

PROYECTO DE MONITORIZACIÓN DE UN CAMPO DE FUTBOL DE CÉSPED ARTIFICIAL CON RELLENO DE CAUCHO RECICLADO

Evaluación de medidas de contención para evitar la liberación de microplásticos



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETIVOS	4
3. MEDIDAS DE CONTENCIÓN IMPLANTADAS.....	5
3.1. Selección de los campos	5
3.2. Identificación de las medidas de contención y estimación de costes de implementación	6
3.3. Descripción de las medidas de contención implantadas	7
3.4. Acciones de concienciación y sensibilización	12
4. PROCEDIMIENTO DE MONITORIZACIÓN.....	14
4.1. Cuantificación de la pérdida de material de relleno	14
4.2. Monitorización del campo	14
4.3. Caracterización de las muestras.....	16
5. AVANCE DE RESULTADOS	18
5.1. Medición inicial del relleno contenido en los campos	18
5.2. Resolución de incidencias	18
5.3. Resultados preliminares de la caracterización de las muestras	20
6. PRIMERAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	22
7. BIBLIOGRAFÍA.....	23

1. ANTECEDENTES

Desde la UE por medio de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) se está trabajando en una propuesta de restricción de uso de los microplásticos añadidos intencionadamente con el fin de reducir su liberación al medioambiente [1], lo que, entre otras aplicaciones, restringiría el uso de los rellenos poliméricos (0,5 - 2,5 mm) utilizados en superficies deportivas de césped artificial por considerarse microplásticos (< 5 mm). El caucho procedente del neumático al final de su vida útil (en adelante, NFVU) como relleno proporciona la mejor superficie de juego y el mayor nivel de seguridad para los jugadores, además el mantenimiento de este tipo de superficies deportivas se realiza de una forma sostenible.

La opinión final de ECHA publicada en junio de 2021 contempla dos posibilidades:

- a) Obligar a implantar medidas de contención para reducir la liberación de microplásticos en los campos de césped artificial. Se propone hacerlo de forma inmediata para la instalación de campos nuevos, y en el plazo de 3 años a contar desde la publicación de la propuesta, en todos los campos existentes.
- b) Prohibición total de su uso con un período de transición de 6 años.

La prohibición total del empleo del granulado de caucho como relleno de los campos de fútbol de césped artificial tendrá un impacto directo en las plantas de granulación y reciclaje del NFU, en las empresas vinculadas al césped artificial (fabricantes e instaladores) y en las entidades deportivas que lo utilizan (principalmente ayuntamientos). Así lo refleja el estudio "*Análisis Socioeconómico del potencial impacto en el sector del granulado de caucho de la propuesta ECHA*" que SIGNUS encargó a PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L. en noviembre de 2020 [2]. En dicho estudio se pone de manifiesto que, hasta la fecha, no existe ninguna alternativa para el relleno fuera de la definición de microplásticos que pueda cumplir los mismos requisitos de rendimiento y seguridad, y/o que no se pueda utilizar en todos los tipos de clima [3], y además, ninguna alternativa puede alcanzar los beneficios medioambientales del reciclado del NFVU. Además, en dicho estudio se expone que en la actualidad no existen alternativas de reciclaje para compensar la pérdida de aproximadamente el 50% de la cuota de mercado del caucho derivado del NFVU empleado como material de relleno en el caso de España. Como resultado, 77.670 toneladas de NFVU (toneladas utilizadas como relleno de campos de césped artificial en 2019), equivalentes a 10,5 millones de neumáticos de turismo, tendrían que destinarse a la valorización energética [4], a la incineración o, en el peor de los casos, al almacenamiento a largo plazo.

La industria del reciclaje y de la gestión de los neumáticos fuera de uso está totalmente a favor de controlar la liberación de los microplásticos en los campos de césped artificial para reducir su impacto en el medio ambiente. La liberación puede evitarse eficazmente, tanto en términos de implementación técnica como de costes. La aplicación de medidas de contención en los campos de césped artificial, como las incluidas en el informe técnico CEN/TR 17519 [5], no sólo permitirán controlar el 97% de los microplásticos liberados al medio ambiente [6], sino también seguir contribuyendo con los objetivos del Pacto Verde Europeo, el Plan de Acción de Economía Circular y la Sostenibilidad, ya que es la principal aplicación a día de hoy del granulado de caucho procedente del NFVU [7].

