

## INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE BALDOSAS DE CAUCHO RECICLADO A PARTIR DE RESIDUOS PROCEDENTES DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE COMPONENTES ANTIVIBRACIÓN

M.J. Bastante-Ceca<sup>1</sup>

G. Abad Pérez<sup>2</sup>

C. Jiménez Pascual<sup>2</sup>

B. Pacheco-Blanco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Universitat Politècnica de València*

<sup>2</sup>*Anvis Automotive Spain SAU*

### Abstract

This paper presents a project developed within Anvis Automotive Spain SAU, dedicated to the manufacturing of anti-vibration systems for the automotive industry. The results of it is a process to recycle the rubber generated as a residue and to get tiles made of recycled rubber, suitable to be used as a anti fatigue floor, pavement safety in playgrounds, and so on.

Regarding to environment, European Union points out waste management as one of the main areas to act, according to the basics: waste prevention, optimization of recycling, reuse and safely disposal. Furthermore, last December was over the period that the Members States had to transpose Directive 98/2008/EC on waste. In Spain was presented a draft bill on waste and contaminated land in June.

According to the latest available data at the Spanish Institute of Statistics (2008), Castilla and León was the region where more industrial wastes were generated. In this time of economic recession, the project presented here will help lower the amount of waste generated, and not only it will contribute to the creation of a new unit of business, but also will suppose an incentive for the generation of employment and an important contribution to sustainable development.

**Keywords:** *ecodesign; recycling; waste; sustainable development; environmental*

### Resumen

Esta ponencia presenta un proyecto desarrollado en la empresa Anvis–Automotive Spain SAU, dedicada a la fabricación de componentes antivibración para el sector de la automoción, consistente en el desarrollo de un proceso para reciclar el caucho residual y fabricar baldosas de caucho reciclado, aptas para ser empleadas como suelos antifatiga, pavimento de parques infantiles, gimnasios, etc.

La Unión Europea, en materia medioambiental, señala como área fundamental la gestión de los residuos conforme a los siguientes principios: reducción del volumen generado, optimización del reciclado, reutilización y eliminación segura. Además, en diciembre de 2010 finalizó el plazo para que los Estados Miembros traspongan la Directiva 98/2008/CE, sobre los residuos, habiéndose presentado ya un anteproyecto de Ley.

En España, y según los últimos datos disponibles en el Instituto Nacional de Estadística (2008) Castilla y León fue la comunidad que más residuos generó en el sector industrial.

En esta época de recesión económica, un proyecto de este tipo ayudará a disminuir la cantidad de residuos generada, al tiempo que supone no sólo la creación de una nueva unidad de negocio, sino también un incentivo para la creación de empleo, y una importante contribución a la conservación medioambiental y al desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** *ecodiseño; reciclaje; residuos; desarrollo sostenible; ambiental*

## 1. Introducción

El reciclaje del caucho posee un extenso campo de aplicaciones, entre las que se encuentran: la decoración de jardines y obra civil, suelo de seguridad para parques infantiles, relleno de campos de césped artificial, pavimento para vestuarios, puestos de trabajo, guarderías, zonas deportivas, aislante acústico, guardarrailes, pistas de atletismo, pistas de equitación, cuadras, etc.

En la actualidad, el 30% de los residuos procedentes del caucho son destinados a su valorización energética, destinando el 70% restante a otros aprovechamientos, tal como muestra la figura siguiente:

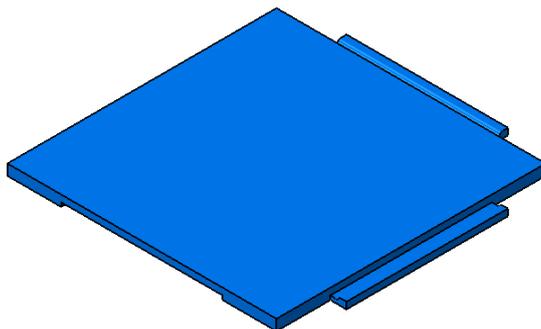
**Figura 1: Valorización de los residuos de caucho triturado**



