

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

CITYRE

Guía de aplicaciones del caucho
reciclado procedente del neumático en
las ciudades



CONAMA 2024

CITYRE

Autor Principal: Leticia Saiz Rodríguez (SIGNUS ECOVALOR, S.L.)

Otros autores: Roberto Pérez Aparicio (SIGNUS ECOVALOR, S.L.)

ÍNDICE

Contenido

1. RESUMEN	3
2. CAUCHO RECICLADO	4
3. VENTAJAS DEL EMPLEO DE CAUCHO RECICLADO	6
4. APLICACIONES	7
Pavimentos de seguridad	11
Superficies deportivas	11
Mezclas bituminosas / asfaltado de calles	14
Pavimentos urbanos	15
Alcorques	15
Mantas elastoméricas y sistemas vía en placa	16
Otros elementos presentes en las ciudades	16
Ornamentación urbana	17
5. CONCLUSIONES	18
6. BIBLIOGRAFIA	19

1. RESUMEN

Las ciudades han adquirido un compromiso por la Economía Circular. Así lo materializaron en el “Pacto Global de los Alcaldes sobre el Clima y la Energía” y el “llamamiento a las ciudades por una Economía Circular” firmado en 2015 en París. Recientemente en 2021, además, se firmó la “Declaración de Valladolid: el compromiso de las ciudades por la Economía Circular” (Federación Española de Municipios y Provincias, 2021).

A la hora de que este compromiso se transforme en acción, la Contratación Pública Ecológica juega un papel importante siendo uno de los piñones que conforman el engranaje del modelo de Economía Circular. En este punto se ha transmitido una necesidad por parte de los ayuntamientos o administraciones de conocer qué se puede hacer con los materiales reciclados procedentes del neumático al final de su vida útil para incorporarlo en sus pliegos de prescripciones.

El **objetivo de este estudio es identificar los diferentes usos o aplicaciones que tiene el caucho reciclado procedente del neumático¹ en las ciudades**. Se ha recopilado información sobre las principales ventajas técnicas que el caucho reciclado de neumáticos aporta a los productos como, por ejemplo, absorción de impactos, vibraciones y ruido, durabilidad por su alta resistencia a cualquier condición climática, etc. De este modo, el neumático, una vez reciclado, puede jugar un papel importante en la transformación de nuestras ciudades dadas las numerosas aplicaciones en las que se puede utilizar: pavimentos de seguridad, superficies deportivas (pistas de atletismo, pistas multideporte, suelos de gimnasio, campos de fútbol), asfaltado de calles, pavimentos urbanos (carril-bici, carril jogging, zona de recreo en escuelas, plazas transitables, etc.), alcorques, bolardos, atenuación de vibraciones en metro o tranvía, separadores de carril-bici, topes de aparcamiento, mobiliario urbano (bancos, jardineras, etc.), ornamentación urbana (rotondas, esculturas y juegos, jardines verticales).

El **resultado de este proyecto se ha materializado con la publicación de la “Guía de aplicaciones del Caucho Reciclado procedente del Neumático en las Ciudades”** que recoge las ventajas del caucho reciclado de neumáticos en soluciones concretas, con ejemplos gráficos, que contribuyen además a los principios de Economía Circular al reducir el consumo de materias primas vírgenes con la consiguiente mejora ambiental de las ciudades. Esta Guía está dirigida principalmente a los ayuntamientos y se presenta como una herramienta de ayuda para dar cumplimiento al compromiso por la Economía Circular en las ciudades y para dar respuesta a la necesidad de incorporar criterios ecológicos en la contratación pública, lo que permitirá a las administraciones, en el desarrollo de su actividad, fomentar y contribuir a los objetivos de sostenibilidad económica y medioambiental.

La Guía en la que se han publicado los resultados se puede descargar en el siguiente enlace:

https://www.signus.es/wp-content/uploads/2024/05/Guia_Cityre.pdf

¹ A lo largo del documento se usan indistintamente las denominaciones caucho de NFVU, caucho reciclado, o polvo/granulado de caucho para hacer referencia a la fracción de caucho obtenida del proceso de transformación del neumático al final de su vida útil (NFVU).

