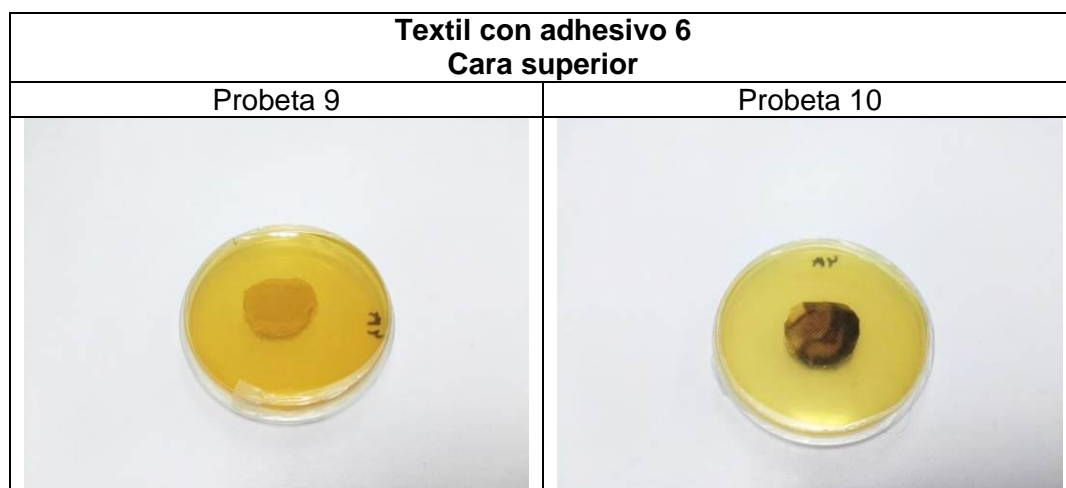
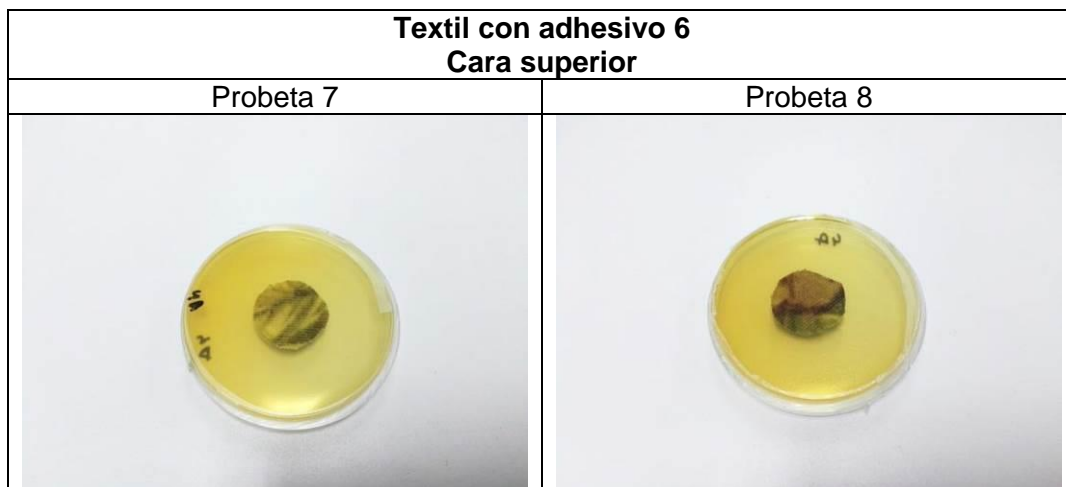




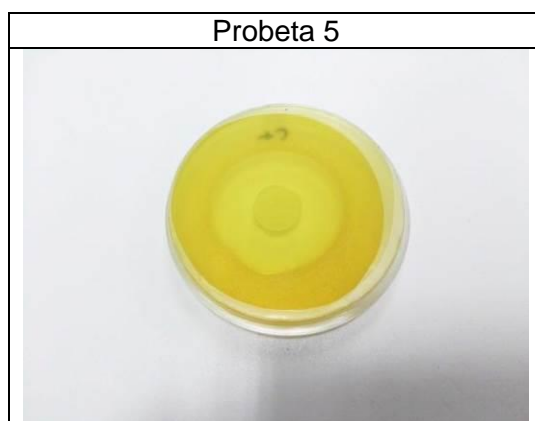
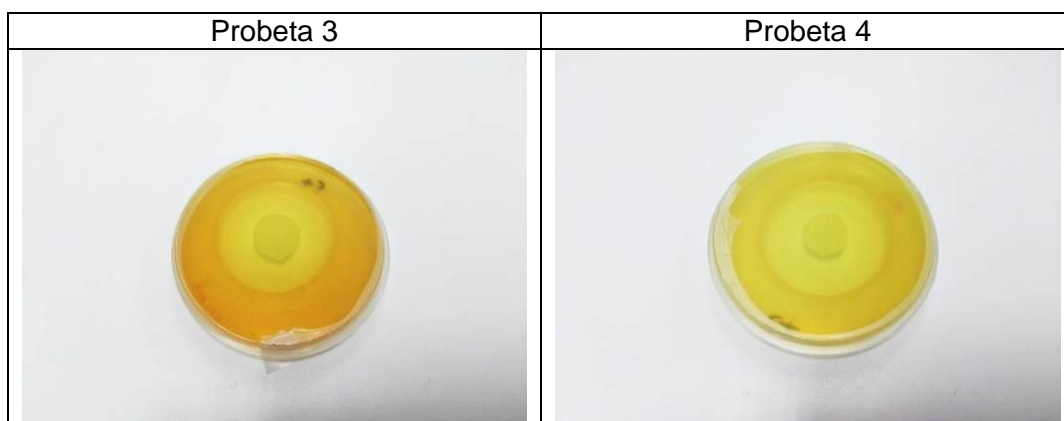
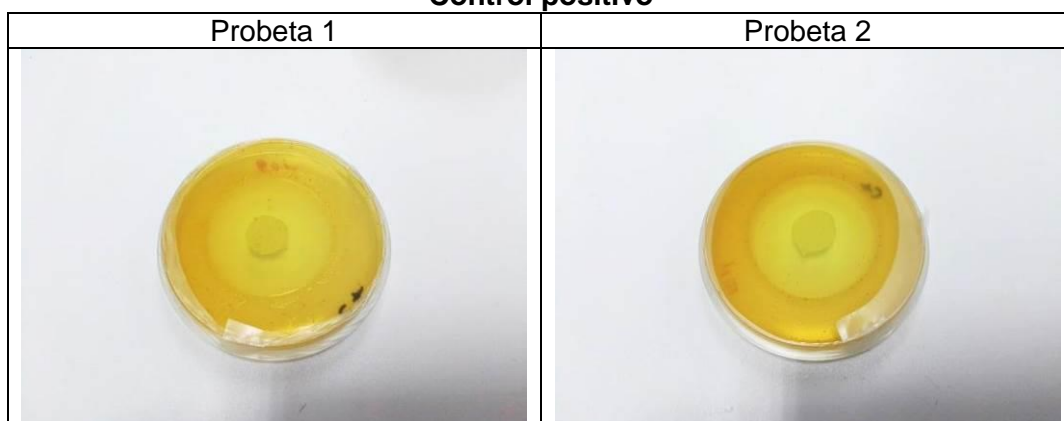






