

10-010

**STUDY OF THE SUBSTITUTION OF PRODUCTS USED IN THE PRODUCTION OF WINDSHIELDS
TO IMPROVE PRODUCTIVITY AND SUSTAINABILITY**

Sánchez Navarro, Francisco Javier ⁽¹⁾; García Fayos, Beatriz ⁽¹⁾; Arnal Arnal, José Miguel ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universitat Politècnica de València

In the production of windshields, it has traditionally been necessary to use products that act as activators and adhesion promoters and prepare the surface of the windshield so that the different sensors can adhere to it. In this way, replacement windshields are obtained in aftermarket automobiles with a quality similar to that of the original windshield. Due to the current geopolitical situation and in order to contribute to the SDGs, a company needs to study the possibility of using new products that are more economical, that have better performance allowing to reduce application times and increase the profitability of the process and that are more sustainable. This paper presents and analyzes the results of the experimental study carried out with all the proposed products. In addition, the study of the integration in the production line and an economic study to evaluate the cost-benefit of the substitution are presented. Finally, the company has made the change of product, thus increasing the profitability and sustainability of the current production process.

Keywords: adhesion; polyurethane; torsion; tensile; aging; sustainability

**ESTUDIO DE LA SUSTITUCIÓN DE LOS PRODUCTOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE
PARABRISAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD**

En la producción de parabrisas tradicionalmente ha sido necesario el empleo de productos que actúan como activadores y promotores de la adhesión y preparan la superficie del parabrisas para que se puedan adherir los distintos sensores sobre el mismo. De esta manera se consiguen parabrisas de sustitución en postventa de automóviles con calidad similar al del parabrisas original. Debido a la situación geopolítica actual y con el fin de contribuir a los ODS, una empresa precisa estudiar la posibilidad de utilizar nuevos productos que sean más económicos, que presenten mejores prestaciones permitiendo reducir los tiempos de aplicación y aumentar la rentabilidad del proceso y más sostenibles. En este trabajo se presentan y analizan los resultados del estudio experimental realizado con todos los productos propuestos. Además se presenta el estudio de la integración en la línea de producción y un estudio económico para valorar el coste-beneficio de la sustitución. Finalmente, la empresa ha realizado el cambio de producto por lo que ha aumentado la rentabilidad y sostenibilidad del proceso productivo actual.

Palabras clave: adhesión; poliuretano; torsión; tracción; envejecimiento; sostenibilidad



© 2023 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La empresa objeto de estudio se dedica a la preparación de parabrisas para recambios. El parabrisa se trata de un elemento de vidrio o de cristal templado que tienen la mayoría de los vehículos y cuyo objetivo principal es el de permitir una buena visibilidad, así como la de proteger a los pasajeros de elementos externos.

El material con el que suelen ser producidos los parabrisas de los automóviles actualmente es el vidrio laminado. El vidrio laminado (Climalit, 2016) se trata de un acristalamiento de seguridad que se compone de varios vidrios que se encuentran unidos entre sí mediante el uso de varias láminas de butiral de polivinilo (PVB). La función de esta lámina es mantener unidos los trozos de vidrio en caso de impacto para evitar que estos puedan causar daño a las personas presentes en el vehículo. En cuanto al color, la lámina de PVB puede ser translúcida, transparente o tener color.

El vidrio laminado puede ser de varios tipos en función del número de láminas intermedias que contenga. La protección básica consta de un vidrio laminado con un único film de plástico que protege de heridas en caso de rotura. Para los casos donde se tienen varios films se consigue una protección reforzada. Este último caso protege de caídas al vacío y contra la caída de objetos.

Para obtener vidrio laminado (Vidrioservice, 2021) es necesario utilizar una lavadora, una sala de ensamblaje, un horno de precalentamiento con calandras y un autoclave el cual estará configurado con unos valores de presión, temperatura y tiempo de ciclo específicos en función del vidrio que se vaya a procesar. Con estas máquinas se someten a los vidrios y a los films intermedios a calor y presión necesarios para lograr una fusión perfecta.