2. CAUCHO RECICLADO

Los neumáticos son productos de gran complejidad que deben alcanzar elevados requerimientos técnicos en términos de seguridad, eficiencia en el consumo de combustible y durabilidad, entre otros. Para poder lograr estas óptimas prestaciones, los neumáticos están constituidos por más de doscientas materias primas y varios compuestos de caucho diferentes, los cuales varían en función del uso y tipo del propio neumático, dificultando los procesos de reciclaje y separación de dichos materiales una vez que el neumático ha alcanzado el final de su vida útil (NFVU).

Para su transformación y reciclaje, los neumáticos se someten a sucesivos procesos de trituración y molienda mecánica que conllevan una reducción del tamaño de las partículas de caucho, además de la separación de sus otros componentes, como la fibra textil (mediante sistemas de aspiración) y los filamentos metálicos de acero (mediante equipos de separación magnética). El resultado es la obtención de granulado y polvo de caucho de diferentes tamaños (< 10 mm), fracción textil y fracción de acero.

El granulado/polvo de caucho, gracias a sus propiedades elásticas, morfología y durabilidad, se utiliza en diversas aplicaciones como material de relleno (campos de fútbol de césped artificial), productos moldeados donde las partículas se adhieren entre sí a través de aglomerantes (pavimentos de seguridad o pistas de atletismo), o como aditivo en otros productos como mezclas bituminosas, hormigones y morteros modificados, entre otras.

Los diferentes materiales de caucho reciclado que comúnmente se emplean son los siguientes:

- *Polvo*: partículas de caucho de tamaño inferior a 0,8 mm obtenidas del proceso de granulación y separación de componentes del neumático.
- *Granulado*: partículas de caucho de tamaño entre 0,8 mm a 10 mm obtenidas del proceso de granulación y separación de componentes del neumático.
- *“Encapsulado”*: partículas de caucho de tamaño entre 0,8 mm a 10 mm obtenidas del proceso de granulación y separación de componentes del NFVU que posteriormente son sometidas a un proceso en el que se mezcla con resinas y/o pigmentos que le confieren diferentes colores manteniendo las partículas sueltas sin aglomerarse.

Para caracterizar el polvo y el granulado de caucho existen métodos de ensayo específicos. A continuación, se muestran algunas de las normas que se utilizan:

- *UNE-EN 14243-1 “Materiales producidos a partir de neumáticos al final de su vida útil. Parte 1: Definiciones generales relativas a los métodos para la determinación de sus dimensiones e impurezas.”*
- *UNE-EN 14243-2 “Materiales producidos a partir de neumáticos al final de su vida útil. Parte 2: Granulado y polvo. Métodos para la determinación de sus dimensiones e impurezas, incluyendo contenido de acero libre y textil libre.”*
- *UNE 53936:2015 EX “Materiales de neumáticos fuera de uso. Granulado de caucho. Determinación del contenido de fibra textil mediante el índice visual.”*



Figura 1. Ejemplos de granulado y polvo de caucho (SIGNUS).



Figura 2. Ejemplos de granulado de caucho encapsulado (SIGNUS).

3. VENTAJAS DEL EMPLEO DE CAUCHO RECICLADO

El caucho reciclado es un recurso material que presenta numerosas ventajas, no solo ambientales por ser un material procedente de un residuo, sino también técnicas por las propiedades que aporta a los productos. A continuación, se enumeran algunas de las ventajas más destacadas del caucho reciclado procedente de neumáticos al final de su vida útil:

Ventajas técnicas:

- Absorción de impactos.
- Absorción de vibraciones y ruido.
- Durabilidad: resistencia a cualquier condición climática (sol, lluvia, nieve) sin alteración de sus propiedades.

Ventajas ambientales:

- Cumplimiento del principio de jerarquía de residuos.
- Permite el ahorro en el consumo de recursos naturales al sustituir materias primas vírgenes.

4. APLICACIONES

Durante este trabajo se ha realizado un estudio de mercado de las aplicaciones en las que se emplea caucho reciclado procedente de neumáticos.