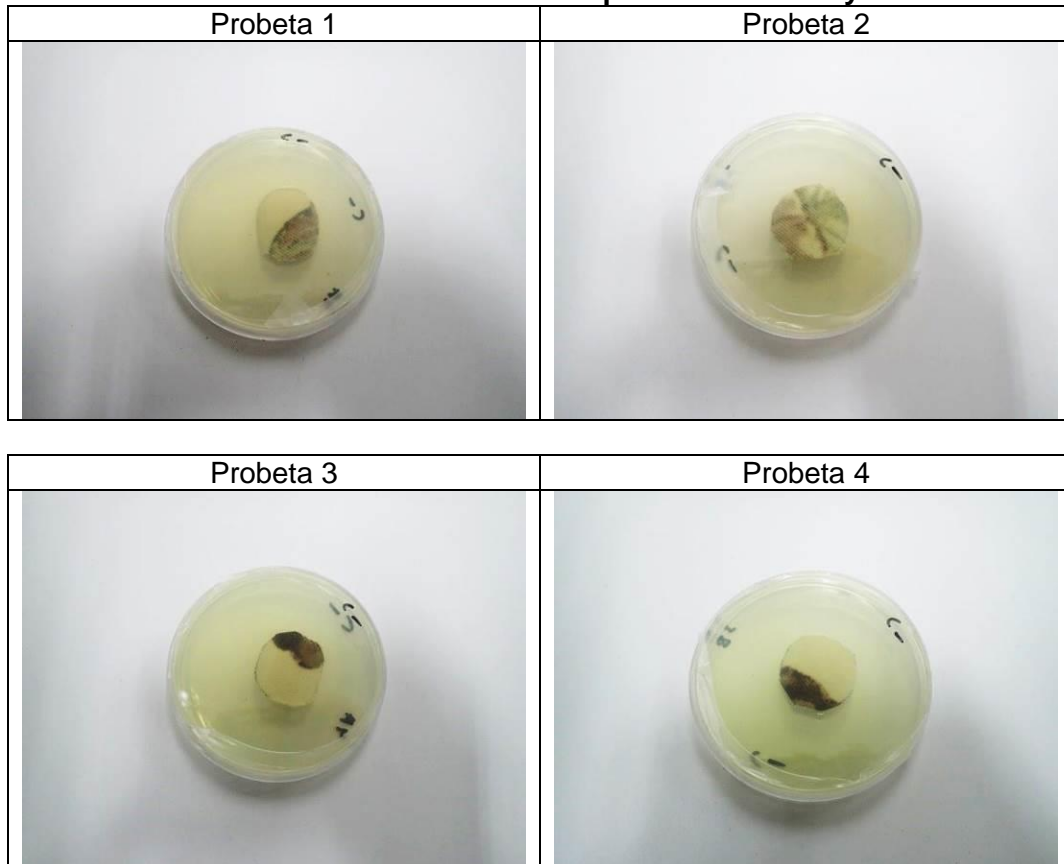


**Control positivo**



Se realiza un control de esterilización de las probetas a través de su incubación en medio de cultivo TSA sin inocular. El resultado es negativo por lo que se considera que las probetas de ensayo se encuentran en correctas condiciones de esterilidad.

#### Control de esterilidad de las probetas de ensayo



## 2.5. Conclusiones parciales. Aplicación y caracterización de nuevos adhesivos en sector mueble

Si bien la incorporación de aditivos funcionales a estos adhesivos es adecuada y viable, las pruebas realizadas de inflamabilidad y eficiencia bacteriana no dan diferencias significativas de comportamiento. Los resultados obtenidos en estructuras adhesivadas con aditivos resistentes a la llama y antibacterianos no han mostrado mejoras sustanciales en el comportamiento de los materiales, por lo que posiblemente la influencia de los materiales per se en tales propiedades, sea en ciertos casos relevante.

Es de destacar que el comportamiento frente a la resistencia al cigarrillo, tanto en las muestras con adhesivo tratado o no tratado frente al fuego, el resultado es bueno, mientras los resultados de ambos tipos de muestras cuando el ensayo se hace más agresivo, utilizando una llama como fuente del fuego, el resultado es de no resistencia.

Considerando el comportamiento frente a los microorganismos, los tejidos adheridos con adhesivo tratado o no tratado frente a estos agentes, presentan crecimiento microbiano, independientemente de su tratamiento.

Esto pone de manifiesto que el adhesivo tiene una mucha menor influencia en el comportamiento frente al fuego y frente a microorganismos que los propios materiales, ya que estos se encuentran mucho más cerca del agente agresor.

En todo caso, se podría continuar estudiando en el futuro, nuevos aditivo o mayores concentraciones, ya que se ha partido de porcentajes relativamente bajos de estos aditivos para no ocultar otras prestaciones de los adhesivos.

## 3. UNIONES EN MATERIALES DEL SECTOR CALZADO

### 3.1. Condiciones de aplicación

A partir de los adhesivos desarrollados en el PT2, en INESCOP se han llevado a cabo las correspondientes pruebas de aplicación de nuevos adhesivos reformulados. Además, se han empleado técnicas de caracterización de las uniones obtenidas. Se trata de ensayos de laboratorio que analizan las propiedades mecánicas y funcionales, tales como:

- Resistencia al pelado en T. UNE-EN 1392:2007.
- Retardancia de llama. UNE EN 15090.
- Efecto antiestático. ISO 20344.
- Actividad antibacteriana. ISO 16187.

Respecto al método de unión de materiales para la fabricación de calzado con adhesivos hot melt es necesario tener en cuenta la previa optimización de algunos parámetros para obtener unos resultados adecuados, que cumplan con los requisitos de calidad establecidos. Concretamente, se han estudiado las siguientes variables:

- Sistema de aplicación. Se ha empleado una pistola con depósito y mangueras calefactadas, por la necesidad de fundir el adhesivo previo a su aplicación.
- Cantidad de adhesivo. Además de afectar al precio final de la unión, una mayor cantidad de adhesivo podría afectar a la velocidad de curado. Estudios previos al proyecto optimizaron la cantidad de adhesivo.
- Temperatura de reactivación. La fluidez del adhesivo depende de la temperatura, por lo que se consideró analizar la necesidad de reactivación. Estudios previos al proyecto optimizaron la temperatura de reactivación de adhesivo.
- Efecto de la Humedad Relativa en el curado. La velocidad del curado de los adhesivos depende notablemente de la humedad ambiental, por lo que se analizó la influencia de las condiciones de humedad elevada (70°C y 95% HR) y la inmersión en agua durante 8 horas, para evaluar la estabilidad de los adhesivos en condiciones adversas.
- Naturaleza de los materiales de piso. La versatilidad de los adhesivos es otro factor importante a tener en cuenta por lo que se emplearon varios materiales de piso de referencia.

### 3.2. Resistencia al pelado en T

Para evaluar las propiedades adhesivas de los adhesivos HMPUR se realizaron ensayos de pelado en T en materiales de referencia, de formulación controlada, como por ejemplo uniones serraje/caucho SBR, TR, PVC, cuero o TPU. En la etapa previa a

la formación de las uniones, se aplicó el tratamiento superficial correspondiente a cada material. Por ejemplo, el serraje fue lijado y el caucho SBR lijado y posteriormente halogenado utilizando una disolución al 3% de ácido tricloroisocianúrico (ATIC) en acetato de etilo. El adhesivo se aplicó mediante una pistola manual de hot melt a 150-180°C, reactivándose a continuación mediante radiación infrarroja a 80°C y las uniones fueron prensadas a 6 kg/cm<sup>2</sup> durante 10 segundos. El pelado en T a 180° se llevó a cabo transcurridos, por ejemplo, 5 minutos, 24, 72 h y 1 semana desde la formación de las uniones adhesivas en condiciones standard de laboratorio (25°C y 50%HR).



Figura 1. Etapas en la formación de uniones adhesivas en calzado.

### Condiciones de pegado:

#### Con/sin tratamiento superficial convencional

Aplicación de adhesivo SOLO material de piso

Tiempo secado adhesivo: 10 minutos

Reactivación 80°C (ser reactivan las dos superficies)

Presión 1,8 bar 10seg.

Congelador 5 min a -20°C → despegue inmediato

Curado del adhesivo en Lab Físico 23°C/50% Hr → despegues a 72h, 1 semana, TT

Para evaluar la aptitud al pegado de los materiales utilizados en la fabricación de calzado, así como la afinidad de un adhesivo a dichos materiales, se realizan ensayos de pelado según la norma UNE EN 1392, dependiendo de las exigencias durante el servicio de las uniones. La resistencia de la unión y la forma en que tiene lugar la separación (aspecto) son los parámetros sobre los que se evalúa dicha unión.

Para llevar a cabo un ensayo de pelado son necesarias dos tiras o probetas del material a ensayar, de 100 x 30 mm, unidas entre sí mediante adhesivo. A continuación, los extremos de las probetas se sujetan a las pinzas de un dinamómetro, tal y como se indica en la Figura 2, y se pone el equipo en funcionamiento, utilizando una velocidad de separación de las mordazas de 100 mm/min.

Normalmente, para realizar el ensayo, hay que dejar reposar la unión durante 72-96 horas, para asegurarse de que el adhesivo ha curado (cristalizado o reticulado) totalmente, y para poder comparar resultados con pruebas anteriores en las mismas condiciones. Generalmente, se ensayan cinco uniones, obteniéndose la media aritmética de las fuerzas registradas, eliminando el valor máximo y el mínimo. El resultado final se expresa en N/mm.