Sin embargo, existen dudas sobre la efectividad de estas medidas de contención. Para obtener más información al respecto, desde SIGNUS se ha puesto en marcha un proyecto de monitorización de un campo de césped artificial con el fin de evaluar la eficacia de estas medidas.

La buena marcha de este proyecto y la consecución de éste generará información relevante que ayudará a clarificar las dudas existentes sobre el impacto que tiene el empleo del granulado de caucho en el medioambiente.

2. OBJETIVOS

El objetivo del proyecto es **evaluar la efectividad de las medidas de contención para evitar la liberación del material de relleno de los campos de fútbol de césped artificial al medio ambiente.**

Para ello, se están monitorizando dos campos de césped artificial, uno en el que se han instalado las medidas de contención (campo de estudio) y otro en el que no se han realizado modificaciones y que sirve de referencia (campo de control). De ese modo, **se determinará la cantidad de relleno que se pierde habitualmente** en los campos de fútbol de césped artificial, así como la cantidad que se evita liberar al medio ambiente gracias a las medidas de contención instaladas.

El proyecto se ha realizado en colaboración con el *Instituto de Biomecánica de Valencia* (IBV) y *Oziona Soluciones de Entretenimiento, S.L.* (Oziona). Los trabajos comenzaron en junio de 2021 y tienen previsto su finalización en noviembre de 2022, con una duración de 10 meses para la monitorización del campo.

3. MEDIDAS DE CONTENCIÓN IMPLANTADAS

3.1. Selección de los campos

Los criterios que se han tenido en cuenta para la selección de los campos de césped artificial para el estudio son:

- Localización con climatología adversa (lluvia y viento)
- Campos de fútbol 11 federados
- Campos de reciente construcción

Según dichos criterios se han seleccionado dos campos de césped artificial de fútbol 11 federados en Galicia:

- *A Guía* (Carreira, Ribeira) construido en 2017, donde se han instalado las medidas (**campo de estudio**).
- *Manuel Regueiro* (La Estrada) construido en 2020, que se toma como referencia de campo sin medidas (**campo de control**).

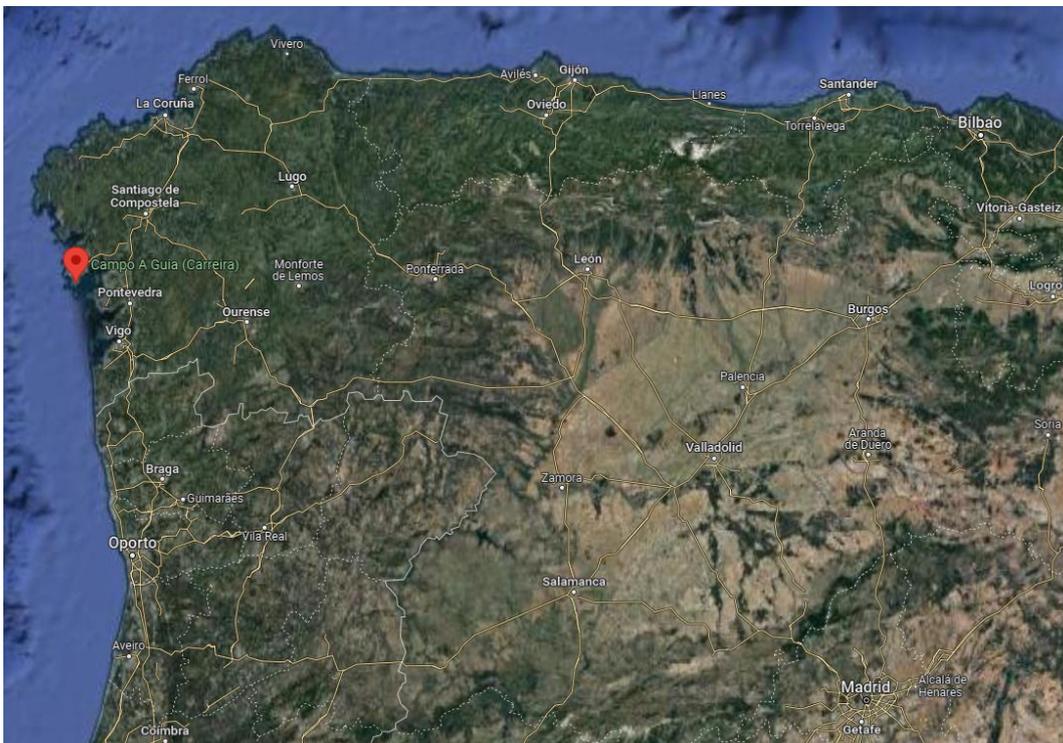


Imagen 1: Localización del campo de fútbol de estudio.