Para ello, se ha recabado información en foros de reciclaje (congresos, asociaciones,...) y también se han visitado ferias de reciclaje así como de los sectores en los que encajan las diferentes aplicaciones (material deportivo, parques, mobiliario urbano,...). Además, se ha contado con la colaboración directa de las plantas de transformación de neumáticos al final de su vida útil que fabrican y comercializan granulado y polvo de caucho, y otras empresas del sector, como son:

- LAZAMA, S.L. (<http://www.lazama.es/>)
- MURARTE GLOBAL (<https://www.murarteglobal.com/>)
- ACUSTTEL (<https://acusttel.com/>)
- PAVIGYM (<https://www.pavigym.com/>)
- GENEUS CANARIAS, S.L. (https://gestoresderesiduos.org/manager_centers/geneus-canarias-s-l)
- Gestión Medioambiental de Neumáticos, S.L. (GMN) (<http://www.gmn.es/>)
- INDUGARBI NFU'S (http://www.heraholding.com/referencias_residuos.php)
- Reciclado de Neumáticos de Castilla León, S.L. (RENECAL) (<https://renecal.es/>)
- Recuperación Materiales Diversos, S.A. (RMD) (<https://www.rmdsa.com/>)
- Neusus Upcycling (<https://neusus.com/es/>)
- Reciclaje de Neumáticos y Caucho, S.L. (RNC) (<https://rncmurcia.com/>)
- VALORIZA NEO (<https://www.valorizasm.com/es/>)

Una vez identificadas las aplicaciones, se ha realizado un análisis más profundo sobre las especificaciones técnicas del polvo y granulado de caucho reciclado, el consumo de caucho reciclado (en kg/m² o por unidad), así como las ventajas que aporta el caucho a cada uno de los productos a los que se destina.

A continuación, se presenta un esquema general en el que se hace un listado de las aplicaciones que se han identificado y a partir de él se dan algunos detalles concretos de cada una de ellas.

Cuadro 1. Aplicaciones del polvo/granulado de caucho reciclado.

APLICACIONES DEL POLVO/GRANULADO DE CAUCHO RECICLADO	
1 Pavimentos de seguridad	
2 Superficies deportivas	Pistas de atletismo 
	Pistas multideporte 
	Suelos de gimnasio 
	Campos de césped artificial 

APLICACIONES DEL POLVO/GRANULADO DE CAUCHO RECICLADO	
3 Mezclas bituminosas/asfaltado de calles	
4 Pavimentos urbanos (carril bici, zona picnic, zona recreo escuelas, carril jogging, carriles de paso en campos de golf, plazas transitables, tráfico rodado no pesado vías interurbanas, etc.)	
5 Alcorques	
6 Mantas elastoméricas y sistemas vía en placa	
7 Bolardos	
8 Separadores de carril-bici	

APLICACIONES DEL POLVO/GRANULADO DE CAUCHO RECICLADO	
9 Topes de aparcamiento	
10 Mobiliario urbano (bancos, jardineras, etc.)	
11 Ornamentación urbana	Rotondas, jardines, paseos 
	Esculturas y juegos 
	Jardines verticales 

Fuente: SIGNUS

Pavimentos de seguridad

El granulado de caucho reciclado aglomerado con resina de poliuretano se puede utilizar como pavimento de seguridad en parques infantiles, escuelas y colegios, residencias de ancianos, parques de parkour y calistenia, etc.

El principal objetivo es evitar posibles lesiones por caídas al resultar un pavimento que absorbe los impactos.

En general son sistemas bicapa que se componen, por un lado, de una base elástica donde se utiliza granulado de caucho cuyo tamaño de partícula es de 2 – 8 mm y, por otro lado, del acabado superficial donde normalmente el caucho está encapsulado y su tamaño de partícula está en torno a 1 – 4 mm.

El espesor del acabado superficial es de 1 cm siendo el consumo de caucho reciclado de 8 – 9 kg/m². En el caso de la base, su espesor depende de la altura del columpio que se vaya a instalar sobre ella ya que debe cumplir la norma UNE-EN 1177 “*Revestimientos de las superficies de las áreas de juego absorbentes de impactos. Métodos de ensayo para la determinación de la atenuación del impacto*”. De tal forma que, por ejemplo, para la zona de balancines el espesor es de 3 – 5 cm, mientras que para columpios es de 5 – 7 cm y para torres altas pueden alcanzar los 10 – 14 cm de espesor. El consumo de caucho reciclado para la base variará en función del espesor siendo entre 6 – 8 kg/m² por cm de espesor.