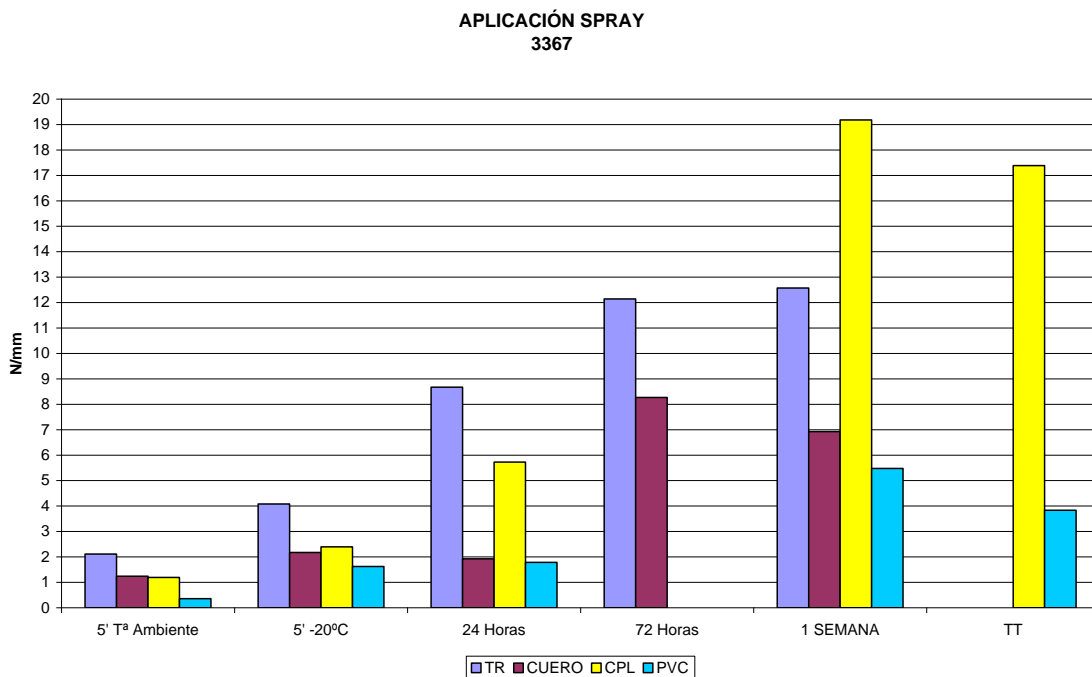
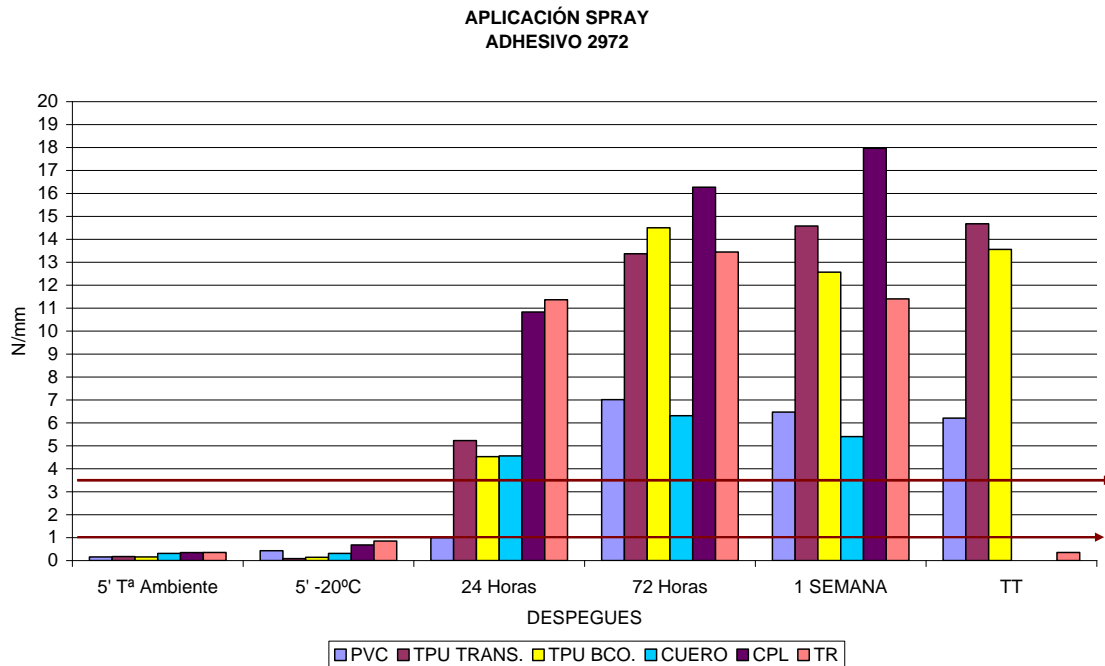
**Figura 2. Ensayo de pelado en T.**

Los requisitos técnicos establecidos para calzado se muestran en la Tabla 1, tanto para los adhesivos HMPUR comerciales como en el caso de los poliuretanos sintetizados y funcionalizados.

**Tabla 1. Requisitos de fuerza de pelado para uniones en materiales representativos de la industria del calzado.**

Requisito de exigencia para calzado	Fuerza inicial (N/mm)	Fuerza final (N/mm)
	1	3.5-5

La Figura 3 muestra los valores de fuerza de pelado obtenidos después de la formación de la unión adhesiva con adhesivos HMPUR comerciales.



**Figura 3. Fuerzas de pelado en T de uniones de los materiales de referencia empleados en la industria del calzado empleando un adhesivo comercial.**

A la vista de los resultados obtenidos se concluye que los adhesivos hot melt reactivos de poliuretano adhesivos comerciales son adecuados y representan una alternativa viable para su aplicación en el sector del calzado ya que cumplen los requisitos establecidos, tanto en valores de adhesión como en el aspecto de las superficies

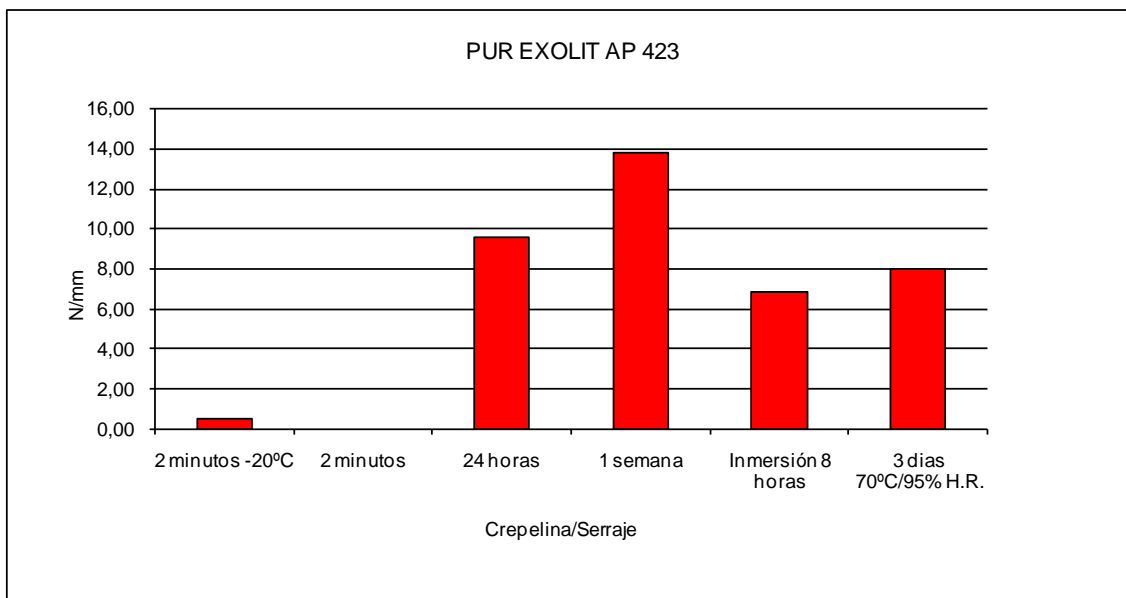
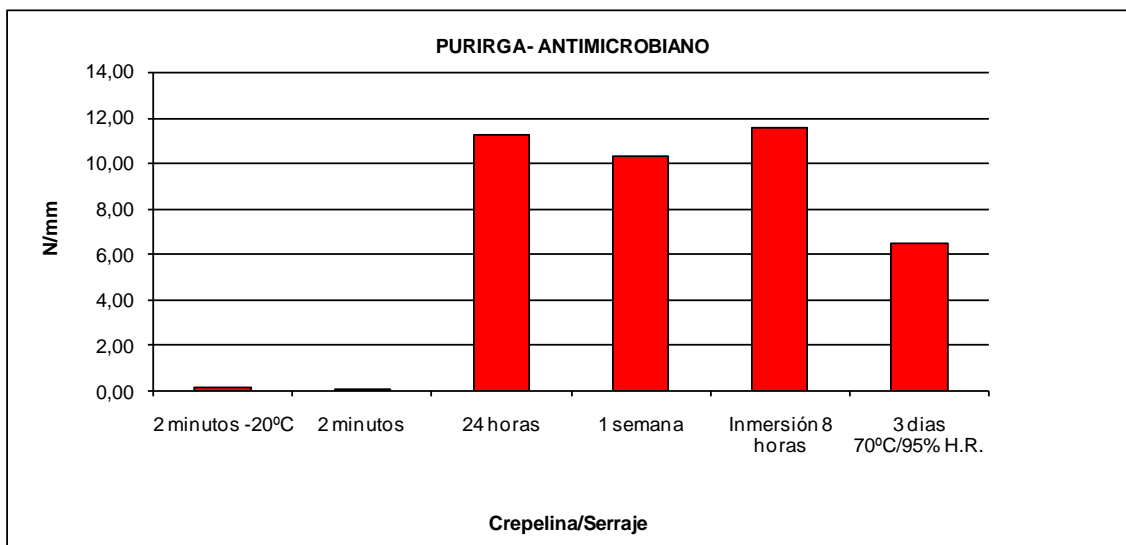
separadas; sin embargo, los valores obtenidos como adhesión inicial no son adecuados, lo que indica la necesidad de “diseñar” un adhesivo hot melt específico para calzado y sus requisitos. Por esta razón se sintetizaron adhesivos hot melt de poliuretano (FUNTEXCAL 2015) y se funcionalizaron (FUNTEXCAL 2016), cuyos resultados de propiedades adhesivas se muestran a continuación.