3.2. Identificación de las medidas de contención y estimación de costes de implementación

Se realizó un análisis exhaustivo de los estudios realizados hasta la fecha con el fin de identificar e implementar las tareas y medidas necesarias para la ejecución del presente estudio. Para la identificación y definición de las medidas de contención se ha tomado como referencia el estudio llevado a cabo por Ecoloop en Suecia [8], enfocándolo a la monitorización del relleno recogido por dichas medidas.

Las medidas de contención se han definido teniendo en cuenta los siguientes puntos de pérdida de material de relleno:

1. Jugadores
2. Sistemas de canalización y drenaje de agua
3. Perímetro del campo

Adicionalmente, se ha identificado la maquinaria de mantenimiento como uno de los elementos que contribuye a la salida de material de relleno fuera del perímetro del campo. Aunque esta medición no se considera en el presente estudio, en tanto que no se trata de cuantificar el efecto de una medida de contención sino de una recomendación de buenas prácticas en la limpieza del equipo, se han dado las instrucciones necesarias a los técnicos de mantenimiento para que realicen dicha limpieza a la maquinaria y equipos después de las tareas de mantenimiento.

Las tareas de implantación de las medidas han sido llevadas a cabo por Oziona, empresa instaladora de campos de césped artificial.

A continuación, se indican los costes aproximados de implementación del presente estudio.

Tabla 1: Coste aproximado de las medidas de contención.

Medida de contención	Coste aproximado (€)
Sistema de limpieza de botas	5.300
Sistema de canalización y drenaje de agua*	3.600
Barrera perimetral (~160 m lineales)	14.000

*Incluye los filtros de las arquetas arenoso y el colector final (arqueta + filtros).

En este caso, el coste total de las medidas es aproximadamente 23.000 €, lo cual es sustancialmente inferior al coste asociado a la instalación de un nuevo campo, que según el informe del análisis socioeconómico elaborado por PricewaterhouseCoopers [2] está entre 100.000 y 200.000 €, en función del tamaño y configuración del campo.

Es necesario destacar que, en el caso concreto de España, no existen actualmente empresas especializadas que ofrezcan la instalación de este tipo de medidas, por lo que estos costes se deben tomar como orientativos pudiendo verse reducidos. Además, dichos costes dependen de diversos parámetros (materiales, mercado en diferentes países, mano de obra,...), sobre todo relacionados con la especialización del sector.

3.3. Descripción de las medidas de contención implantadas

A continuación, se detallan las medidas de contención implantadas en el campo de A Guía (Carreira, Ribeira).

3.3.1. Sistema de limpieza de botas

Se ha instalado un sistema de limpieza de botas a la entrada-salida del terreno de juego que consiste en un foso con un revestimiento formado por una rejilla metálica con 4 cepillos fijados al suelo. Así mismo, se han colocado unas barreras a los laterales del foso para evitar la pérdida de material durante la limpieza de las botas.



Imagen 2: Sistema de limpieza de botas instalado en la entrada del campo.

3.3.2. Sistema de canalización de aguas

El material de relleno puede ser arrastrado por el agua de lluvia o de riego. A continuación, se describen las medidas de contención instaladas en el sistema de canalización de aguas:

- **Arquetas arenero:** son las arquetas que están situadas en las canaletas perimetrales del campo. En total hay 10 arquetas arenero y se ha instalado un filtro en cada una de ellas para retener las partículas de tamaño mayor de 100 μm .



Imagen 3: Filtros de 100 μm instalados en las arquetas arenero.

- **Arqueta registrable del colector final:** a la salida del campo, se ha construido un colector con arqueta registrable en la que confluyen todas las anteriores y que expulsa las aguas a la red de alcantarillado exterior. Allí se ha instalado un filtro metálico para retener las partículas de tamaño mayor de 100 μm . El motivo de emplear filtros metálicos es para evitar que la presión del agua pueda dañar los tamices.



Imagen 4: Filtros metálicos de 100 μm instalados en la arqueta del colector final.