A continuación, se destacan las ventajas que presenta el caucho reciclado en los pavimentos de seguridad:

- excelente absorción de impactos (cumplimiento de la altura de caída crítica o HIC)
- material reciclado (Economía Circular)
- durabilidad (mantiene su elasticidad y no se degrada)
- buena trabajabilidad en puesta en obra
- ahorro del consumo de resina frente a otros materiales
- bajos costes de mantenimiento
- alta capacidad de drenaje de agua
- antideslizante
- resistente a cualquier condición climática (sol, lluvia, nieve,...) sin alteración de sus propiedades

Superficies deportivas

El caucho reciclado es uno de los materiales básicos en la composición de una gran mayoría de pavimentos deportivos debido a sus prestaciones en cuanto a elasticidad y resistencia al deslizamiento, durabilidad y, además, su instalación es sencilla. Se han identificado los siguientes tipos de superficies deportivas: (i) pistas de atletismo, (ii) pistas multideporte, (iii) suelos de gimnasio y (iv) campos de fútbol de césped artificial (SIGNUS ECOVALOR, 2021), (SIGNUS ECOVALOR, 2023).

A continuación, se describe cada una de ellas con más detalle:

Pistas de atletismo

Este tipo de superficies deportivas tienen que cumplir unos requisitos técnicos que están recogidos en el Sistema de certificación *World Athletics* para instalaciones de atletismo en pista (*World Athletics* (www.worldathletics.org), s.f.). Para poder cumplir con esta normativa, en este tipo de pistas se utiliza un sistema bicapa formado por un acabado superficial de EPDM y de una base elástica de espesor entre 1,2 – 1,5 cm fabricada con granulado de caucho aglomerado con una resina. El tamaño de partícula del caucho para esta aplicación está en torno a 2 – 4 mm y aproximadamente se consumen entre 10 – 12 kilogramos de caucho reciclado por cada metro cuadrado.

Entre las ventajas que presenta cabe destacar la excelente absorción de impactos, la prevención de lesiones y la alta permeabilidad al agua.

Pistas multideporte

Como su nombre indica en este tipo de pistas se suele practicar más de un deporte como, por ejemplo, balonmano, baloncesto, voleibol, fútbol sala, y también pueden utilizarse para otras actividades deportivas.

Existe una norma europea, de carácter voluntario, UNE-EN 14877:2014 “*Superficies sintéticas para espacios deportivos de exterior. Especificación*”, donde se describen los requisitos técnicos de este tipo de superficies para asegurarse de que pueden aportar los niveles requeridos de rendimiento deportivo y la interacción entre jugador/superficie requerida.

Pueden presentarse dos tipos de configuraciones diferentes:

a) Sistema completo compuesto por una base y un acabado superficial:

La base elástica se trata de granulado de caucho de un tamaño de partícula de 2 – 4 mm aglomerado con resina. El espesor habitual de esta capa es de 2 cm y se consumen entre 12 – 16 kilogramos de caucho reciclado por cada metro cuadrado de superficie.

Para el acabado superficial se utiliza granulado de caucho encapsulado de tamaño de partícula 1 – 4 mm y puede ser de diferentes colores siendo los más habituales rojo, verde, marrón y azul. El encapsulado está aglomerado con una resina formando una capa de espesor 1 cm, empleándose 8 kilogramos de caucho reciclado por metro cuadrado de superficie.

b) Monocapa:

Está formada por una única capa de espesor entre 1,2 – 1,5 cm de encapsulado de caucho aglomerado con resina. Del mismo modo que en la configuración anterior, el tamaño de partícula del encapsulado es de 1 – 4 mm y puede ser de diferentes colores.

El consumo de caucho reciclado en este caso es de 10 – 12 kg/m².

A continuación, se muestran algunas de las ventajas que presenta el caucho reciclado en este tipo de superficies:

- excelente absorción de impactos (prestaciones actividad deportiva, homologado)
- prevención de lesiones
- antideslizante
- material reciclado (Economía Circular)
- durabilidad (mantiene su elasticidad y no se degrada)
- buena trabajabilidad en puesta en obra
- alta permeabilidad al agua
- resistencia a cualquier condición climática (sol, lluvia, nieve) sin alteración de sus propiedades.