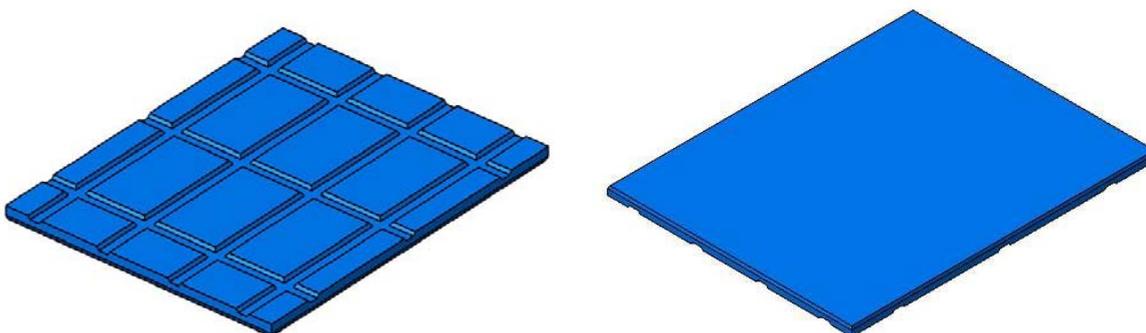
Esta ponencia presenta los resultados de un proyecto enfocado hacia la producción de baldosas de caucho triturado para el uso como pavimento de seguridad en parques infantiles, puestos de trabajo y/o aplicaciones similares. Este producto abre una nueva línea de negocio para la empresa con un sistema de producción sensiblemente diferente al que se emplea en la fabricación del resto de productos. Este cambio implica ciertas ventajas e inconvenientes: ventajas en cuanto a la flexibilidad y dinamismo que supone comercializar un producto nuevo y la gestión de parte de los residuos generados durante la producción del resto de productos; e inconvenientes en cuanto al coste de la inversión y mantenimiento de nueva maquinaria, compra de materia prima y la formación del personal, entre otros.

Las principales ventajas de las baldosas de caucho reciclado derivan tanto de la propia composición de la baldosa como del diseño de la misma. Por una parte, debido a las propias cualidades de la goma se ofrece un pavimento antideslizante, reducción de ruidos, amortiguación de impactos, alta resistencia al desgaste, etc., y por otra, el diseño de la baldosa permite acentuar las propiedades antes citadas, así como un importante avance en cuanto a la colocación de las mismas con el consiguiente ahorro económico por la facilidad y rapidez de colocación.

**Figura 2: Imagen del diseño de una baldosa de caucho reciclado con postizo**



**Figura 3: Imagen del diseño inferior (izqda.) y superior (dcha.) de una baldosa**



De forma esquemática, puede afirmarse que las baldosas de caucho triturado poseen como principales ventajas:

- Versatilidad en su aplicación
- Confortable para la pisada
- Máxima protección y reducción de daños producidos por caídas
- Facilidad de instalación
- Posibilidad de engarzar las baldosas sin necesidad de utilizar ninguna sustancia química como adhesivo
- Facilidad de limpieza y mantenimiento nulo
- Posibilidad de traslado sin deterioro
- No presenta materiales tóxicos (PVC<sup>1</sup> y halógenos)

<sup>1</sup> Debido a la presencia de cloro en el polímero, una mala combustión del PVC puede conducir a la liberación de dioxinas al ambiente, con los peligros potenciales que ello supone.

- No daña al medio ambiente. Producto ecológico, por un desarrollo sostenible.
- Antideslizante
- Alta resistencia a la abrasión
- Reductor de ruido
- Resistente a las condiciones ambientales
- Amplia gama de colores
- Resistente a las quemaduras de cigarrillo
- Antiestáticos. No producen cargas electrostáticas perceptibles para las personas
- Buen drenaje de agua, con base estructurada para evacuarla
- Precio competitivo
- Cumple con la normativa de seguridad en parques infantiles UNE EN-1177

## **2. Objetivos y factores motivantes**

El objetivo del proyecto era dar salida a la gran cantidad de residuos de caucho generados en su proceso de producción, encontrando una nueva línea de negocio para la empresa, que además de beneficio económico (ahorro en gastos de gestión de residuos y aprovechamiento de un residuo como materia prima para la elaboración de un nuevo producto, evitando los costes de adquisición de las losetas a otro fabricante), les reportase un beneficio ambiental.

En estos momentos la gestión de los residuos, entre ellos el caucho, se tramita a través de un gestor autorizado. El caucho se separa por clases y se almacena en diferentes contenedores de gran volumen y a lo largo del año se realizan varias recogidas. La frecuencia de recogida del caucho natural es de 1 vez a la semana cuando ya se alcanzan las 7 u 8 toneladas de peso, mientras el caucho sintético (EPDM) y la silicona se recogen una vez al mes cuando su peso alcanza las 2,5 T y 300 kg respectivamente. Aunque el peso de este residuo es reducido, el volumen que alcanza es considerable. De ahí que aparezca la problemática del almacenamiento.