En cuanto a los adhesivos hot melt sintetizados y funcionalizados, se detalla a continuación su nomenclatura y composición en la Tabla 2.

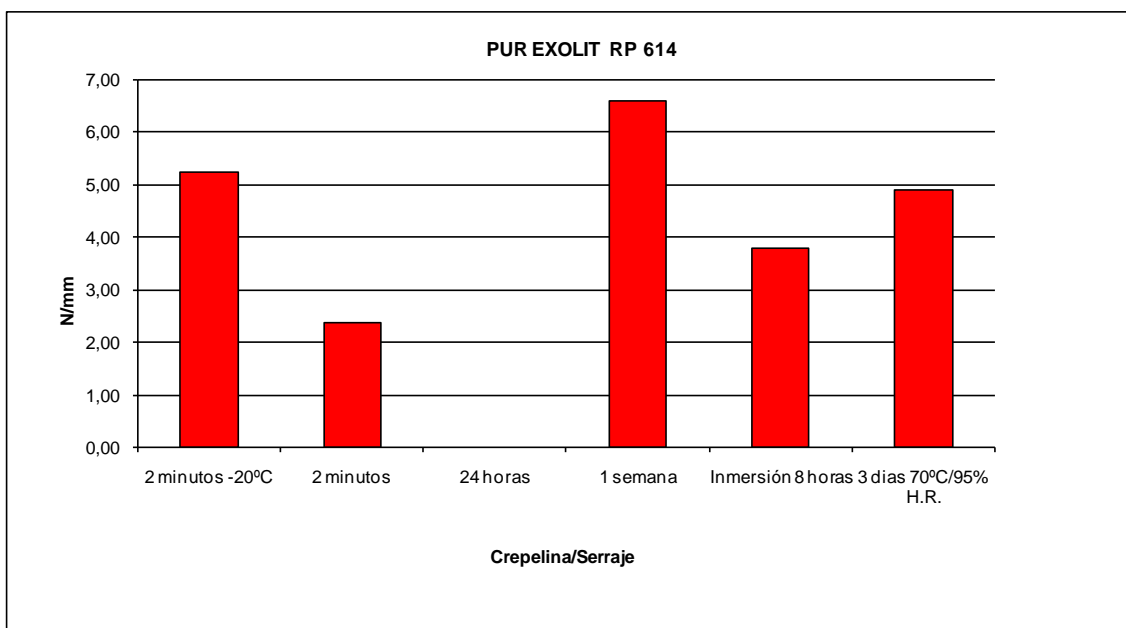
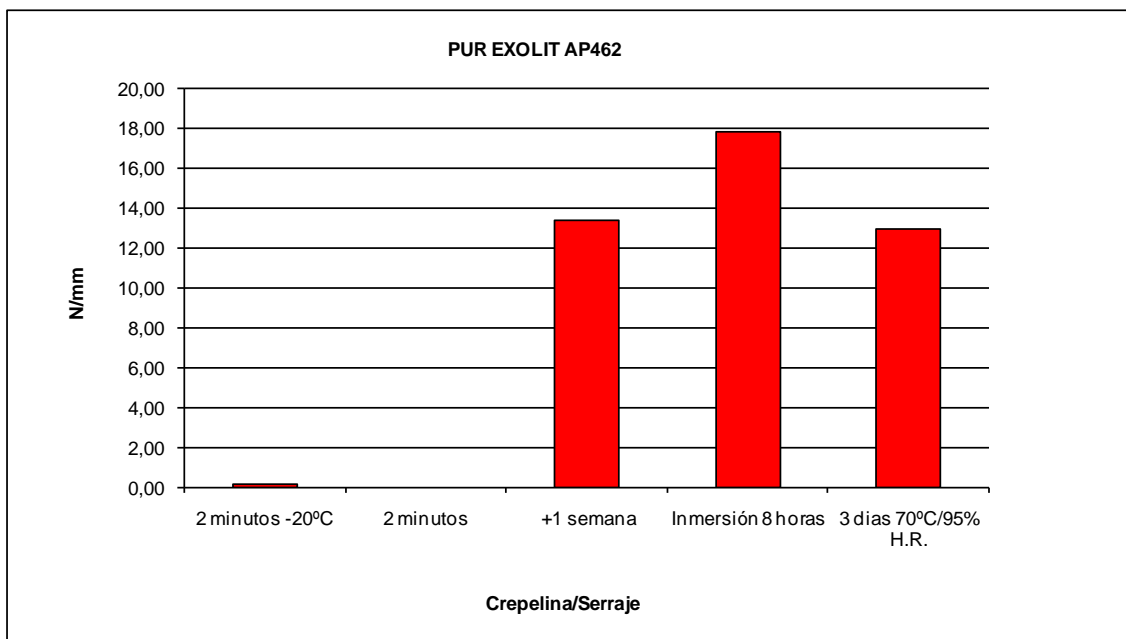
**Tabla 2. Nomenclatura y composición de los HMPUR sintetizados.**

NOMENCLATURA	EFEECTO	Aditivo funcional	Observaciones
PURBIO	ANTIBACTERIANO	Biomaster 1306	Fallo en la síntesis
PURIRGA		Irgaguard 500	OK
PURNANO	CONDUCTOR	PlasticylTPU	OK
PURFR462	RETARDANTES DE LLAMA	Exolit AP462	OK
PURFR423		ExolitAP423	OK
PURFR614		ExolitRP614	OK
PURBOND501	MEJORA	Pearlbond 501	OK
PURBOND520	ADHESIÓN	Pearlbond 520	OK
PURBOND590	INICIAL	Pearlbond 590	OK

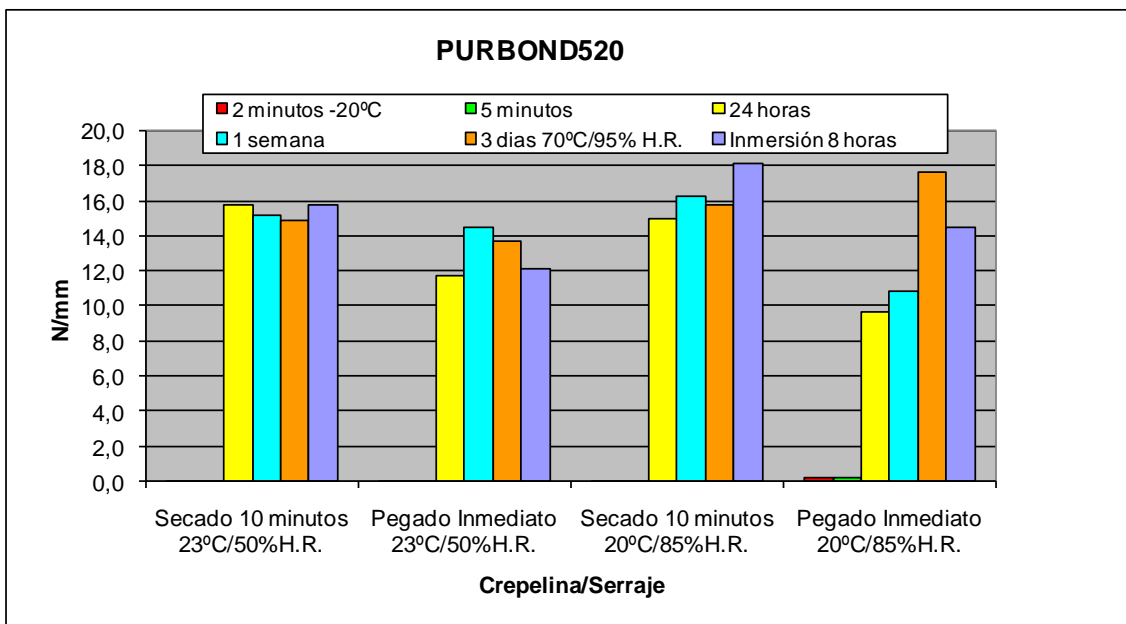
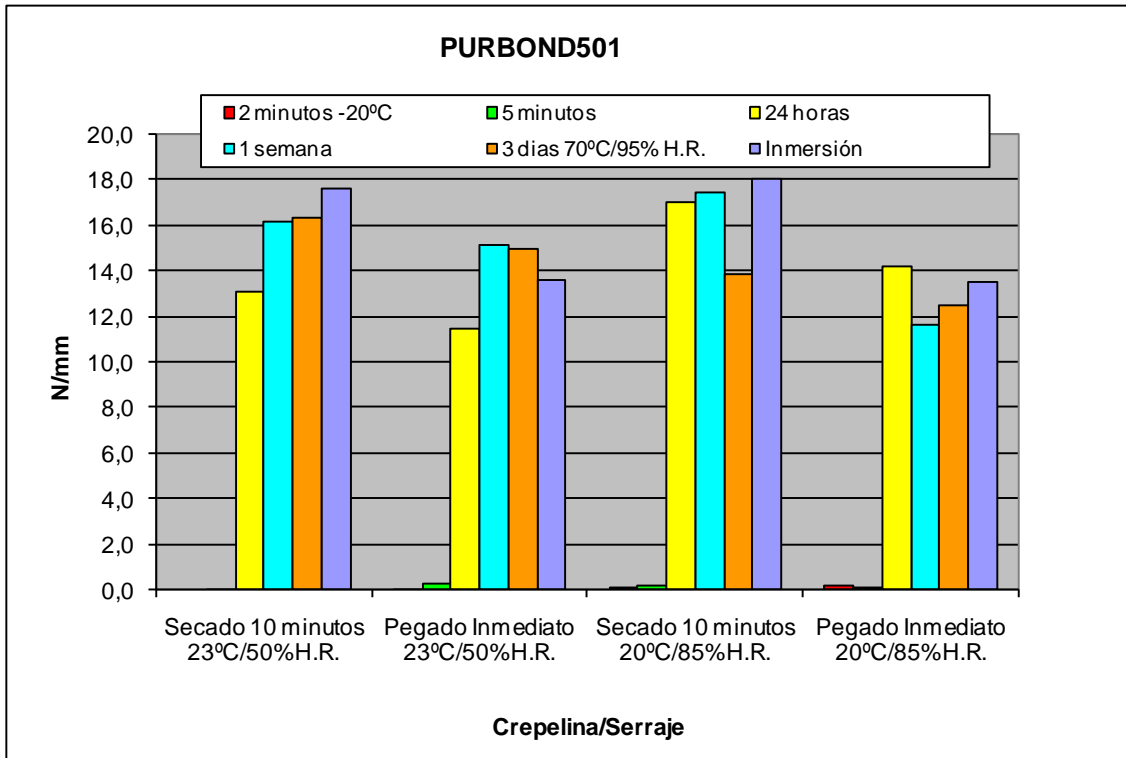
Los resultados de resistencia al pelado, resistencia a la llama, efecto antiestático y actividad antibacteriana de los adhesivos sintetizados en el proyecto se muestran en las gráficas siguientes.