Por último, cabe destacar que para la rehabilitación de instalaciones antiguas es muy recomendable el uso de ambas configuraciones descritas (sistema completo o monocapa) ya que su instalación es sencilla y se adapta a todo tipo de suelos con diferentes grados de deterioro sin necesidad de obra.

Suelos de gimnasio

Los suelos de gimnasio están especialmente diseñados para que presenten una buena absorción de impactos y, de esta forma, prevenir lesiones. Además, es importante que sean antideslizantes para evitar posibles desplazamientos de la maquinaria y/o de los materiales de entrenamiento. Para este tipo de superficies también es de aplicación la norma europea anteriormente mencionada, UNE-EN 1177 *Revestimientos de las superficies de las áreas de juego absorbedores de impactos. Métodos de ensayo para la determinación de la atenuación del impacto*.

El caucho reciclado aporta estas prestaciones necesarias, además es un buen aislamiento acústico ya que absorbe el ruido. También, su resistencia al desgaste hace que sea un material muy durable manteniendo su elasticidad en el tiempo.

El modo más habitual de encontrar el caucho reciclado en este tipo de superficies es en forma de losetas o rollos prefabricados, aunque también pueden existir sistemas monocapa instaladas in situ. En ambos casos el granulado de caucho está aglomerado con resina de poliuretano.

En el caso de las losetas o rollos prefabricados el tamaño de partículas del caucho está en torno a 0,5 – 2,5 mm y se utilizan espesores que van desde 2 – 4 cm, siendo el consumo de caucho reciclado entre 19 – 27 kg/m².

Por otro lado, en los sistemas monocapa instalados in situ se emplean tamaños de partículas de 1 – 4 mm y su espesor es de 2 cm, siendo el consumo de caucho reciclado 16 kilogramo por metro cuadrado de superficie.

Campos de fútbol de césped artificial

Una de las principales aplicaciones del caucho reciclado procedente del neumático es su utilización en campos de fútbol y rugby de césped artificial. En función del tamaño de granulado, existen dos vías de utilización:

- **Material de relleno:** las partículas de caucho, cuyo tamaño está entre 0,5 y 2,5 mm, no solo se utilizan para mantener erguidas las fibras de plástico que simulan el césped, cuya longitud está comprendida entre 40 y 65 mm, sino que también le otorgan al pavimento el confort y la seguridad que los jugadores necesitan al correr, caerse o deslizarse sobre este tipo de superficies. Además de simular perfectamente las características dinámicas del desplazamiento del balón sobre césped artificial. Las ventajas que presenta este material de relleno respecto de otros materiales son: (i) ahorro del consumo de agua de riego, (ii) no necesita fertilizantes ni productos fitosanitarios y (iii) resistencia a cualquier condición climática sin alteración de sus propiedades.
- **Base elástica:** el granulado de caucho, en este caso con un tamaño de partícula entre 2 y 8 mm, se encuentra aglomerado con una resina de poliuretano y actúa como capa de absorción de impacto, por debajo de la moqueta de fibra de plástico que simula el césped. El espesor de la capa suele ser de 2,5 cm y se consumen aproximadamente 14 kilogramos de caucho reciclado por metro cuadrado de superficie.

La normativa de aplicación está recogida en las normas UNE-EN 15330-1 y UNE-EN 15330-4 y además, en Manuales elaborados por FIFA, WR², FIH³, ESTC⁴.

Mezclas bituminosas / asfaltado de calles

El empleo de polvo de caucho procedente de NFVU para la fabricación de mezclas bituminosas (Bermejo Muñoz, Gallego Medina, & Saiz Rodríguez, 2014), (Gallego Medina & Saiz Rodríguez, Guía para la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas con polvo de neumático, 2017), (de León Alonso, Saiz Rodríguez, & Pérez Aparicio, 2018), (Gallego Medina, Rodríguez Alloza, Saiz Rodríguez, & Pérez Aparicio, 2019), (Moreno Navarro, y otros, 2022), (Rodríguez Alloza, Saiz Rodríguez, & Pérez Aparicio, 2022) es cada vez más importante, puesto que además de contribuir a minimizar el impacto ambiental causado por estos residuos, permite mejorar las prestaciones mecánicas y durabilidad de los asfaltos. Además, permite diseñar pavimentos asfálticos que reducen el ruido producido por el paso de los vehículos.