Otro de los problemas que surgen es la necesidad de cubrir las plataformas de los puestos de trabajo para aumentar la ergonomía en cada uno de ellos. El coste de cubrir cada una de las plataformas es muy elevado y además a través de las consultas a empresas especializadas la solución a adoptar es instalar una especie de moqueta de caucho reciclado. A partir de ahí se observó que ese material era el mismo que hasta el momento se estaba desechando, y cuya gestión estaba generando un coste.

La gestión de este residuo para que otras empresas lo empleen en su proceso de producción no resulta muy atractiva para ellas, ya que el volumen del caucho que se les puede ofrecer es insignificante en comparación con las cantidades que recogen a partir de los neumáticos que están fuera de uso. La ventaja que se posee frente al caucho residual de los neumáticos es que no presenta ninguna mezcla con otros materiales, sobretodo metales.

Por lo tanto, la empresa se planteó su aprovechamiento creando ella misma las losetas de caucho que necesitaba para los suelos de los distintos puestos de trabajo.

### 3. Metodología

La metodología a seguir fue, tras conocer las distintas posibilidades para valorizar el caucho, y más concretamente las posibilidades para aprovechar el caucho triturado, realizar un estudio de las alternativas posibles para aprovechar el caucho para, posteriormente, realizar una valoración económica de las distintas alternativas, eligiendo aquella que resultase más atractiva para la empresa.

En un principio el principal mercado para la comercialización será el interno. Es decir, las primeras baldosas se colocarán en cada uno de los puestos de trabajo de la propia planta para mejorar la ergonomía de los mismos. Además de este beneficio para los trabajadores, esta será la mejor prueba para comprobar de primera mano las aplicaciones y beneficios del producto.

Externamente, el principal mercado potencial para la comercialización de las baldosas serán: particulares directamente para pequeñas aplicaciones en garajes, terrazas, etc., empresas para cubrir los suelos de sus puestos de trabajo, instaladores de pavimentos para emplearlo en la construcción de parques infantiles, zonas deportivas, guarderías, centros de equitación, o instituciones públicas para distintos usos en obras civiles.

Respecto a las aplicaciones de este producto como suelo de seguridad en parques infantiles, guarderías y recintos similares, se contempla a medio plazo aunque en crecimiento gracias al cumplimiento de toda la normativa vigente.

A largo plazo se espera poder distribuir este producto a diferentes países gracias a la red logística del grupo multinacional Anvis.

El estudio de la producción se ha realizado detenidamente para obtener la máxima rentabilidad y eficiencia de modo que el producto que sale al mercado posea un precio muy competitivo y unas prestaciones muy atractivas para el consumidor.

A continuación se presenta una breve descripción de las distintas alternativas disponibles para la valorización del caucho, así como de las distintas aplicaciones que pueden encontrarse para el caucho triturado.

#### 3.1. Tecnologías de valorización del caucho

Existen en la actualidad diversas técnicas que permiten llevar a cabo la valorización material y/o energética del caucho residual, entre las que se encuentran (Cano Serrano et al., 2007):

- Tecnologías fuera de los sistemas de reciclado del material, entre las que se incluye el recauchutado.
- Tratamientos mecánicos, donde se procede al triturado del caucho.
- Tecnologías de reducción de tamaño, mediante molineras que permiten obtener polvo de caucho que pueden ser mecánicas a temperatura ambiente, molineras criogénicas o húmedas.
- Tecnologías de regeneración, la recuperación o reclaiming y la desvulcanización.
- Otras tecnologías, como la pirolisis y la termólisis.

Las tecnologías y aplicaciones que permiten valorizar material y energéticamente el caucho, son numerosas. Por lo tanto, no es necesario ceñirse a una única tecnología, siendo lo más ventajoso utilizar varias de ellas combinadas para reducir lo más posible las grandes cantidades de caucho que se producen.

La Figura 4 muestra una descripción de las distintas tecnologías empleadas para la valorización del caucho, así como sus ventajas e inconvenientes.