Como se menciona más adelante, se está rediseñando el sistema de drenaje del colector final con el objetivo de aumentar su capacidad de drenaje que se ha visto mermada por la instalación y obstrucción de los filtros.

3.3.3. *Perímetro del campo*

Se ha instalado a lo largo de todo el perímetro del campo una barrera de polietileno de 50 cm de altura, debidamente sellada en la zona en contacto con el suelo. Dicha barrera evitará la pérdida de material por efecto de la lluvia y el viento hacia el exterior del terreno de juego.



Imagen 5: Barreras instaladas en el perímetro del campo.

3.3.4. Contenedores en los vestuarios

Se ha colocado un contenedor en cada uno de los vestuarios para la recogida de las partículas que puedan depositarse en el interior de las botas y la ropa de los jugadores.



Imagen 6: Contenedor para la recogida de material de relleno del interior de botas y ropa.

3.4. Acciones de concienciación y sensibilización

Para llevar a cabo labores de comunicación y concienciación del estudio, se han preparado dos carteles informativos, que se han instalado en la entrada de las instalaciones y en la entrada de los vestuarios.



PROYECTO DE MONITORIZACIÓN DEL CAMPO DE FÚTBOL A GUÍA

¡Sigamos rodando juntos!

OBJETIVO

Poder seguir disfrutando de la práctica del juego de una forma respetuosa con el medio ambiente evitando la pérdida del material de relleno de caucho reciclado procedente del neumático y determinar la efectividad de las medidas de contención implantadas.

TAREAS

- Instalación de medidas para evitar la liberación de las partículas de caucho reciclado al medio ambiente.
- Cuantificación de la cantidad de partículas de caucho reciclado que se recoge en los puntos que están monitorizados (arquetas areneros, arquetas registrables, desagüe general, limpieza de botas, etc.).
- Concienciación y sensibilización de los jugadores y usuarios.

Diagrama de Monitorización:

- BARBERA PERIMETRAL
- FILTROS ARQUETAS ARENEROS
- SISTEMA LIMPIEZA BOTAS
- FILTROS ARQUETAS REGISTRABLES

LUGAR: Campo de Fútbol A Guía (Carreira- Ribeira)
DURACIÓN: 10 meses
FINANCIADO POR: SIGNUS ECOVALOR S.L.
CON LA PARTICIPACIÓN DE: IBV y OZIONA



Imagen 7: Cartel informativo del proyecto colocado a la entrada de las instalaciones.

PROYECTO DE MONITORIZACIÓN DEL CAMPO DE FÚTBOL A GUÍA

El granulado de relleno sobre el que has jugado en el campo es un **componente reciclado** procedente de los neumáticos, sostenible, seguro y que mejora las condiciones de juego.

¡CONTAMOS CONTIGO PARA ESTE PROYECTO!



- ANTES DE SALIR DEL TERRENO DE JUEGO, NO OLVIDES CEPILLAR TUS BOTAS
- EN EL VESTUARIO, NO OLVIDES UTILIZAR EL CONTENEDOR HABILITADO PARA DEPOSITAR EL GRANULADO DE TU EQUIPACIÓN



¡GRACIAS POR TU COLABORACIÓN Y CONTRIBUIR CON EL MEDIO AMBIENTE!

LUGAR: Campo de Fútbol A Guía (Carreira- Ribeira)
DURACIÓN: 10 meses
FINANCIADO POR: SIGNUS ECOVALOR S.L.
CON LA PARTICIPACIÓN DE: IBV y OZONA



INSTITUTO DE
BIOMECÁNICA
DE VALENCIA



SISTEMA COLECTIVO DE GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO



Imagen 8: Cartel informativo para los usuarios instalado a la entrada de los vestuarios.

4. PROCEDIMIENTO DE MONITORIZACIÓN

A continuación, se describe el plan de muestreo y el análisis de las muestras.

4.1. Cuantificación de la pérdida de material de relleno

Para ambos campos, el campo de control (sin medidas de contención) y el campo de estudio (con medidas de contención), se han realizado catas en distintos puntos del campo (en concreto 5, coincidentes con los puntos de ensayo del manual FIFA) con el objetivo de cuantificar la masa de material de relleno por metro cuadrado presente en el campo al inicio y al final del estudio.