En la actualidad existen dos técnicas de fabricación de mezclas bituminosas con polvo de caucho consolidadas: (i) **vía húmeda**, consistente en la mezcla previa de polvo de caucho (convencional o aditivado) con el betún, obteniéndose un betún mejorado o modificado con caucho que será empleado como ligante en la fabricación de la mezcla; y (ii) **vía seca**, en la que el polvo de caucho

² World Rugby

³ Federación Internacional de Hockey

⁴ EMEA Synthetic Turf Council

(convencional, aditivado o pretratado) se incorpora directamente a la amasadora de la central de fabricación de la mezcla bituminosa, como uno más de sus componentes.

El tamaño de partícula del polvo de caucho empleado es menor de 0,8 mm y, en algunos casos, como la vía seca, si se emplea polvo de caucho sin aditivar ni pretratar el tamaño de partícula tiene que estar por debajo de 0,5 mm.

En cuanto al contenido de caucho reciclado está comprendido entre 0,5 y 2% sobre la mezcla asfáltica.

Pavimentos urbanos

En este caso en el pavimento se emplea granulado de caucho reciclado (tamaño de partícula de 0,6 – 8 mm) mezclado con áridos y todo ello aglomerado con resina de poliuretano aplicado directamente “in situ” en: carril bici, zona picnic, zona recreo escuelas, carril jogging, carriles de paso en campos de golf, plazas transitables, vías interurbanas para tráfico rodado, etc.

Entre las ventajas que presenta este tipo de pavimentos respecto a los convencionales destaca su excelente absorción de impactos, además de ser superficies fonorreductoras que reducen el ruido del paso de los vehículos. En cuanto a su puesta en obra, tienen buena trabajabilidad y se ajustan bien a la superficie del suelo. Además, tiene la posibilidad de implementar sistemas de absorción de NOx y COVs.

El consumo de caucho reciclado en este tipo de pavimentos viene dado por el destino que se le vaya a dar al pavimento. De tal forma, que para carril bici, zonas peatonales o tráfico ligero se instalan pavimentos con un espesor de capa de 1 cm siendo el consumo de caucho reciclado entre 4,5 y 7 kg/m². Mientras que para tráfico rodado normal (coches, autobuses, etc.) el espesor de capa es de 1,5 a 2 cm y, por tanto, el consumo es de 11 a 14 kg/m².

Alcorques

Los alcorques son elementos urbanos para delimitar el espacio para la plantación de un árbol o arbusto en un entorno pavimentado. Estos alcorques se pueden rellenar con caucho reciclado aglomerado con resina, convirtiendo la vía pública en un espacio transitable en su totalidad y permitiendo el desarrollo completo del árbol.

Los alcorques fabricados con caucho reciclado se tratan de sistemas bicapa formados, por un lado, por una base de un espesor de 3 cm fabricada con un granulado de tamaño de partícula 2 – 8 mm aglomerado con resina y, por otro lado, el acabado superficial tiene un espesor de 1 cm y está compuesto de un encapsulado (de hasta 12 colores diferentes) de tamaño de partícula 1 – 4 mm también aglomerado con resina.

Mantas elastoméricas y sistemas vía en placa

Las mantas elastoméricas y los sistemas vía en placa empleados para la atenuación de vibraciones y ruido generados por el tráfico ferroviario, metro o tranvía, pueden fabricarse con caucho reciclado aglomerado con resina. Esto confiere una mejora en el confort del viajero.

En este caso se utiliza un granulado de caucho de tamaño de partícula 1 – 4 mm y su consumo para las mantas elastoméricas es de 6 – 8 kg/m² por cm de espesor y, para los sistemas de vía en placa se emplean 30 kg de caucho reciclado por metro lineal.

Otros elementos presentes en las ciudades

El caucho reciclado también se puede emplear para fabricar algunos elementos presentes en las ciudades como bolardos, separadores carril-bici o topes de aparcamiento. En estos casos se puede utilizar tanto polvo de caucho por debajo de 0,8 mm como granulado de tamaño de partícula de 1 a 4 mm. En ambos casos, el caucho está aglomerado con resina para adoptar la forma deseada.