**Figura 4: Tecnologías para la valorización del caucho (Cano Serrano et al., 2007)**

<i>Tecnología</i>	<i>Características</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Recauchutado	Sustitución de las gomas viejas de los neumáticos y reconstrucción de la estructura original.	- Se necesita menos cantidad de crudo que en neumático nuevo. - Reducción coste fabricación 30-50%.	- Número limitado de recauchutados. - Características ligeramente disminuidas.
Tratamientos mecánicos	Trituración previa de los NFU para reducir el tamaño.	- Permite la reducción del volumen, importante en vertederos. - Facilita la molienda u otras técnicas.	- No existen muchos estudios para mejora de la técnica.
Tecnologías de reducción de tamaño	- Molienda a temperatura ambiente (mecánica). - Molienda criogénica (enfriamiento del caucho mediante N <sub>2</sub> ). - Molienda húmeda (por chorro de agua).	- Consigue reducir a tamaños que van desde 500 mm a inferiores de 500 μm. - Molienda criogénica permite partículas de menor tamaño, superficie más suave y menor oxidación superficial. - Muy empleada.	- Lixiviado de ZnO. - Molienda a T.A.; Coste elevado por la necesidad de un mantenimiento continuo de la maquinaria Mayor sensibilidad a los agentes atmosféricos. - Molienda criogénica; Coste adicional por precio del N <sub>2</sub> y fase adicional de secado.
Tecnologías de regeneración	- Desvulcanización; rotura selectiva del enlace químico entrecruzado del azufre en el caucho vulcanizado. - Recuperación; recuperar caucho vulcanizado mediante desvulc. o despolimerización.	- Consigue una descomposición de los componentes del neumático. - Permite reutilizar los componentes de caucho de los NFU para la fabricación de distintos elementos.	- Caucho obtenido con propiedades físicas inferiores al original. - Importante una óptima elección de la materia prima y condiciones de proceso.
Pirólisis	Calentamiento del granulado de NFU a temperatura 400-800°C en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo.	- Descomposición de los componentes del neumático. - Gases pirolíticos tienen elevado poder calorífico. - Negro de carbono se puede reutilizar para fabricación de nuevos elementos. - Negro pirolítico para coloración y absorbente luz UV.	- Problemática con la aplicación de los aceites condensables obtenidos. - Características de los productos depende de las condiciones del proceso. Importante un ajuste de los parámetros. - Carbono pirolítico tiene propiedades similares o inferiores a la serie 700.

### 3.2. Aplicaciones del caucho triturado

Dentro de las distintas opciones que presentan cada una de las tecnologías antes mencionadas, el proyecto se centró en las aplicaciones del caucho triturado, ya que para empezar es la opción más sencilla y económica. Así, las posibles aplicaciones del caucho triturado son (Cano Serrano et al., 2007):

- Rellenos ligeros: empleados como relleno de terraplenes. Los rellenos ligeros también pueden utilizarse sobre estructuras o tuberías enterradas, para limitar las cargas sobre la estructura y la concentración de tensiones por consolidación diferencial, ya que su deformabilidad permite la generación de un efecto bóveda sobre la estructura. Resulta un material especialmente adecuado como relleno ligero en trasdós de muros (estribos de puentes, muros de sostenimiento, etc.).
- Pistas de atletismo: los gránulos de caucho reciclado son una materia prima básica en la composición de los distintos revestimientos sintéticos, que se pueden clasificar en revestimientos realizados "in situ", mixtos y prefabricados, atendiendo a su puesta en obra, que a su vez pueden ser compactos o multicapas si el tipo de mezclas que lo componen es homogéneo o compuesto por capas de distintas calidades. En la construcción de una pista de atletismo se emplean aproximadamente de setenta a ochenta toneladas de gránulos de caucho, según el sistema que se instale y de la superficie de la pista, siendo las partículas de caucho de un tamaño comprendido entre 1 y 4 mm.
- Aislamiento térmico: el caucho triturado es un material física y químicamente resistente. Se puede considerar que presenta una capacidad de aislamiento térmico 8 veces superior a la de un suelo. La utilización de rellenos de caucho reciclado en terraplenes

de carreteras proporciona una protección eficaz frente a la penetración de la helada en el suelo subyacente. El problema de la pérdida de capacidad portante de los suelos durante el deshielo primaveral es un factor primordial de diseño de carreteras en zonas frías. Las propiedades de protección frente a la penetración de la helada pueden aplicarse también a otras situaciones tales como la construcción de vertedero, de zanjas drenantes, etc.