**Figura 4. Fuerzas de pelado en T de uniones de los materiales de referencia empleados en la industria del calzado empleando adhesivos HMPUR sintetizados y funcionalizados.**



**Figura 5. Fuerzas de pelado en T de uniones de los materiales de referencia empleados en la industria del calzado empleando adhesivos HMPUR sintetizados y funcionalizados.**



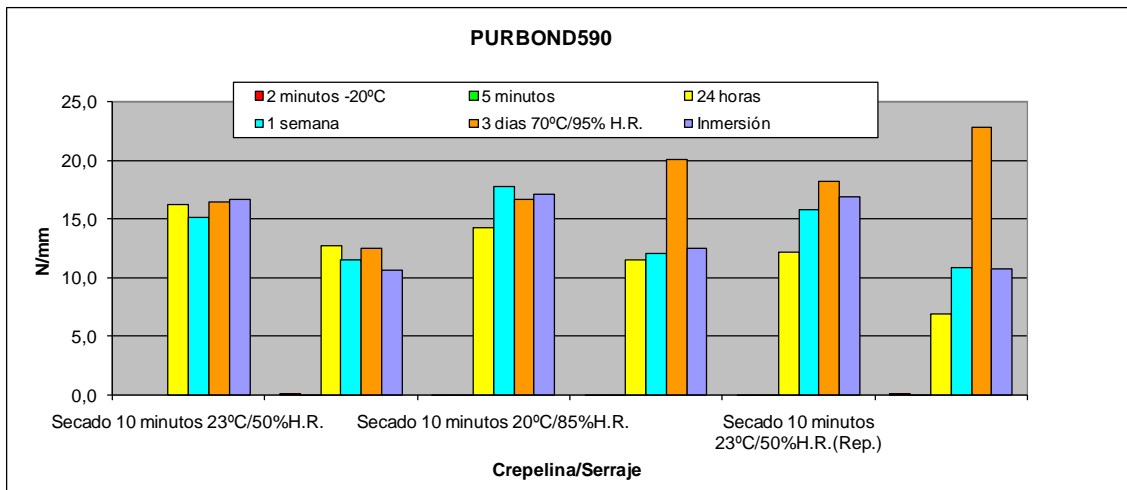


Figura 6. Fuerzas de pelado en T de uniones de los materiales de referencia empleados en la industria del calzado empleando adhesivos HMPUR sintetizados y funcionalizados.

### 3.3. Retardancia a la llama

Se han realizado medidas según el procedimiento normalizado UNE EN 15090, donde se coloca el mechero sobre una superficie plana horizontal y se coloca el material a medir. Se aplica la llama durante 10 segundos y una vez se retira la llama, se mide la persistencia e incandescencia. Según los requisitos para calzado, un material cumple retardancia de llama si no arde durante más de 2s (tiempo de persistencia de la llama) ni presentar incandescencia más de 2 s.

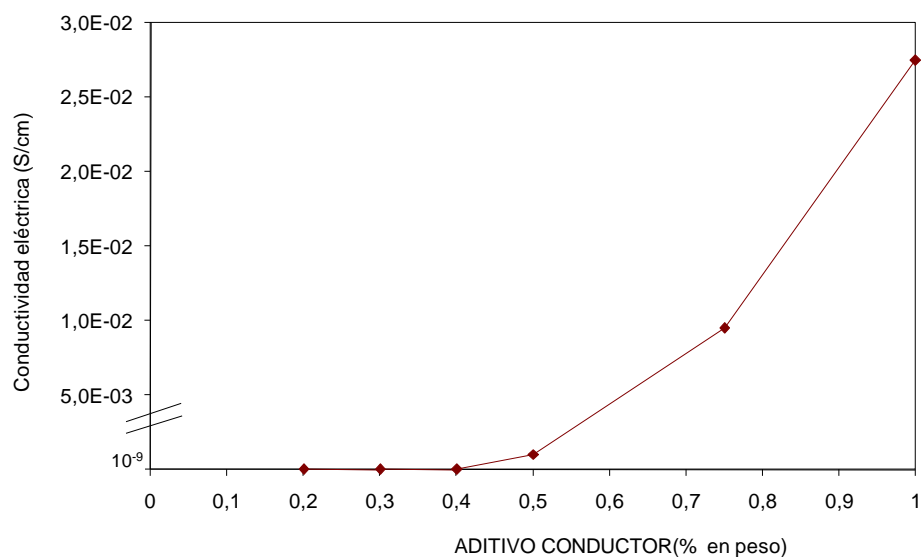
ADHESIVO	ADITIVO	RETARDANCIA A LA LLAMA
PURFR462	Exolit AP462	<2 seg
PURFR423	ExolitAP423	<2 seg
PURFR614	ExolitRP614	<2 seg

### 3.4. Efecto antiestático/conductor

Se añadieron distintas cantidades del aditivo conductor basado en nanotubos de carbono a los adhesivos de poliuretano sintetizados, analizando su efecto sobre las propiedades conductoras y adhesivas. Se determinó la conductividad de los poliuretanos a los que se incorporaron los nanotubos de carbono mediante un procedimiento desarrollado por INESCOP. Se trata de un sistema de adquisición de datos que permite realizar un barrido a distintos voltajes sobre el material y así observar cómo evoluciona no sólo la conductividad, sino también la resistividad, la resistencia y la corriente que lo atraviesa. Este sistema se controla desde un ordenador, en el cual se procesa toda la información obtenida para su tratamiento. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 7, donde la incorporación de nanotubos

de carbono a los adhesivos de poliuretano produce un aumento de conductividad de los mismos, tanto más cuanto mayor es el contenido en el nanorefuerzo adicionado. Además, se produce un brusco aumento de la conductividad entre el poliuretano que contiene 0,5 y 0,7% de nanotubos de carbono. Este notable cambio en las propiedades eléctricas del poliuretano que se produce a un determinado valor de concentración de nanotubos, se asocia con el término de percolación eléctrica.