Las principales ventajas que presentan, además de la absorción de impactos, es su durabilidad y la resistencia a la intemperie (rayos UV, temperatura, humedad, etc.).

A continuación, se describe con mayor detalle cada uno de ellos:

Bolardos

Los bolardos son elementos presentes en las ciudades, principalmente, para evitar que los vehículos accedan o se estacionen en zonas peatonales. Como se ha comentado anteriormente, estos elementos pueden estar hechos con caucho reciclado. Lo que les diferencia del resto de materiales convencionales son las ventajas que presentan de absorción de impactos que hace que los daños sean menores tanto a vehículos como a peatones en caso de impacto.

En función del diseño, el consumo de caucho reciclado puede ser aproximadamente 4 – 9 kg por unidad.

Separadores carril-bici

Los separadores de carril-bici son elementos de la vía pública que delimitan el espacio entre el carril-bici y la carretera, permitiendo la circulación segura de los ciclistas.

Generalmente, son de color negro, aunque se pueden personalizar. El consumo de caucho reciclado por unidad es de aproximadamente 2 – 6 kg.

Topes de aparcamiento

Los topes de aparcamiento son elementos que delimitan y señalizan el espacio de las plazas de estacionamiento, deteniendo el vehículo en un espacio seguro. De ese modo, se previenen impactos con otros vehículos o elementos constructivos.

En este caso, el consumo de caucho reciclado es aproximadamente 5 – 8 kg de caucho por unidad.

Mobiliario urbano

El mobiliario urbano comprende un conjunto de elementos presentes en la vía pública con un propósito determinado como, por ejemplo, bancos, jardineras, aparca bicis, etc. Estos elementos se pueden fabricar con caucho reciclado aglomerado con resina.

En función del diseño del producto, la cantidad que se utiliza de caucho reciclado es diferente. Por ejemplo, unas jardineras pueden contener entre 30 y 60 kg de caucho por unidad, mientras que un banco o aparca bicis se pueden utilizar entre 50 y 200 kg de caucho reciclado por unidad.

Ornamentación urbana

La ornamentación urbana es el conjunto de elementos presentes en la vía pública para embellecer los espacios y crear ambientes utilizando recursos decorativos, como por ejemplo, esculturas, jardines verticales, rotondas, etc. Dependiendo del tipo, estos elementos se pueden fabricar con los siguientes materiales:

- Encapsulado de caucho reciclado (tamaño de partícula 8 – 20 mm): rotondas y jardines.
- Caucho aglomerado con resina (tamaño de partícula 1 – 4 mm): esculturas y juegos.
- Piezas procedentes del troquelado de neumáticos: jardines verticales.

A continuación, se describe cada uno de ellos:

Rotondas y jardines

Las ventajas de emplear caucho reciclado en esta aplicación respecto de otros materiales es su resistencia a la intemperie (rayos UV, temperatura, humedad,...) y que su instalación se adapta a todo tipo de irregularidades en la superficie.

Esculturas y juegos

Las principales características que presenta además de su resistencia a la intemperie, anteriormente ya mencionada, es su durabilidad ante impactos y ante vandalismo y, además, no se degrada. Por otro lado, al utilizar un material reciclado contribuye al modelo de Economía Circular.

Dependiendo del diseño del producto, el consumo de caucho reciclado puede ser entre 40 y 900 kg por unidad.

Jardines verticales

En este caso se utilizan piezas procedentes del troquelado de neumáticos. Dependiendo del diseño, el consumo de caucho reciclado medio puede ser de 10 neumáticos por metro cuadrado de superficie. Las principales ventajas son que puede ser un soporte para implementar sistemas de absorción de NOx y COVs, además de mejorar la percepción de los entornos urbanos al evitar el vandalismo con pintadas.

5. CONCLUSIONES

El neumático, una vez reciclado, puede jugar un papel importante en la transformación de nuestras ciudades dadas las numerosas aplicaciones en las que se puede utilizar: pavimentos de seguridad, superficies deportivas (pistas de atletismo, pistas multideporte, suelos de gimnasio, campos de fútbol), asfalto de calles, pavimentos urbanos (carril bici, carril jogging, zona de recreo en escuelas, plazas transitables, etc.), alcorques, bolardos, atenuación de vibraciones en metro o tranvía, separadores carril-bici, topes de aparcamiento, mobiliario urbano (banco, jardineras, etc.) y ornamentación urbana (rotondas, esculturas y juegos, jardines verticales).