- Aislamiento acústico: el caucho es un material con buena absorción acústica, por lo que resulta adecuado para la fabricación de pantallas antirruído en carreteras. El caucho troceado, así como entero, ha sido utilizado como material de relleno de terraplenes longitudinales utilizados como barreras antirruído.
- Pistas multiuso: las características generales que deben cumplir todos los pavimentos deportivos son: elasticidad, resistencia al deslizamiento y durabilidad. La elasticidad permite que el pavimento juegue un papel importante absorbiendo parte de la energía que el deportista transmite en sus impactos con el pavimento evitando así lesiones en sus articulaciones y en sus caídas. Las capas elásticas de mejor calidad se fabrican con gránulos de caucho procedentes de la trituración de caucho usado, utilizando generalmente como aglomerante una resina de poliuretano; se fabrican en distintos espesores a pie de obra o se suministran prefabricadas en forma de rollos.
- Campos de hierba artificial: existen en el mercado alfombras de hierba artificial, iniciadas para los campos de hockey, para la práctica del fútbol que consisten en una base asfáltica, seguidas de una capa de arena y otra de gránulos de caucho y por último las fibras.
- Colchonetas para animales, recubiertas por 2 capas de tela sintética la cual protege al granulado contra los rayos ultravioleta. La capa interior es impermeable y puede lavarse y desinfectarse fácilmente.
- Pavimentos de seguridad: se utilizan principalmente en parques infantiles, guarderías y residencias de ancianos para evitar posibles lesiones por caídas al resultar un pavimento elástico.
- Capa drenante en vertederos, para la recogida de lixiviados: se establece la instalación de una capa de drenaje de espesor superior a 0.5 mm. Esta capa requiere una permeabilidad superior a  $10^{-3}$  m/s y los rellenos de caucho troceado superan este requisito ( $10^{-2}$  -  $10^{-1}$ ).
- Sistemas de drenaje en carreteras: se emplean el caucho troceado como material de relleno de capas y zanjas drenantes en carreteras; las propiedades elásticas del relleno proporcionan una protección mecánica a las tuberías. Las propiedades aislantes del caucho hacen que sea un material de relleno idóneo en zonas sometidas a temperaturas bajas, impidiendo la congelación del agua contenida en él.
- Calzado: las suelas de los zapatos fabricadas con polvo o granulado son muy duraderas y a menudo duran más que el cuerpo del zapato.
- Equipamientos viales y ferroviarios: se han utilizado productos reciclados en equipamientos viales prefabricados (bordillos, badenes, isletas, bandas sonoras, conos de señalización, barreras de seguridad, quitamiedos, etc.).

### **3.3. Alternativas propuestas**

#### **3.3.1 Alternativa 1: venta del caucho**

La primera alternativa consiste en mantener la situación actual, donde el desperdicio de caucho generado tras los procesos de producción se vende a gestores de residuos autorizados. Se ha establecido un contrato con varias empresas externas de modo que recogen durante el año el caucho natural y EPDM, y pagan en función de la cantidad recogida de los mismos.

Para realizar esta tarea existen en la empresa varios contenedores de gran tamaño donde se van depositando las diferentes clases de caucho de forma separada, por un lado el caucho natural, y por otro lado el EPDM. El coste del contenedor y del transporte de la mercancía es nulo para la empresa ya que los asume el gestor, y el único inconveniente es la ocupación del espacio debida a los contenedores.

#### **3.3.2 Alternativa 2: trituración del caucho y venta del mismo**

La segunda alternativa consiste en triturar el caucho en la propia planta y venderlo a los distintos fabricantes de productos de caucho reciclado. Además de lograr un beneficio por la venta del material, se conseguirá reducir el espacio necesario para almacenar el caucho.

Para determinar la viabilidad económica de esta propuesta se ha contactado con distintos proveedores de maquinaria con el objetivo de analizar la rentabilidad que supone instalar en la planta un molino para granular el caucho. Además de analizar las características técnicas que más se ajusten a las necesidades de producción, se debe estudiar la problemática del espacio y del ruido que produzca este proceso, entre otros aspectos.

#### **3.3.3 Alternativa 3: fabricación de productos de caucho reciclado**

La tercera alternativa consiste en realizar en la propia planta la fabricación de productos de caucho reciclado. Así, en este caso se estudiará la factibilidad de realizar el proceso completo de fabricación, desde el triturado hasta el compactado del caucho. Para la etapa inicial del triturado se va a partir de la información obtenida en la segunda alternativa, y además se contemplará también la posibilidad de llegar a un acuerdo con la empresa que actualmente recoge el residuo para que lo devuelva una vez triturado. Para las siguientes etapas se ha de contactar con los distintos proveedores de adhesivo, colorante y desmoldeante, además de diseñar un molde acorde con el proceso de producción. Siguiendo con este último apunte, se ha de diseñar un proceso de producción y contactar con los diferentes proveedores de maquinaria para realizar la mezcla del producto y el compactado.

Una vez están planificadas las tareas de producción se han de realizar pruebas y buscar la información necesaria para homologar el producto. Por último, se debe realizar un estudio de mercado, buscar clientes y establecer relaciones con distribuidores para la comercialización del producto.

### **3.4. Valoración de las propuestas**

Se realiza a continuación una valoración económica de las distintas alternativas presentadas en el apartado anterior, para el aprovechamiento del caucho, con el objetivo de determinar cuál de ellas resultaría más rentable para la empresa.