El proceso de fabricación del vidrio laminado es muy susceptible a los posibles cambios en la humedad relativa del ambiente (Fisair, 2020), pues debe trabajarse a humedades relativas bajas (inferiores al 25 %) y en ambientes estables. Si no se mantienen estas condiciones se producirán imperfecciones en el producto final, en forma de burbujas que quedan atrapadas dentro del vidrio laminado afectando a la calidad del producto final.

1.1 Proceso de Acondicionamiento de los Parabrisas

La empresa objeto de este trabajo se dedica al acondicionamiento de los parabrisas ya fabricados. El proceso de acondicionamiento consiste en adherir sensores y otro tipo de accesorios que deben ser incorporados al parabrisa previamente a su montaje. Entre otros:

-Sensor de lluvia (Mateos-Aparicio, 2014): ayuda a reducir las distracciones del propio conductor ya que se encarga de activar los limpiaparabrisas en caso de ser necesario. Su funcionamiento está basado en la refracción y reflexión de la luz.

-Sensor de luces: depende de las condiciones lumínicas del momento. Se encuentra en la base del parabrisa. Actúa en función de la luz que recibe.

-Control de cruce adaptativo: sirve para mantener una distancia constante (Fidalgo, 2017) con el vehículo de delante. Para ello usan cámaras que suelen ir colocadas en el parabrisa.

-Sistema de detección de peatones y de reconocimiento de señales: estos sistemas funcionan gracias a cámaras equipadas en el vehículo que puede encontrarse en el propio parabrisa. Envían información constante al conductor.

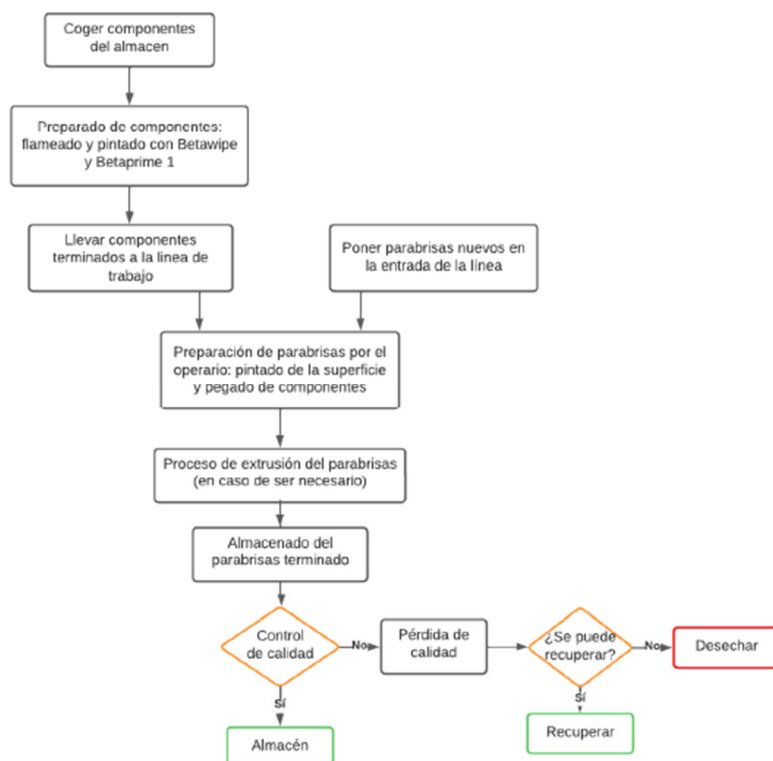
A la empresa llegan los vidrios ya formados para cada una de las referencias de los vehículos y es en la planta de trabajo donde se encargan de obtener un producto finalizado añadiendo todos los componentes necesarios requeridos por el cliente.