Así, se obtiene la media en kg/m² de material de relleno para los puntos estudiados cuantificando el caucho perdido como:

$$\text{Caucho}_{\text{perdido}} = \text{Caucho}_{\text{inicial}} + \text{Caucho}_{\text{aportado}} - \text{Caucho}_{\text{final}} - \text{Caucho}_{\text{retenido}}$$

Siendo:

- **Caucho_{inicial}**: la estimación del relleno de caucho total presente en el campo al inicio del proyecto a partir del material extraído en las catas realizadas.
- **Caucho_{aportado}**: el total de relleno de caucho que se añade al campo como recebo durante el proyecto.
- **Caucho_{final}**: la estimación del relleno de caucho total presente en el campo al final del proyecto a partir del material extraído en las catas realizadas.
- **Caucho_{retenido}**: el total de relleno de caucho retenido en las medidas de contención durante el proyecto.

4.2. Monitorización del campo

El estudio de monitorización tiene una duración de 10 meses (enero – octubre 2022). Durante este periodo se tomarán muestras y se registrarán datos en cuanto a climatología y horas de juego tal como se explica a continuación:

- Se **registrarán las condiciones climatológicas** durante el proyecto para tener información precisa de la pluviometría y el viento.
- También se han puesto a disposición del personal del campo **fichas de registro** para cuantificar las horas de uso del campo, registrar las operaciones de mantenimiento realizadas y en el caso de que fuera necesario indicar las operaciones de limpieza.
- **Recogida de muestras rutinaria**: se tomarán muestras con una frecuencia de **una vez al mes** en los puntos descritos a continuación.

Tabla 2: Recogida de muestras rutinaria.

	Punto de toma de muestra	Periodicidad de la muestra
1	Sistema de limpieza de botas	
2	Arquetas arenero	1 vez al mes (en total 10 mediciones)
3	Arqueta colector final	
4	Contenedores vestuarios	1 vez en los 10 meses

- **Recogida de muestras puntual:** durante determinadas sesiones de **entrenamiento** puntuales, se recogen muestras del sistema de limpieza de botas y de los contenedores instalados en los vestuarios, registrando en cada caso el estado del campo (seco, húmedo – riego, o mojado – lluvia).
- **Perímetro del campo:** la pérdida de material evitada por la barrera **no se cuantificará de forma directa**. Parte de dicho material acabará en las canaletas (y por tanto, se recogerá en los diferentes sistemas de filtrado) y el resto retornará al campo (al quedar contenido dentro del recinto de juego).

4.3. Caracterización de las muestras

El proceso de **caracterización de las muestras** es el siguiente:

1. Pesaje de la masa total seca de la muestra inicial.
2. Separación y cuantificación de las fibras de césped artificial presentes en la muestra
3. Pesaje de la masa total seca de la muestra tras eliminar la fibra.
4. Separación de las impurezas de mayor tamaño.
5. Lavado de la muestra de caucho para eliminar impurezas de pequeño tamaño y arena.
6. Secado de la muestra de caucho en estufa a una temperatura de $70^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta conseguir una reducción en la masa de la muestra no mayor de $1 \pm 0,1$ g.
7. Pesaje de la masa seca total de caucho.
8. Ensayo de la granulometría de la muestra de caucho¹: determinación de la curva granulométrica y % retenido en cada tamiz.

Tras la caracterización de estas muestras, se obtiene la siguiente información:

- Masa total y foto de la muestra inicial
- Masa y foto de la fracción de caucho
- Masa y foto de la fracción de fibras de césped artificial
- Curva granulométrica de la muestra de caucho
- Foto de la fracción de otras impurezas

¹ UNE-EN 14243-2:2019 - 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.



Granulado de caucho



Arena



Fibra césped artificial



Polvo de fibra césped artificial



Impurezas

Imagen 9: Separación de la muestra en los diferentes componentes analizados.

5. AVANCE DE RESULTADOS

5.1. Medición inicial del relleno contenido en los campos

Una vez instaladas las medidas, a finales de **octubre de 2021 se realizó las catas tanto en el campo de estudio como en el de control.**

A continuación, se describen los pasos realizados para la **cata de las muestras:**

- Se seleccionan 5 puntos en el campo de acuerdo con los puntos de ensayo recogidos en el manual de la FIFA.
- En dichos puntos, se delimita un área cuadrada de 50 cm de lado con una cinta, como se puede observar en la Imagen 10.
- Una vez delimitada el área, se realiza la aspiración del material de relleno (caucho, arena y posibles impurezas.) empleando una aspiradora industrial, de modo que la moqueta no se vea afectada.