### 3.4.1 Valoración económica de la Alternativa 1

La situación actual es buena, ya que se obtiene un beneficio de los residuos generados, pero este margen es pequeño y el espacio que ocupa el material en la planta es considerable.

Para ello, previamente debe determinarse algunos datos, como son el coste de manipulación del material (dicha manipulación supone aproximadamente una hora de trabajo diaria de los jefes de equipo, siendo el coste horario de 16,41 €/h), y el coste de la superficie ocupada, que se calcula una vez conocido el coste anual que supone cada metro cuadrado de la planta, y a partir de ese dato se obtiene el coste de todos los metros cuadrados que ocupan los contenedores de caucho.

Así, la Tabla 2 muestra los datos necesarios para la determinación del balance de ingresos y gastos correspondientes a la Alternativa 1:

**Tabla 1: Datos correspondientes a la Propuesta 1**

<b>Datos:</b>	<b>Resultados</b>
Superficie ocupada debida al almacenaje	23,46 m <sup>2</sup>
Superficie total del edificio	4.740 m <sup>2</sup>
Dotación anual del edificio	36.656,64 €
Coste horario del jefe de equipo	16,41 €/h
Tiempo dedicado por el jefe de equipo a la manipulación	1 h/día
Número de días laborables al año	220
<b>Cálculos:</b>	<b>Resultados</b>
Coste del suelo = 36.656,64/4.740 x 23,46	181,43 € anuales
Coste manipulación = 16,41 x 220	3.610,20 € anuales

La Tabla 3 muestra un balance de los ingresos que se obtienen a partir de la venta del caucho residual tal y como sale de la línea de producción, frente al coste del suelo ocupado por los contenedores y al coste de la manipulación del material.

**Tabla 2: Balance anual de la venta del caucho residual**

	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>p.u.</b>	<b>Importe</b>	<b>Total</b>
Ingresos por la venta del caucho	Caucho natural	249,275 T	2 €/T	498,55 €	10.623,55 €
	EPDM	33,75 T	300 €/T	10.125,00 €	
Coste del suelo				181,43 €	3.791,63 €
Coste de la manipulación				3.610,20 €	
<b>Total</b>					<b>6.831,92 €</b>

### 3.4.2 Valoración económica de la Alternativa 2

En el caso de enviar el material residual tal y como se genera a una empresa externa surge el gran inconveniente del transporte, ya que el coste del mismo es muy elevado, debido

principalmente a que este material ocupa un volumen muy grande y posee muy poco peso. Por este motivo, a las empresas que se dedican a realizar aplicaciones con el caucho reciclado no les resulta muy rentable llevárselo.

Una de las posibilidades para solventar en cierto grado el inconveniente del transporte es realizar el triturado en la propia planta. Esta posibilidad supone una inversión importante en maquinaria, y además del aspecto económico aparecen distintos inconvenientes como es el espacio necesario para instalar la maquinaria y su posterior aislamiento, debido a la cantidad de ruido que genera este proceso. Por otro lado, la salida de este material para su posterior venta es complicada debido a que la cantidad que se generaría anualmente es reducida en comparación con el conseguido por otras empresas, procedentes sobre todo de la trituración de neumáticos fuera de uso.

Además del coste del suelo, el coste de la maquinaria necesaria se debe prácticamente en su totalidad al molino triturador. A partir de la ofertas recibidas se va a estimar una inversión inicial de 50.000 € y un mantenimiento de 2.000 € al año. Además, se va a continuar necesitando la inversión y el mantenimiento en los diferentes contenedores para almacenar el caucho residual y llevarlo hasta el molino.

El coste de la mano de obra corresponde ahora, por un lado, a la hora diaria del jefe de equipo que manipula el residuo y, por otro, a las ocho horas diarias que un operario está triturando el material.

La Tabla 4 muestra el balance anual de ingresos y gastos de la Alternativa 2.

**Tabla 3: Balance anual de la venta del caucho triturado**

				Importe	Total
Ingresos por la venta del caucho triturado	Caucho Natural	249,275 T	150 €/T	37.391,25 €	47.516,25 €
	EPDM	33,75 T	300 €/T	10.125,00 €	
Coste del suelo				200,00 €	38.215,00 €
Coste de la mano de obra (Operario 12,73 €/h – Jefe equipo 16,41 €/h)				26.015,00 €	
Coste de la maquinaria (Amortización a 5 años)				12.000,00 €	
				<b>Total</b>	<b>9.301,25 €</b>

Aunque se logra reducir el espacio ocupado por el material, la instalación del molino va a ocupar un espacio similar. Por tanto se puede concluir que el beneficio que se lograría a través de esta iniciativa sería por la venta del material granulado. A partir de este breve balance se puede ver que la propuesta posee un margen amplio de beneficio, pero el riesgo es más elevado ya que la inversión inicial es mayor.