En este proceso intervienen varios productos con los que se tratan y acondicionan las superficies de los parabrisas. Los empleados actualmente son Betaprime 1, Betawipe y dos tipos de poliuretanos, uno que se emplea en el pegado de componentes al parabrisas y otro con el que se realiza la extrusión en el robot. Las características de estos productos son las siguientes:

- Betaprime 1: se trata de un promotor de la adherencia para vidrios compuesto por poliisocianatos que se combina con adhesivos de poliuretano. Los poliisocianatos son sustancias son altamente reactivas, y facilitan el enlace químico entre el sustrato y el adhesivo.
- Betawipe: se trata de una base química de silanos que se utiliza como un limpiador-activador para el vidrio. Se utiliza para preparar el sustrato antes de que se le aplique el pintado con el Betaprime y posteriormente se use el poliuretano. Los principales inconvenientes son su carácter inflamable y que es un producto tóxico.
- Poliuretano: adhesivo para vidrio, de viscosidad media y alto módulo de elasticidad y de curado rápido. Requiere una imprimación durante el proceso, para lo cual se usa el Betaprime. Tiene gran estabilidad. El curado se produce mediante humedad ambiental y el tiempo de curado depende de la propia humedad, de la temperatura y de la extensión de la aplicación.
- Poliuretano de extrusión: es un adhesivo de alta viscosidad y bajo módulo de elasticidad que se utiliza principalmente en aplicaciones de extrusión en vidrio. Se cura por humedad ambiental y no emplea disolventes. Se trata de una base de prepolímeros de poliuretano. Presenta una excelente estabilidad.

El diagrama de bloques del proceso que se lleva a cabo se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso.



2. Objetivos y justificación del trabajo

El principal objetivo de este trabajo es el estudio de la sustitución del producto Betaprime 1 que se utiliza actualmente en la empresa por otras alternativas (Betaprime 2 y 3) que sean más sostenibles, económicas y rentables para la empresa. La necesidad del estudio viene motivada por la situación geopolítica y económica actual provocada por la pandemia, la guerra, la escasez de materiales y el aumento del precio de estos acompañados de una filosofía de mejora continua de la empresa. Los objetivos específicos del trabajo son los siguientes:

- Analizar experimentalmente el comportamiento de estos nuevos productos mediante ensayos que permitan conocer si son adecuados y cumplen los requerimientos del cliente.
- Comparar los nuevos productos con el actual y analizar la viabilidad del cambio de producto en el caso de encontrar una mejor opción que la actual.
- Estudiar e implementar los cambios necesarios en la planta industrial para llevar a cabo el cambio de producto.
- Realizar una valoración económica para conocer la viabilidad del proyecto en caso de que finalmente se lleve a cabo un cambio de producto.

3. Metodología

3.1 Ensayos Preliminares: Torsión y Tracción

-Ensayos de torsión: Se realizarán ensayos preliminares en el que se prueben los nuevos Betaprimes sobre los componentes a adherir (basetas y botones) tal y como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Componentes empleados: Baseta 1, Botón 1 y Botón 2.



Los componentes han sido primeramente flameados, humedecidos y posteriormente pintados para después ser pegados al parabrisas.

Se medirá la fuerza a torsión que es capaz de resistir el componente adherido mediante un torquímetro de carátula y se analizará el tipo de rotura que se produce entre el poliuretano y el producto Betaprime, sometido a distintos tiempos de curado. La rotura entre ambos componentes puede darse de dos maneras, de forma adhesiva y cohesiva. La rotura adhesiva (Esteban Herrera, 2005) se produce cuando el fallo ocurre entre las dos estructuras, en este caso entre el poliuretano y el Betaprime, en la interfase entre ambas. Por otro lado, la rotura cohesiva (Converzar, 2019) se produce cuando ocurre un fallo en el interior de la propia estructura del material adherido.

Para que el resultado del ensayo sea aceptable, se debe alcanzar una fuerza mínima de 20 N·m y una rotura cohesiva, siendo especial relevante esta última.

-Ensayos de tracción: se probará el Betaprime junto con el poliuretano de extrusión, realizando el ensayo de tracción con un dinamómetro FK10. Para que el resultado se

considere aceptable en caso de ocurrir fallo este deberá presentar un tipo de rotura cohesiva a las 72 horas. También se probará la influencia de la humedad en el resultado final ya que se humedece una parte de la superficie del parabrisas y la otra se deja seca.

Se realizarán un total de 6 preparaciones diferentes para basetas y 6 para botones siendo una de ellas de control, simulando la manera actual de trabajar. De cada una de estas preparaciones se tendrán un total de 5 muestras que se ensayarán a diferentes tiempos de curado.