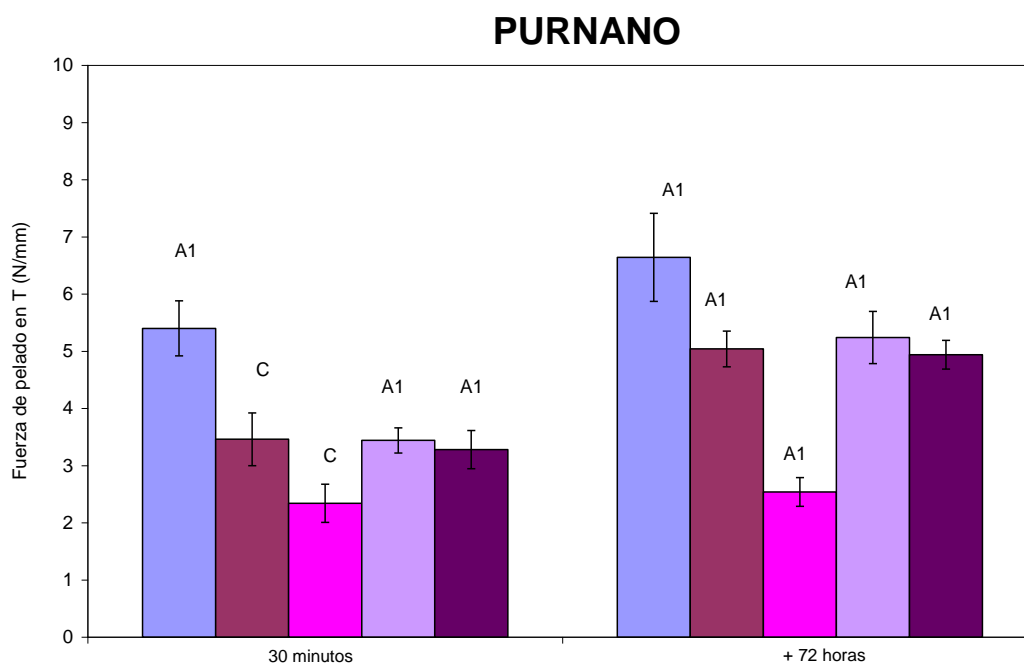
## PURNANO



**Figura 7. Valores de conductividad de los adhesivos con diferente contenido en nanotubos de carbono.**

En la Figura 8 se muestran los valores de fuerza de pelado de las uniones serraje/caucho SBR utilizando los adhesivos de poliuretano preparados con nanotubos de carbono, cuya adición produce una ligera disminución de la fuerza de pelado.

No obstante, los valores obtenidos cumplen satisfactoriamente con los requisitos de calidad exigidos para calzado según especificaciones de la norma UNE-EN 15307:2007.



**Figura 8. Fuerzas de pelado en T de uniones serraje/caucho SBR utilizando los poliuretanos con diferente contenido en nanotubos de carbono.**

### 3.5. Actividad antibacteriana

Se han realizado ensayos antimicrobianos en los adhesivos sintetizados para calzado según la norma ISO 16187:2013. A continuación se muestran los resultados tras analizar el PURIRGA. Se ha determinado la actividad antibacteriana evaluando el efecto de los diferentes tratamientos en cultivos de *Klebsiella pneumoniae* tras 18-24 horas de crecimiento en diferentes condiciones:

Muestra	Masa ( $\mu\text{g}$ )	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
1	1025	Sin crecimiento
2	1009	Sin crecimiento
3	925	Sin crecimiento
4	789	Sin crecimiento
5	885	Sin crecimiento

### 3.6. Conclusiones parciales. Aplicación y caracterización de nuevos adhesivos en sector calzado

A la vista de los resultados obtenidos se concluye que los adhesivos hot melt reactivos de poliuretano son adecuados y representan una alternativa viable para su aplicación en el sector del calzado ya que cumplen los requisitos establecidos.

Como conclusiones de la Tarea 3.4 se concluye que los aditivos funcionales incorporados otorgan a los adhesivos las propiedades funcionales esperadas: antimicrobianas, retardancia de llama y conductores. Sin embargo, es necesario mejorar los valores de fuerza de pelado inmediato con los adhesivos hot melt para que los resultados sean totalmente satisfactorios.

El requisito al despegar materiales para calzado tras 24-72 h se alcanza satisfactoriamente. No obstante, se requiere un valor de 1 N/mm de adhesión inicial o pegado inmediato, con el fin de que el zapato no se despegue al salir de la prensa y pueda reutilizarse la misma horma en el menor tiempo posible.

## 4. UNIONES EN MATERIALES DEL SECTOR TEXTIL

En este capítulo se recogen las pruebas de unión de materiales y laminación realizadas. Se van a describir todas ellas a continuación, indicando también sistema de aplicación de adhesivos empleado, materiales unidos y características principales de los adhesivos empleados.

En estas pruebas de laminación participaron los investigadores de AITEX del área de I+D, mientras que en las posteriores caracterizaciones estuvieron involucradas las investigadoras del área Laboratorios (Físico, Confort y Microbiología).

### 4.1. Descripción del sistema aplicador

Igual de importantes son las tecnologías de unión y el equipamiento disponible que existe para desarrollar estructuras multicapa adhesivadas, que los materiales a laminar/adhesivar. Por ello, el equipo investigador de AITEX empleó para sus pruebas el sistema de deposición mediante “dot coating” o cilindro grabado. La tecnología adhesiva en la que está especializado AITEX permite el recubrimiento y laminado de materiales textiles.

Los hotmelts son productos 100% polímero puro, sin ningún disolvente presente, que se pueden aplicar como un adhesivo a diferentes sustratos. Por lo tanto, presentan ventajas tanto energéticas como medioambientales. Los hotmelts actualmente ya se usan en diferentes sectores industriales, pero no son muy comunes en la industria textil y si se utilizan es exclusivamente para procesos de pegado o laminado. Pero además el potencial de los hotmelts es mucho más amplio. Los hotmelts pueden utilizarse en muchos más tratamientos textiles como los acabados y los recubrimientos. Sin embargo, uno de los problemas es la necesidad de añadir diferentes aditivos para poder producir un producto final que reúna requisitos tan técnicos como la resistencia al fuego o las propiedades antimicrobianas. Sin embargo, los hotmelts que actualmente se encuentran en el mercado principalmente son polímeros no funcionalizados (sin aditivos). Por ello, además de investigar en esta tecnología de adhesión, AITEX también tiene una línea de investigación relacionada con la funcionalización y aditivación de hotmelts termoplásticos.

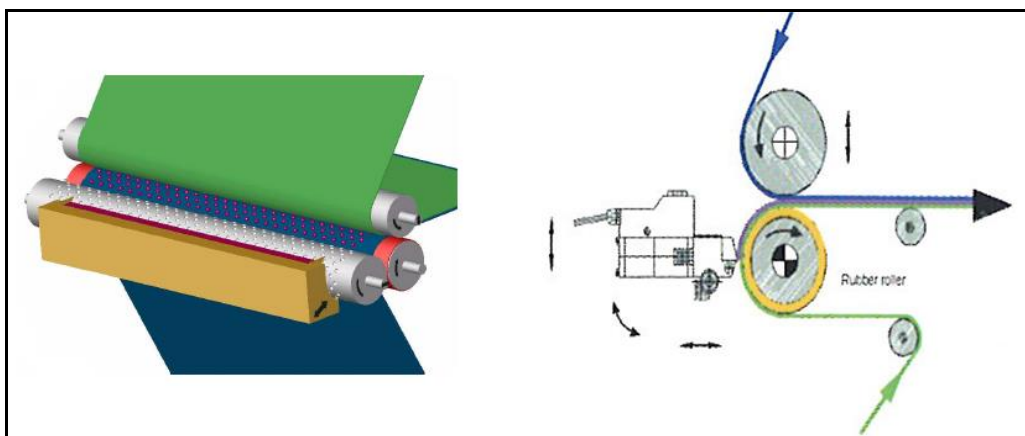
Su aplicación en AITEX se realiza con un equipo que dispone de CILINDRO GRABADO como método de deposición de adhesivo. Esto se logra, bien mediante la aplicación de un acabado continuo o bien de un acabado de puntos. El adhesivo hotmelt (termoplástico o reactivo tipo PUR) es fundido en una cubeta y después aplicado al sustrato textil utilizando el rodillo grabado de puntos. Se puede únicamente recubrir o también laminar.



**Planta aplicadora de hotmelts disponible en AITEX (izquierda) y cilindro aplicador grabado con puntos.**

Detalles de importancia del equipamiento indicado y la tecnología a tener en cuenta son:

- El equipo trabaja con adhesivos hotmelt termoplásticos que son introducidos en el fusor para su fundido y posterior aplicación. El formato de dichos adhesivos que no daría problemas al equipo es granza, pequeñas pastillas (5x5 cm) o polvo.
- El tamaño del fusor permite trabajar con una cantidad de adhesivo fundido en torno a los 200-250 ml.
- Si el bloque de adhesivo es mayor, puede fundirse por contacto con el cilindro aplicador caliente, sujetando dicho bloque con precaución y las protecciones adecuadas del operario, hasta fundir la cantidad deseada (que no debe superar los 200-250 ml).
- El ancho de las muestras textiles a recubrir/laminar, en formato rollo de tejido continuo (>3 m) debe ser de un máximo de 25 cm.



**Esquema de sistema aplicador con rodillo grabado.**

Las características principales de este sistema de aplicación es que sus definiciones se dan en el sentido de la agujas del reloj, interviniendo el sustrato que pasa entre el rodillo laminador y el que recoge resina hotmelt, pudiéndose acoplar una lámina final

(en caso de laminado) y una etapa de calandrado, mediante rodillo de presión con superficie de goma.