Las principales ventajas técnicas que el caucho reciclado de neumáticos aporta a los productos son absorción de impactos, vibraciones y ruido, durabilidad por su alta resistencia a cualquier condición climática, y por supuesto, permite el ahorro en el consumo de recursos naturales al sustituir materias primas vírgenes, contribuyendo así al modelo de Economía Circular.

6. BIBLIOGRAFIA

- Bermejo Muñoz, J. M., Gallego Medina, J., Saiz Rodríguez, L. (2014). *Guía para la fabricación de betunes con polvo de neumático*. ISBN 978-84-616-9263-7 (Depósito legal C 377-2014). Obtenido de https://www.signus.es/wp-content/uploads/2017/06/Guia_betunes_signus_def.pdf
- de León Alonso, L. A., Saiz Rodríguez, L., Pérez Aparicio, R. (2018). *20 años de mezclas asfálticas con polvo de neumático en las carreteras españolas*. (Depósito legal C 754-2018). Obtenido de <https://www.signus.es/mezclas-asfalticas-con-polvo-de-neumatico/>
- Federación Española de Municipios y Provincias. (30 de junio de 2021). Declaración de Valladolid, el compromiso de las ciudades por la Economía Circular. *Jornadas sobre Economía Circular, Reconstrucción y Entidades Locales*. Obtenido de http://femp.femp.es/Microsites/Front/PaginasLayout3/Layout3_Personalizables/MS_Manestra_3/_MznynrPoTrXkv5bey-7NcwsnWRvwm_gXrG-zj7FCwcJ-E2J4ldajuQ
- Gallego Medina, J., Saiz Rodríguez, L. (2017). *Guía para la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas con polvo de neumático*. ISBN 978-84-697-2998-4 (Depósito legal M 14258-2017). Obtenido de https://www.signus.es/wp-content/uploads/2017/10/Guia_de_mezclas_2017_WEB.pdf
- Gallego Medina, J., Rodríguez Alloza, A. M., Saiz Rodríguez, L., Pérez Aparicio, R. (2019). *Mezclas semicalientes con polvo de caucho procedente del neumático al final de su vida útil*. ISBN 978-84-09-11306-4 (Depósito legal M 22414-2019). Obtenido de https://www.signus.es/wp-content/uploads/2019/05/mezclas_bituminosas_semicalientes.pdf
- Moreno Navarro, F., Rubio Gámez, M. C., del Sol Sánchez, M., Tauste Martínez, R., García Travé, G., Saiz Rodríguez, L., Pérez Aparicio, R. (2022). *Manual de recomendaciones para el diseño y puesta en obra de mezclas bituminosas con polvo de caucho por vía seca*. ISBN 978-84-09-38497-6 (Depósito legal M 6800-2022). Obtenido de https://www.signus.es/wp-content/uploads/2022/06/Manual_caucho_mezclas_bituminosas_via_seca_2022.pdf
- Rodríguez Alloza, A. M., Saiz Rodríguez, L., Pérez Aparicio, R. (2022). *Análisis del Ciclo de Vida: Estudio comparativo entre una carretera con caucho reciclado y una carretera convencional*. Obtenido de https://www.signus.es/wp-content/uploads/2022/10/ACV_carretera-caucho_2022.pdf
- SIGNUS ECOVALOR, S.L. (2021). *Caucho reciclado procedente del neumático en los campos de césped artificial*. Madrid, España. Obtenido de https://www.signus.es/wp-content/uploads/2021/03/Campos_Césped_Artificial.pdf
- SIGNUS ECOVALOR, S.L. (2023). *Bases elásticas de caucho reciclado procedente del neumático en superficies deportivas*. Obtenido de <https://www.signus.es/wp-content/uploads/2023/06/BasesElasticas.pdf>
- World Athletics (www.worldathletics.org). (s.f.). *Sistema de Certificación de la World Athletics*. Obtenido de <https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/technical-information>