3.2 Ensayos Experimentales: Envejecimiento, Ciclo Térmico y UV

En total se prepararon 108 muestras para la realización de todos estos ensayos, 54 de ellas se utilizaron en el ensayo de envejecimiento y las otras 54 en los ensayos de ciclo térmico y UV utilizando la Baseta 2, mostrada en la figura 3.

Figura 3. Baseta 2.



-Ensayo de envejecimiento: El ensayo tiene tres fases con condiciones experimentales distintas. La primera fase será un curado a 18°C de 7 días. Un tercio de las muestras se ensayarán mediante tracción y torsión en la Baseta 2, respectivamente. Las muestras restantes serán introducidas en cubetas con agua (entre 15°C y 18°C) durante otros 7 días de manera que se simularán condiciones de humedad relativa del 100%. Una vez cumplidos los 7 días se ensayarán de nuevo a tracción y torsión. El tercio de muestras restantes será sometido a una última prueba de envejecimiento en condiciones de elevada humedad y temperatura (70°C) en una estufa y finalizado el ensayo se realizarán pruebas a tracción y torsión de las muestras. La figura 4 muestra un ejemplo de la preparación de las muestras.

Figura 4. Preparaciones para el ensayo de envejecimiento.



-Ensayo de ciclo Térmico y Radiación UV: Son dos ensayos diferentes pero que se realizarán al mismo tiempo.

Para estos ensayos se emplearán 54 muestras. De estas un tercio serán ensayadas inicialmente mediante torsión y tracción para obtener los valores iniciales, otro tercio se emplearán para el ensayo de ciclo térmico y el tercio restante para el ensayo con radiación ultravioleta.

Para el ensayo de ciclo térmico se empleará una cámara climática (serie C, de CTS) en la que se realizarán 5 ciclos de 24 horas cada uno de ellos en los que la secuencia de temperaturas aplicada será la siguiente:

$$3\text{h a } (90 \pm 2)^{\circ}\text{C} \rightarrow 1\text{h a } (23 \pm 2)^{\circ}\text{C} \rightarrow 3\text{h a } (-30 \pm 2)^{\circ}\text{C} \rightarrow 1\text{h a } (23 \pm 2)^{\circ}\text{C} \\ \rightarrow 15\text{h a } (50 \pm 2)^{\circ}\text{C y } \geq 95\% \text{ H. R} \rightarrow 1\text{h a } (23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$$

Por otro lado, para el ensayo de radiación ultravioleta se empleará una cámara de ultravioleta (UVBOX, de Cofomegra). Esta cámara simula el efecto de la luz solar con rayos ultravioleta mediante lámparas fluorescentes UV (Neurtek, s.f.). Este ensayo mediante UV trata de reproducir de forma acelerada los daños que tendría el material por la acción de la luz solar a medio y largo plazo. Las muestras están expuestas durante 500 horas. El método de ensayo está basado en la norma UNE-EN ISO 16474-3:2014.

3.3 Selección del producto óptimo

Una vez finalizados los ensayos, se procede a analizar los resultados y se decide si es posible proceder a la sustitución del Betaprime actual por alguna de las alternativas o bien mantener el producto que se utiliza actualmente. Se tendrán en cuenta los resultados experimentales obtenidos y el coste del producto, pero también la peligrosidad de la sustancia química, la seguridad del producto para los trabajadores y por el medioambiente, el color y la forma y tiempo de aplicación del producto. También se estudiará la implementación en el proceso productivo y el coste asociado al mismo.

4. Resultados experimentales

4.1 Resultados ensayos preliminares de torsión y tracción

A) Ensayos de torsión

En primer lugar, se tienen los resultados experimentales para los ensayos de torsión preliminares. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos para la baseta 1 adherida siendo el ensayo 1 el de control.