Este ha sido el sistema utilizado por AITEX para realizar uniones tejido/film, tejido/membrana, pero también las uniones tejido/espuma resultantes de las pruebas de validación de hotmelts con AIDIMME e INESCOP.

## 4.2. Descripción de pruebas y materiales adhesivos

Cuando no se hace referencia a ningún tipo de adhesivo especial, es que se utilizó un adhesivo HMPUR de grado convencional, disponible en el mercado, utilizándose básicamente 3 tipos de adhesivos:

- JOWAT 637.00.
- NEOFLEX NEOTHERM PU 2780.
- NEOFLEX NEOTHERM PU 2622 FR.

INFO Jowatherm-Reaktant® PUR hot melts for textile lamination							
Jowatherm-Reaktant®	630.00	637.00	637.10	639.00	634.17	613.30	613.40
Main area of application / Characteristics	For the manufacture of textile compounds in the automotive sector and the textile processing industry					Lamination in car interior	
	For bonding of special textiles, for general use, high initial strength, suitable for molding	For bonding textiles in the medical area, boil resistance, steam sterilisation, good hydrolysis resistance.	For bonding of textiles with a pleasant, textile feel, suitable for application with gravure rollers and screen plants	For bonding of textiles and general use with low application temperature	For bonding of velours to reverse of sanding paper	Universal adhesive mit very high green strength, very well suited for fold bonding	Automatic laminating machines, extremelx high green strength, very short open time, high reactivation temperature
Processing temperature in °C	approx. 140	approx. 100	approx. 100	approx. 100	approx. 140	approx. 140	approx. 140
Viscosity in mPas (at 100°C)	approx. 9,000 at 140 °C	approx. 8,000	approx. 15,000	approx. 10,000	ca. 20,000 at 140 °C	approx. 45,000	approx. 20,000
Open time in seconds	approx. 20 - 30	>60	>60	≤60	approx. 6	approx. 15	≤1
Reactivation temperature in °C	approx. 40 - 50	approx. 30 - 40	approx. 30 - 40	approx. 30 - 40	approx. 40 - 50	approx. 70 - 80	approx. 80 - 90



## INFORMACIÓN TÉCNICA

### NEOTHERM PU-2780

Fecha de edición: **NOVIEMBRE 2008**  
Fecha de revisión: **03/12/12**

#### -Descripción:

Adhesivo termofusible basado en un prepolímero de poliuretano que cura con la humedad de la atmósfera o de los materiales soportes.

#### -Aplicación:

Neotherm PU-2780 se utiliza para la fabricación de elementos sándwich y pegados por laminación.

Se deben realizar test específicos para cada material a pegar con este adhesivo.

#### -Características técnicas:

- Base: Prepolímero de poliuretano.
- Aspecto: Amarillento. Puede decolorarse bajo la luz ultravioleta.
- Densidad: Aprox. 1,05 g/ml
- Softening point (kofler): aprox. 52 °C
- Viscosidad a 100°C: aprox 8.000 - 12.000 mPas\*
- Método de aplicación: Equipo aplicador especial.
- Temperatura de aplicación: 90-110°C
- Tiempo abierto: Aprox. 5-7 horas. Dependiendo de la temperatura, la cantidad y del sustrato.
- Tiempo de curado: 24 horas dependiendo de la temperatura y la humedad.
- Fuerza de pegado: 5-11 N/mm.<sup>2</sup>, dependiendo del sustrato.
- Condiciones de almacenaje: Frío y seco.
- Sensible al frío: No.
- Sensible a la humedad: Si.
- Inflamable: No.

\*Los valores de viscosidad se controlan en el momento de la producción, pequeñas variaciones son posibles.

#### -Propiedades especiales:

Neotherm PU-2780 tiene un tiempo abierto largo, rápido fraguado y una buena cohesión inicial.

Después de curar tiene una gran resistencia tanto al frío como al calor. Los pegados son resistentes a la humedad y además resisten bastante bien a los disolventes.

Debido a su baja temperatura de aplicación los materiales sensibles a la temperatura sufren poco.

El tiempo de fraguado y el tiempo abierto pueden regularse por la temperatura de aplicación.

La humedad ambiental es suficiente para el curado en la mayoría de los casos. Materiales como madera, piel, etc., que contienen humedad aceleran el curado.

Plásticos y metales necesitan mas tiempo para el curado.

Se recomienda que al menos un sustrato se a permeable.

Los metales se deben calentar para conseguir una mejor adhesión.

Los pegados una vez curados tienen muy buenas propiedades mecánicas.

#### -Observaciones:

La aplicación de estos adhesivos se realiza en equipos especiales de aplicación de rodillo. La limpieza se realiza de forma particular, según se especifica en la hoja técnica de LIMPIADOR 2579 Y 2600


#### -Medidas de seguridad:

Antes de comenzar a usar el producto, hacer llegar a todas las personas que lo manipulen nuestra **ficha de datos de seguridad**.

Estos datos corresponden a nuestro nivel actual de conocimiento y tienen como fin informar sobre nuestros productos y sus posibilidades de aplicación, de climando toda responsabilidad por consecuencia de una aplicación inadecuada. La calidad de nuestros productos, esta garantizada dentro del marco legal de nuestras condiciones de venta.



Camino de Castilla, km. 5 - Phone: (00-34) 96 661 11 01 Fax: (00-34) 96 542 56 04  
www.neoflex.es - neoflex@neoflex.es - P.O.Box 3004 - 03207 Elche (Alicante) Spain



## INFORMACIÓN TÉCNICA

### NEOTHERM PU-2622 F R

Fecha de edición: MAYO 2011  
Fecha de revisión: 11/05/11

**-Descripción:**

Adhesivo termofusible basado en un prepolimero de poliuretano que cura con la humedad de la atmósfera o de los materiales soportes. Retardante de llama.

---

**-Aplicación:**

Neotherm PU-2622 F R se utiliza para la fabricación de elementos sándwich y pegados por laminación. Se deben realizar test específicos para cada material a pegar con este adhesivo.

---

**-Características técnicas:**

- Base: Prepolimero de poliuretano.
- Aspecto: Amarillento. Puede decolorarse bajo la luz ultravioleta.
- Densidad: Aprox. 1,05 g/ml
- Softening point (kofler): aprox. 56 °C
- Viscosidad a 120°C: aprox 5.000 - 10.000 mPas\*
- Método de aplicación: Equipo aplicador especial.
- Temperatura de aplicación: 120-130°C
- Tiempo abierto: Aprox. 15 min. Dependiendo de la temperatura, la cantidad y del sustrato.
- Tiempo de curado: 4-5 días dependiendo de la temperatura y la humedad.
- Fuerza de pegado: 5-11 N/mm<sup>2</sup>, dependiendo del sustrato.
- Condiciones de almacenaje: Frío y seco.
- Sensible al frío: No.
- Sensible a la humedad: Si.
- Inflamable: No.

\*Los valores de viscosidad se controlan en el momento de la producción, pequeñas variaciones son posibles.

---

**-Propiedades especiales:**

Neotherm PU-2622 F R tiene un tiempo abierto largo, rápido fraguado y una buena cohesión inicial. Después de curar tiene una gran resistencia tanto al frío como al calor. Los pegados son resistentes a la humedad y además resisten bastante bien a los disolventes. Debido a su baja temperatura de aplicación los materiales sensibles a la temperatura sufren poco. El tiempo de fraguado y el tiempo abierto pueden regularse por la temperatura de aplicación. La humedad ambiental es suficiente para el curado en la mayoría de los casos. Materiales como madera, piel, etc., que contienen humedad aceleran el curado. Plásticos y metales necesitan mas tiempo para el curado. Se recomienda que al menos un sustrato sea permeable. Los metales se deben calentar para conseguir una mejor adhesión. Los pegados una vez curados tienen muy buenas propiedades mecánicas.

---

**-Observaciones:**

La aplicación de estos adhesivos se realiza en equipos especiales de aplicación de rodillo. La limpieza se realiza de forma particular, según se especifica en la hoja técnica de LIMPIADOR 2579 Y 2600

---

**-Medidas de seguridad:**

Antes de comenzar a usar el producto, hacer llegar a todas las personas que lo manipulen nuestra ficha de datos de seguridad.

---

Y las muestras de adhesivos compartidos por el equipo investigador de FUNTEXCAL II de los 3 IITT fueron las siguientes:

Código	Tipo	Denominación
Adhesivo 2	PUR sintetizado	PUR 50/50
Adhesivo 5	PUR comercial	BUHNEN E2456

Adhesivo 6	PUR sintetizado + 1.5% aditivo antimicrobiano	Aditivo: Irgaguard 5000 BASF
Adhesivo 7	PUR comercial con aditivo retardante llama	NEOTHERM PU-2622 FR
Adhesivo 8	Termofusible de caucho	HM7087

Para la mayoría de pruebas realizadas, ajustando parámetros de trabajo y de laminación según los materiales a unir, pueden obtenerse uniones adecuadas en cuanto a aspecto visual y fuerza de adhesión (no se despegan manualmente con facilidad).