### 3.4.3 Valoración económica de la Alternativa 3

En un principio la posibilidad de triturar el caucho en la propia planta supone una alta inversión para empezar en un mercado totalmente nuevo, por ese motivo se establecerá un acuerdo con alguna de las empresas que actualmente recogen el residuo para que devuelvan la cantidad necesaria del mismo material pero ya triturado a la granulometría adecuada.

A continuación se realiza un breve balance de esta alternativa, considerando que se producen losetas de caucho reciclado, estimando una producción de aproximadamente 21

losetas por hora, y tomando como precio de venta el del mercado (25 €/m<sup>2</sup>). Además, se hace una estimación de los principales costes a imputar.

**Tabla 4: Balance de la venta de losetas de caucho reciclado con triturado externo**

			Importe	Total
Ingresos por la venta de losetas	15.700 m <sup>2</sup>	25 €/m <sup>2</sup>	392.500,00 €	392.500,00 €
Coste del suelo			200,00 €	
Coste de la mano de obra (Operario 12,73 €/h – Jefe equipo 16,41 €/h)			41.680,00 €	230.280,00 €
Coste del material (2,25 €/loseta – 62.800 losetas)			141.300,00 €	
Coste de producción (0,75 €/loseta – 62.800 losetas)			47.100,00 €	
			<b>Total</b>	<b>162.220,00 €</b>

**Tabla 5: Balance de la venta de losetas de caucho reciclado con triturado propio**

			Importe	Total
Ingresos por la venta de losetas	15.700 m <sup>2</sup>	25 €/m <sup>2</sup>	392.500,00 €	392.500,00 €
Coste del suelo			400,00 €	
Coste de la mano de obra (Operario 12,73 €/h – Jefe equipo 16,41 €/h)			41.680,00 €	
Coste del material (1,15 €/loseta – 62.800 losetas)			72.220,00 €	199.615,00 €
Coste de producción (0,75 €/loseta – 62.800 losetas)			47.100,00 €	
Coste del triturado (Alternativa 2)			38.215,00 €	
			<b>Total</b>	<b>192.885,00 €</b>

#### 4. Resultados. Selección final de la propuesta

Una vez realizada la valoración de las tres alternativas propuestas, se contempla como viable la última, ya que se cuenta con la materia prima principal y se dispone, al mismo tiempo, de parte de los medios productivos.

En lo referente al tamaño del proyecto se debe tener en cuenta que se dispone de la materia prima principal y de buena parte de los medios productivos. Inicialmente la producción rondará en torno a las 5.000 losetas anuales, a pesar de que se podría alcanzar una producción de aproximadamente las 80.000 losetas (20.000 m<sup>2</sup>). Esta cantidad no es muy elevada pero para realizar la entrada en el mercado de productos de caucho reciclado es adecuada y además se cubre el mercado interno, es decir, cubre las necesidades propias de la empresa. De cara a una proyección futura del negocio y en caso de necesitar una mayor cantidad de caucho, se podría emplear el residuo del resto de plantas del grupo Anvis.

En lo referente a los procesos y tecnología aplicables, se van a emplear principalmente los medios productivos de los que se disponen actualmente en la planta. El proceso de curado se realizará en alguna de las prensas funcionando en compresión o bien empleando el horno. Además de esta maquinaria se empleará una mezcladora y demás utillaje necesario para poder elaborar la mezcla de los componentes en las proporciones adecuadas. Otro factor clave para realizar la compactación de las losetas será el molde que se emplee para ello. En caso de emplear la prensa, el ciclo es más rápido aunque la capacidad para hacer

en la misma tirada más de una loseta es muy pequeña. En el caso de emplear el horno, el proceso es más económico pero más largo. La ventaja de emplear este último método para solventar la lentitud del proceso es la posibilidad de realizar en el mismo ciclo una mayor cantidad de losetas.

En cuanto a la localización de la producción, y dentro de los diferentes aspectos a tener en cuenta para la producción de productos de caucho reciclado, es importante contemplar la ubicación de la zona de fabricación y almacenaje de este producto dentro de la planta.

La producción se realizará en la zona de vulcanización, y en el almacén se dispondrá de una zona para almacenar la materia prima y otra para el producto ya terminado.