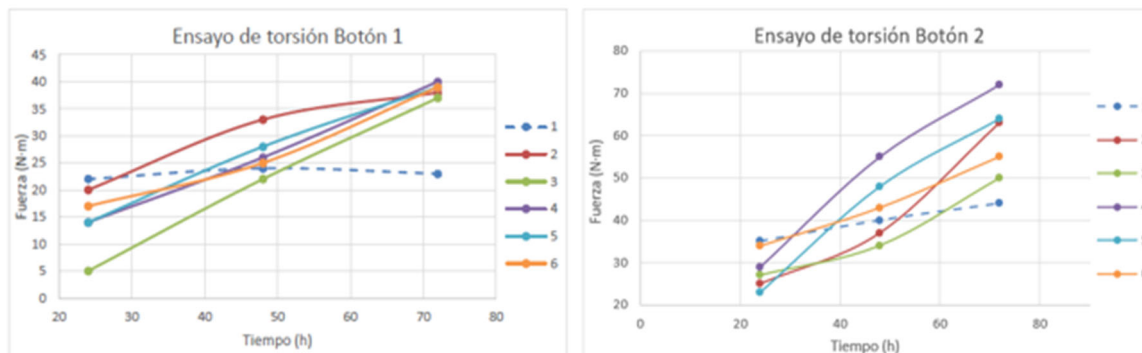
En los 6 ensayos realizados a distintos tiempos de curado se observa que la fuerza de torsión alcanzada es igual o superior a 20 N·m y por tanto cumple con las especificaciones requeridas. Sin embargo, respecto al modo de fallo y a tiempo de curado máximo (72 horas), se observa que en los ensayos 1, 4, 5 y 6 proporcionan un modo de fallo aceptable (cohesivo o rompen baseta, el material adherido, en el caso de los ensayos 1 y 4) o bien no fallan (ensayos 5 y 6). Teniendo en cuenta que el ensayo 1 es el control, se puede concluir que los mejores resultados en cuanto a fuerza y modo de fallo se obtienen cuando la baseta 1 está pintada con Betawipe, si bien no son concluyentes para el caso del vidrio pintado con Betaprime ya que se obtiene resultados adecuados tanto si está pintado con Betaprime 2 como con 3 (ensayos 5 y 6) y comparables al control (ensayo 1 con Betaprime 1).

Tabla 1. Resultados ensayos preliminares de torsión en la baseta 1.

Ensayo	Descripción	Tiempo de curado (h)	Fuerza (N)	Modo de fallo
1	Vidrio y Baseta 1 pintados con Betawipe y Betaprime 1	8	22	Falta de curado
		24	30	Adhesiva
		72	40	Cohesiva
2	Vidrio pintado con Betaprime 2 y Baseta 1 con Betawipe y Betaprime 1	8	20	Falta de curado
		24	24	Falta de curado
		72	38	Adhesiva
3	Vidrio pintado con Betaprime 3 y Baseta 1 con Betawipe y Betaprime 1	8	23	Falta de curado
		24	27	Falta de curado
		72	45	Adhesiva
4	Vidrio y Baseta 1 pintados con Betawipe	8	35	Falta de curado
		24	50	Falta de curado
		72	>60	Rompe baseta
5	Vidrio pintado con Betaprime 2 y Baseta 1 con Betawipe	8	25	Falta de curado
		24	37	Falta de curado
		72	>60	No falla
6	Vidrio pintado con Betaprime 3 y Baseta 1 con Betawipe	8	26	Falta de curado
		24	40	Falta de curado
		72	>60	No falla

Seguidamente, se muestran los resultados del ensayo de torsión para los botones (1 y 2). Los ensayos (nombrados del 1 al 6) tienen la misma preparación que en caso de la baseta, solo cambia el elemento ya sea el Botón 1 ó 2. La línea discontinua hace referencia a la muestra de control del ensayo 1.

Figura 5. Evolución de la resistencia a la torsión de los botones.



Tal y como se observa en la Figura 5, en todos los casos a las 72 horas de curado, la fuerza de torsión resistida es superior a la del control, con valores de hasta 40 N·m para el botón 1 y de entre 50 y 70 N·m para el botón 2, debido esto último a la mayor resistencia de la estructura del botón 2. El modo de fallo en todos los casos es una rotura de tipo cohesiva, ya que por la estructura del botón el curado es más sencillo que en la baseta y además tiene una mayor zona de contacto con el poliuretano. Por tanto, para este componente todas las combinaciones probadas son mejores que el producto actual (ensayo 1) en fuerza resistida a la torsión, y no permiten diferenciar de forma concluyente que producto es mejor (si el Betaprime 2 ó 3 ya que los resultados son muy parecidos). Se continua con ambos productos en el ensayo de tracción.