Así, las pruebas que más complicadas resultaron fueron aquellas que involucraron a adhesivos de carácter FR, ya que la viscosidad de los mismos resulta modificada al alza de manera significativa por la adición de aditivos retardantes de llama. Esto suele perjudicar a la temperatura de trabajo, requiriendo más temperatura que de manera habitual, y además el poder adhesivo también queda perjudicado siendo menor que en un adhesivo convencional.

Otras pruebas que resultaron complicadas, por la generación de arrugas durante el laminado, son aquellas que involucran a membranas muy finas, o muy elásticas, así como las que tienen estructura tipo sándwich.

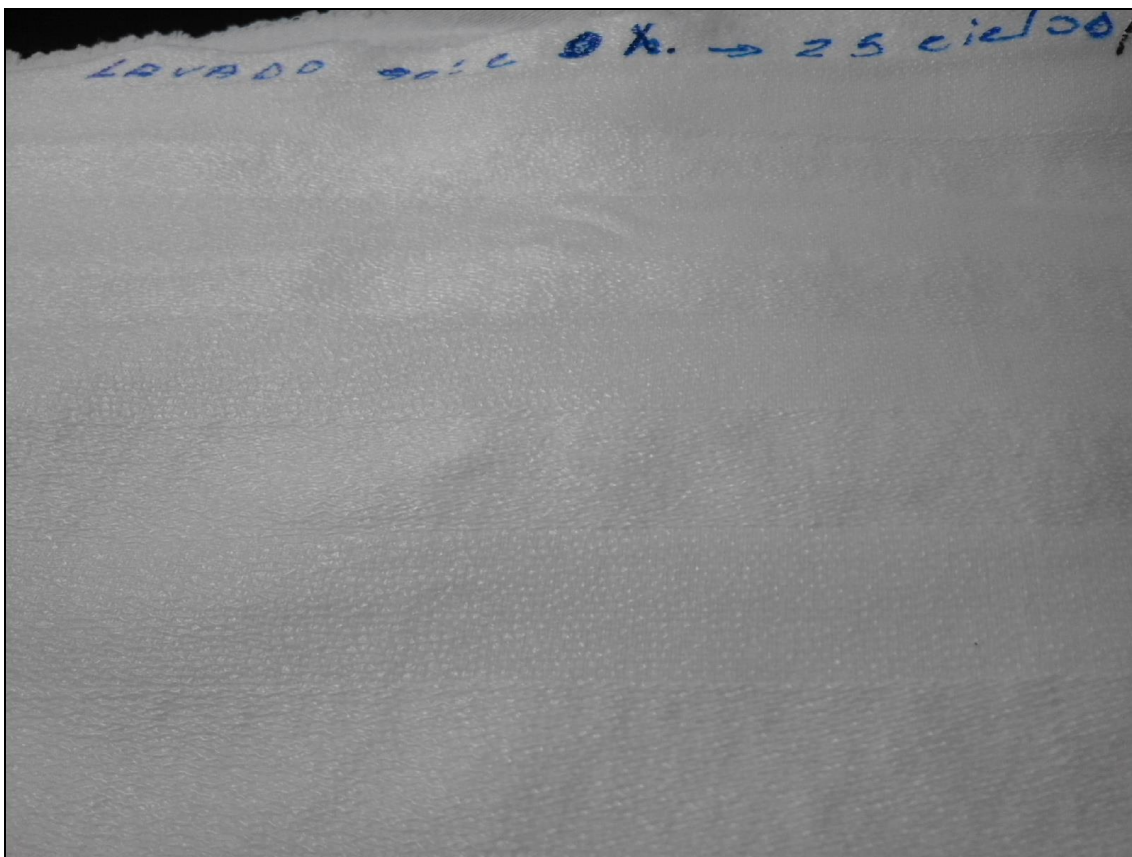
Por último, comentar que las pruebas realizadas con adhesivos experimentales de INESCOP para unir materiales de AIDIMME también resultaron complicadas de inicio, encontrando problemas de adhesión entre materiales tejido/espuma.

No obstante, se logró validar la tecnología hotmelt para la unión de estos materiales, y con el sistema aplicador dot coating, mediante otras variantes de adhesivos HMPUR de carácter más comercial, con un tack inicial bastante más elevado que el que tenían los adhesivos experimentales de INESCOP.

Algunas imágenes de las pruebas de laminación de AITEX (incluyendo aplicaciones con adhesivos INESCOP y materiales AIDIMME) y sus combinaciones de materiales desarrolladas se muestran a continuación.



**Prueba de laminación con estructura multicapa de tejido denim**



**Tejido laminado de CO con uso como protector de colchón, topper (membrana de PU aplicada con HMPUR).**



***Prueba de laminación de tejido CO con membrana coPES empleando uno de los adhesivos HMPUR funcionales antimicrobianos de INESCOP.***



***Testado de diferentes membranas en las pruebas de laminación con adhesivos INESCOP.***



**Laminación tejido tapicería con espuma (materiales AIDIMME) con adhesivos INESCOP y AITEX, empleando la laminadora hotmelt dot coating de AITEX.**

### **4.3. Resultados principales en caracterización de muestras desarrolladas**

Se caracterizaron diversas propiedades de los laminados desarrollados, por parte del personal participante de AITEX que realiza su trabajo en las diferentes secciones del servicio de laboratorios y ensayos implicadas en FUNTEXCAL II (ensayos físicos, de confort y microbiológicos).

Los resultados principales más destacables y las conclusiones de estos trabajos de evaluación de muestras laminadas son:

#### Respecto de ensayos físicos:

- la resistencia a tracción del tejido base no resulta afectada por la aplicación del proceso de laminado;
- la columna de agua de tejidos laminados con HMPUR funcional (p.ej. antimicrobiano 1,5%) alcanza 2m de columna, y se reduce a la mitad tras 10 ciclos de lavado a 40°C;
- en cambio, si el HMPUR no es funcional la columna de agua alcanza hasta 5m, manteniéndose por encima de los 4m incluso tras 25 ciclos de lavado en condiciones agresivas (90°C, uso de oxidantes en el lavado). Ello indica que las calidades de pegado son buenas.

Respecto de ensayos de confort:

- el laminado con nuevos adhesivos HMPUR no perjudica las propiedades de transpirabilidad (valor Ret) de los tejidos obtenidos, si bien hay que controlar tanto el gramaje aplicado como la transpirabilidad inicial que tienen los materiales a unir (sobre todo en el caso de membranas), para obtener un Ret final adecuado.

Respecto de ensayos microbiológicos:

- se comprobó que las muestras laminadas con adhesivo antimicrobiano 1,5% no adquirirían propiedades antibacterianas por el mero hecho de utilizar este adhesivo como material para el pegado -tampoco cuando se aplicó en forma de recubrimiento-. Debe, por tanto, seguirse investigando para encontrar un compromiso entre % de aditivo empleado y reología/viscosidad del adhesivo (ya que a mayor % de aditivos, más viscosidad y más dificultad de aplicación).

## 4.4. Conclusiones parciales

Las conclusiones parciales que establece el equipo investigador de AITEX al respecto del desarrollo de muestras laminadas de diferente naturaleza (y diferente combinación de materiales), realizadas mediante hotmelts experimentales, desarrollados en FUNTEXCAL y también comerciales para comparación de resultados son las siguientes:

- La aplicación de hotmelts mediante sistema dot coating ha podido ser validada no solo para usos puramente textiles, sino también para aquellos que puedan tener potenciales usos en calzado (tejido de punto + membrana, tejido + tejido) o en mobiliario tapizado (tejido tapicería + espuma).
- Ahora bien, en función de la combinación de material y tipo de adhesivo empleado (más o menos viscoso, con temperatura de fundido y aplicación más o menos elevada) surgieron unos problemas de procesado u otros. Con la comparación entre adhesivos industriales comerciales tipo HMPUR y los sintetizados a nivel experimental en FUNTEXCAL, se ha comprobado que la adhesión entre materiales de base textil depende muchas veces del estado/preparación del material para ser pegado, pero también de la tipología y características del adhesivo empleado.
- Así, se detectaron problemas de pegado en muchas de las muestras desarrolladas en la primera tanda de pruebas de materiales AIDIMME y adhesivos INESCOP. Se observó que la alta viscosidad de algunas de las muestras de adhesivos sintetizados por el Instituto del Calzado generaban problemas de adhesión, al no presentar tampoco suficiente tack inicial para asegurar una buena fuerza de agarre entre materiales una vez unidos.
- En cambio, estos mismos adhesivos sí fueron adecuados para realizar pegados textil/membrana en pruebas realizadas con materiales AITEX, tanto con adhesivos HMPUR experimentales sin funcionalizar, como funcionalizados con aditivos antimicrobianos.