Por último, y respecto a la máquina que se va a emplear para realizar la mezcla de los componentes, la misma se diseñará en cierto modo “a medida”, ya que las existentes en el mercado son para cantidades muy elevadas y con unas prestaciones muy por encima de las necesidades que se requieren en este caso, o por el contrario para cantidades reducidas o con prestaciones insuficientes. En ambas situaciones supone una inversión elevada; por lo tanto se va a optar por acoplar en un bastidor una pequeña mezcladora manual, generalmente empleada para la disolución de pinturas, junto a un motor para accionarla. Por debajo de este bastidor habrá espacio suficiente para colocar en la parte inferior el recipiente calibrado en donde realizar la mezcla. En función del espacio disponible y de la experiencia durante la puesta en marcha del proyecto se decidirá por instalar, o bien 6 máquinas para realizar la mezcla individual de cada molde, o bien instalar una máquina de dimensiones mayores para realizar la mezcla para todos los moldes de un ciclo y una vez este la mezcla lista pasar a dosificarla entre los seis moldes.

Tras realizar un estudio de mercado y un estudio de costes para determinar el tamaño óptimo de producción (que no se presentan aquí debido a lo limitado del número de páginas), así como los parámetros de rentabilidad del proceso, se han obtenido los siguientes resultados:

- El indicador correspondiente al valor de retorno de las ventas (Return Of Sales, ROS), es del 6,8%. Tal y como puede observarse por este valor, el margen de beneficio es pequeño, aunque positivo. El material consume un 38% de los ingresos por las ventas, de modo que cualquier variación en el acuerdo con los proveedores tendrá una importante repercusión en el resultado final del proyecto.
- La capacidad productiva es mucho más amplia de la que se emplea en el estudio, en torno a 10.000 losetas al mes, mientras que se ha planificado la fabricación de 5.000 losetas al año.
- Respecto al coste del colorante, en el caso de las losetas de color, el precio debería ser más elevado, pero aún así se ha obtenido que podría resultar competitivo.

## 5. Conclusiones

El proyecto cuyos resultados se presentan en esta ponencia ha estudiado todo el proceso de aprovechamiento de los residuos de caucho generados en un proceso de fabricación de componentes antivibración, desde el análisis de la problemática asociada a la gestión de los residuos generados durante la producción, hasta la selección de una solución que dé salida a estos residuos, consistente en el aprovechamiento de los mismos para la fabricación de losetas de caucho reciclado, creando de este modo una nueva línea de negocio para la empresa.

Durante el desarrollo del proyecto se han tenido en cuenta todos los campos que abarca el mismo: así, se han estudiado los detalles técnicos y de diseño implicados en la fabricación de las baldosas, se han realizado estudios de mercado para analizar la competencia y las

características que poseen sus productos, se han realizado estudios de viabilidad económica, evaluación de riesgos, etc., y además se ha realizado un trabajo de investigación para encontrar una salida a la problemática de los residuos generados durante el proceso de producción.

El estudio de viabilidad técnica y económica de este proyecto ha resultado positivo, y se puede considerar como viable la opción de reciclar los residuos de caucho a través de la creación de una línea de fabricación de productos de caucho reciclado; en concreto, se ha seleccionado la opción de fabricación de losetas para ser empleadas como pavimento de seguridad.

## Referencias

Cano Serrano, E., Cerezo García, L., Urbina Fraile, M. (2007). *Informe de Vigilancia Tecnológica: valorización material y energética de neumáticos fuera de uso*. Círculo de Innovación en Materiales, Tecnología Aeroespacial y Nanotecnología (CIMTAN). Madrid.

IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia) (2010) "Afamour e IBV ultiman la guía técnica de pavimentos de seguridad". Obtenida en [http://www.ibv.org/es/noticias-actualidad/show\\_new/76/2641.html](http://www.ibv.org/es/noticias-actualidad/show_new/76/2641.html)

SIGNUS (2009). *EcoValor, el boletín informativo de SIGNUS*. Vol. 2. SIGNUS Ecovalor S.L. Madrid.

SIGNUS (2010). *EcoValor, el boletín informativo de SIGNUS*. Vol. 3. SIGNUS Ecovalor S.L. Madrid.

## Correspondencia (Para más información contacte con):

María José Bastante-Ceca  
Departamento de Proyectos de Ingeniería – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales  
Universitat Politècnica de València  
Camino de Vera, s/n 46022 Valencia  
Tf: +34 96 387 70 00 Ext. 75685  
Fax: + 34 96 387 98 69  
E-mail: [mabasce1@dpi.upv.es](mailto:mabasce1@dpi.upv.es)  
URL: <http://www.idea.dpi.upv.es>