B) Ensayos de tracción

Los resultados del ensayo de tracción se muestran en la tabla 2. El ensayo 1 es el control y se corresponde con el producto Betaprime 1.

En la tabla se observa que el tiempo de curado necesario para alcanzar una rotura cohesiva tanto para el Betaprime 2 como para el Betaprime 3 es mayor que para el producto actual (Betaprime 1). Sin embargo, al cabo de 72 horas, se alcanzan resultados mejores que con el producto actual (Betaprime 1) en cuanto a fuerza a tracción soportada que es entre un 5 y un 15 % superior. Además, se observa que trabajar con una superficie húmeda en el parabrisas permite obtener mejores resultados de fuerza resistida a la tracción en todos los casos.

Tabla 2. Resultados ensayos de tracción.

Ensayo	Descripción	Tiempo de curado (h)	Fuerza (N)	Modo de fallo
1	Betaprime 1 húmedo	8	6,20	Cohesiva
		72	7,76	Cohesiva
	Betaprime 1 seco	8	5,50	Cohesiva
		72	6,20	Cohesiva
2	Betaprime 2 húmedo	8	2,50	Adhesiva

Ensayo	Descripción	Tiempo de curado (h)	Fuerza (N)	Modo de fallo	
3	Betaprime 2 seco	72	8,75	Cohesiva	
		8	2,10	Adhesiva	
	Betaprime 3 húmedo	72	7,50	Cohesiva	
		8	2,30	Adhesiva	
	Betaprime 3 seco	72	8	Cohesiva	
		8	2,10	Adhesiva	
			72	7	Cohesiva

C) Comparación de los productos sustitutos y actual

La comparación entre los tres Betaprime se muestra en la tabla 3:

Tabla 3. Comparación entre los 3 Betaprime.

Parámetros	Betaprime 1 (actual)	Betaprime 2	Betaprime 3
Precio	31,76€	46,55€	28,30€
Resultados experimentales	Supera el mínimo en todos los ensayos	Supera el mínimo en todos los ensayos	Supera el mínimo en todos los ensayos
Color	Negro	Negro	Blanco
Riesgos para la salud y medioambiente	Inflamable, tóxico y provoca alergia o asma	Inflamable y tóxico	Inflamable, tóxico, provoca alergia o asma y peligro medio ambiente
Forma de aplicar	Pintado fácil	Pintado fácil	Pintado fácil

Tanto el Betaprime 2 como el 3 cumplen los requisitos exigidos en cuanto a tracción y torsión, y son comparables al producto actual Betaprime 1 tal y como se ha comentado anteriormente. El Betaprime 2 posee un precio más elevado que el 3, y también es superior al producto actual utilizado. Betaprime 3 presenta riesgos similares al Betaprime 1, siendo el 2 el que menores riesgos plantea de los tres, al ser únicamente inflamable y tóxico, y no presenta ningún riesgo para el medioambiente. Desde el punto de vista económico el Betaprime 3 es el potencial sustituto del 1 al ser más barato, tener propiedades similares aunque sea un poco más peligroso, sin embargo, posee una característica de color (blanco) que finalmente ha obligado

a descartarlo, ya que ensayos adicionales realizados han mostrado que el robot que debe utilizarlo no es capaz de detectarlo adecuadamente debido a su color. Por ello, se descarta el Betaprime 3 y se continúan los ensayos de envejecimiento, ciclo térmico y radiación UV con el Betaprime 2 y el producto actual (Betaprime 1).

4.2 Resultados ensayos experimentales de envejecimiento, ciclo térmico y UV

Los resultados de envejecimiento se muestran en la tabla 4 para una selección de muestras de las 54 probadas:

Tabla 4. Resultados de torsión tras ensayos de envejecimiento

Acondicionamiento	Vidrio pintado con Betaprime 2 y baseta pintada con Betawipe		Vidrio pintado con Betaprime 1 y baseta pintada con Betawipe (control)	
	Resistencia al torque (N·m)	Tipo de rotura	Resistencia al torque (N·m)	Tipo de rotura
Inicial (fase 1)	>50	No falla	>50	No falla
	>50	Rompe vidrio	>50	No falla
	>50	A más de 55 tuerce la baseta	>50	No falla
Agua (fase 2)	>30	Rompe vidrio	>56	No falla
	>50	Rompe vidrio	>50	No falla
	>50	Rompe vidrio	>50	No falla
Estufa (fase 3)	---	Nulo	>50	No falla
	>50	No falla	>50	No falla
	---	Nulo	>50	No falla

Los resultados obtenidos muestran que todas las muestras ensayadas en las que el vidrio está pintado con el Betaprime 1 o con el Betaprime 2 cumplen el requisito de fuerza de torsión de al menos 20 N·m. Además, no dan ningún tipo de fallo que no sea la rotura del vidrio o la torcedura de la baseta, motivos ajenos a lo que se quiere probar que es la unión y resistencia del producto nuevo y que no afectan a la conclusión del ensayo. Las muestras declaradas nulas fueron debido a que el cristal donde se encontraba la baseta cedía fácilmente. Por tanto, en el ensayo de envejecimiento el Betaprime 2 se comporta de forma similar al Betaprime 1.

Se muestran en la tabla 5 los resultados de los ensayos de ciclos térmicos y resistencia UV.

Tabla 5. Resultados ensayos de ciclo térmico y UV mediante torsión.

Acondicionamiento	Baseta 2 pintada con Betawipe y vidrio pintado con Betaprime 2		Vidrio pintado con Betaprime 1 y baseta pintada con Betawipe (control)	
	Resistencia al torque (N·m)	Tipo de rotura	Resistencia al torque N·m	Tipo de rotura
Inicial (fase 1)	>50	No falla	>50	No falla
	>50	No falla	46	Cohesiva vidrio
	50	Cohesiva vidrio	>50	No falla
Ciclo térmico	47	Cohesiva vidrio	>50	No falla
	>50	No falla	>50	No falla
	>50	No falla	>50	No falla
Resistencia UV	42	Cohesiva vidrio	>50	No falla
	46	Cohesiva vidrio	>50	No falla
	>50	No falla	45	Cohesiva vidrio

Como se puede observar cumplen de manera correcta las especificaciones mínimas de resistencia al torque (20 N·m), siendo en todos los casos superiores a los 40 N·m. Respecto al tipo de rotura, esta no se produce y si lo hace es debido a que el vidrio no resiste a la fuerza aplicada (pero se trata de un motivo externo al objetivo del ensayo). Por tanto, en el ensayo de ciclo térmico y radiación UV el Betaprime 2 se comporta de forma similar al Betaprime 1.

4.3 Análisis de la sustitución del producto actual

Como se ha comentado, los resultados obtenidos en los ensayos realizados son similares para el producto actual y el potencial sustituto.

En relación al coste se ha realizado un balance económico de implementación en el proceso productivo, ya que Betaprime 2 es más caro que el producto actual. La tabla 6 muestra el coste de preparación de componentes con la secuencia actual (en la que se usa Betawipe y Betaprime 1) y con la nueva propuesta (en la que solo se utiliza Betawipe), así como el coste de aplicación en la línea de producción.

En la zona de preparación de componentes el gasto se verá reducido al dejar de usar el Betaprime 1 en el nuevo proceso ahorrando 6143,78 € anuales. Por otro lado, en la línea de producción el coste del nuevo proceso con Betaprime 2 será mayor ya que este producto es mucho más caro ascendiendo a 45246,60€ respecto de los 34705,20 € del proceso actual. Por tanto, la inversión en la adquisición de productos del proceso actual asciende a 41630,53 € mientras que el nuevo proceso supone un coste de 46028,15 €. Por tanto, el cambio supone un gasto anual extra de 4400 € en lo que se refiere a inversión en productos para la empresa.

Tabla 6. Análisis del gasto en la preparación de componentes y en producción en planta

Preparación de componentes					
Proceso		Cantidad (L)	Precio unitario (€)	Coste total parcial (€)	Coste total (€)
Actual	Betawipe	55	14,21	781,55	6925,33
	Betaprime 1	194	31,67	6143,98	
Sustituto	Betawipe	55	14,21	781,55	781,55
Producción en planta					
Actual	Betawipe	276	14,21	3921,96	34705,20
	Betaprime 1	972	31,67	30783,24	
Sustituto	Betaprime 2	972	46,55	45246,60	45246,60

No obstante, la ventaja económica del cambio se encuentra en el proceso. La empresa trabaja 5418 horas anuales, en 3 turnos de trabajo, es decir, 1806 horas por turno. El análisis de tiempos para la implementación del producto sustituto realizada concluye que la aplicación de Betaprime 2 permite ahorrar acciones y producir una pieza en menos tiempo, suponiendo una mejora del 40% en los tiempos de producción, lo que supone una reducción del número de horas trabajadas anualmente hasta 1083,6 por turno. Sabiendo que el coste es de 17 €/hora para un operario, el cambio de producto supone un ahorro anual de 73684,80 € para la empresa además del uso de un producto más sostenible y menos peligroso para los trabajadores.

Tabla 7. Análisis de ahorro por el cambio de producto.

Procedimiento anterior		
Horas/año	Precio €/hora	Coste total (€)
1806	17	30702
Procedimiento nuevo		
1083,6	17	18421,2
Ahorro anual por operario en esta línea (€)		12280,8
Operarios por turno:		6
Ahorro anual por turno (€):		73684,8

5. Conclusiones

Los productos sustitutos Betaprime 2 y 3 poseen propiedades similares al producto actual, lo que permite obtener resultados comparables en los ensayos de tracción y torsión. Estos productos presentan un mejor comportamiento en situaciones de humedades relativas altas ya que permiten un curado más rápido.

El Betaprime 3 es transparente lo que ha provocado dificultades de detección por el robot utilizado en algunas partes del proceso, y ha obligado a descartarlo a pesar de sus excelentes resultados de resistencia y bajo coste.

El Betaprime 2 proporciona resultados similares al producto actual en los ensayos de envejecimiento, ciclo térmico y UV. Además, es un producto no peligroso para el medioambiente.

A pesar de que el Betaprime 2 es más caro, los mayores costes de inversión se compensan holgadamente con la reducción en un 40 % de los tiempos de producción, lo que supone una disminución del coste de mano de obra necesaria, y un ahorro de más de 70.000 €/año para la empresa.

La sustitución de Betaprime 1 por Betaprime 2 es factible, rentable y contribuye a mejorar la productividad y la competitividad de la empresa además de ser más sostenible al no ser peligroso para el medioambiente y presentar menor riesgos para los trabajadores.

6. Bibliografía

Climalit. (2016, 11 Enero). *El vidrio laminado*. Obtenido de: <https://climalit.es/blog/el-vidrio-laminado/>

Converzar. (2019, 1 Abril). *Modos de fallo en adhesivos*. Obtenido de: <https://converzar.com/modos-de-fallo-en-adhesivos/>

Esteban Herrera, I. (2005). Fracasos en la adhesión. *Avances en Odontología*, 21(2), 63-69. Obtenido de: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852005000200002

Fidalgo, R. (2017, 11 diciembre). *Un parabrisas mal reparado puede inutilizar sistema de seguridad*. Autocasión. Obtenido de: <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/un-parabrisas-mal-reparado-puede-inutilizar-sistemas-de-seguridad>

Fisair. (2020, 16 octubre) *Fabricación de vidrio de seguridad laminado*. Obtenido de: <https://fisair.com/es/aplicaciones/fabricacion-de-vidrio-de-seguridad-laminado/>

Mateos-Aparicio, J. P. (2014, 23 Octubre). *Cómo funcionan los sensores de luces y de lluvia de los coches*. Autofacil. Obtenido de: <https://www.autofacil.es/tecnica/funcionan-sensores-luces-lluvia-coches/56230.html>

Neurtek. (s.f.). *Cámara de envejecimiento acelerado por luz ultravioleta UV Box*. Obtenido de: <https://www.neurtek.com/es/ensayos-ambientales/camara-envejecimiento-acelerado-degradacion-solar/camara-envejecimiento-acelerado-por-luz-ultravioleta-uv-box>

Vidrioservice. (2021, 16 Marzo). *¿Cómo se fabrica el vidrio laminado?* Obtenido de: <https://www.vidrioservice.com/como-se-fabrica-el-vidrio-laminado/>.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