Imagen 10: Recogida de las catas mediante aspiración.

Un primer análisis de la cata inicial sugiere que la variabilidad de la cantidad y proporción de relleno caucho-arena será superior a las posibles variaciones que se den por pérdida de relleno. Se planea realizar una segunda cata a la mitad del periodo de monitorización.

5.2. Resolución de incidencias

Tras la finalización de la instalación de las medidas y a lo largo de estos meses se han ido realizando labores de mantenimiento a las medidas instaladas además de mejorando algunas de ellas: fijación barrera perimetral, sellado de la barrera al suelo, diseño del colector final, etc.

Entre estas incidencias, destaca la obstrucción de los filtros de la arqueta del colector final debido principalmente a la acumulación de la fibra de polietileno procedente del césped artificial, que en periodos cortos de lluvia intensa ha provocado la inundación de parte del campo por la falta de capacidad de drenaje final.



Imagen 11: Obstrucción del colector final durante fuertes chubascos (izquierda) y marca en la barrera perimetral del nivel de agua alcanzado durante la inundación (derecha).



Imagen 12: Obstrucción de los filtros de la arqueta del colector final por la fibra de polietileno procedente del césped artificial.

Actualmente, se está llevando a cabo una mejora del sistema de drenaje del colector final con el objetivo de aumentar la capacidad de drenaje y evitar que los microplásticos procedentes del filamento del césped artificial obstruyan los filtros.

5.3. Resultados preliminares de la caracterización de las muestras

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de las muestras recogidas en febrero y marzo.

Como se puede observar en las tablas, el componente mayoritario es el granulado de caucho empleado como relleno, pero también se encuentra una cantidad importante de partículas finas y filamentos de polietileno procedentes de la fibra que simula el césped.

Tabla 3: Resultados del análisis de las muestras recogidas en febrero.

Resultados monitorización (febrero 2022)	Filtros arqueta arenero		Filtros colector final		Sistema limpieza botas	
	masa (g)	(%)	masa (g)	(%)	masa (g)	(%)
Granulado de caucho	932,5	49%	204,7	47%	422,4	60%
Fibra césped artificial (polietileno)	348,2	18%	99,4	23%	6,1	1%
Arena	502,1	26%	110,2	25%	227,4	32%
Humedad + pérdida de material en separación	105,8	6%	15,1	3%	32,0	5%
Impurezas	32,0	2%	8,3	2%	16,7	2%
Masa total de la muestra	1920,70	100%	437,70	100%	704,60	100%
Total granulado caucho (1.560 g)	59,8%		13,1%		27,1%	
Granulometría granulado caucho	(0,8-2,5) mm		(0,315-2,5) mm		(0,8-2,5) mm	

Tabla 4: Resultados del análisis de las muestras recogidas en marzo.

Resultados monitorización (marzo 2022)	Filtros arqueta arenero		Filtros colector final		Sistema limpieza botas	
	masa (g)	(%)	masa (g)	(%)	masa (g)	(%)
Granulado de caucho	976,9	54%	325,7	62%	331,3	57%
Fibra césped artificial (polietileno)	229,4	13%	12,2	2%	7,3	1%
Arena	526,0	29%	175,4	33%	196,7	34%
Humedad + pérdida de material en separación	69,6	4%	7,8	1%	32,0	5%
Impurezas	18,1	1%	6,6	1%	16,1	3%
Masa total de la muestra	1820,00	100%	527,60	100%	583,40	100%
Total granulado caucho (1.634 g)	59,8%		19,9%		20,3%	
Granulometría granulado caucho	(1,0-2,5) mm		(1,25-2,5) mm		(0,8-3,15) mm	

En la siguiente figura, se presentan los porcentajes en masa de cada una de las fuentes de microplásticos, es decir, relleno de caucho y fibras del césped artificial, retenidas en las medidas de contención instaladas. Como se mencionó anteriormente, el componente mayoritario es el relleno de caucho, pero el material procedente del césped artificial representa en un caso hasta una cuarta parte del contenido total de los microplásticos recogidos. Con el objetivo de confirmar estos resultados es necesario esperar a la evolución de los resultados a lo largo de los meses de duración del proyecto.

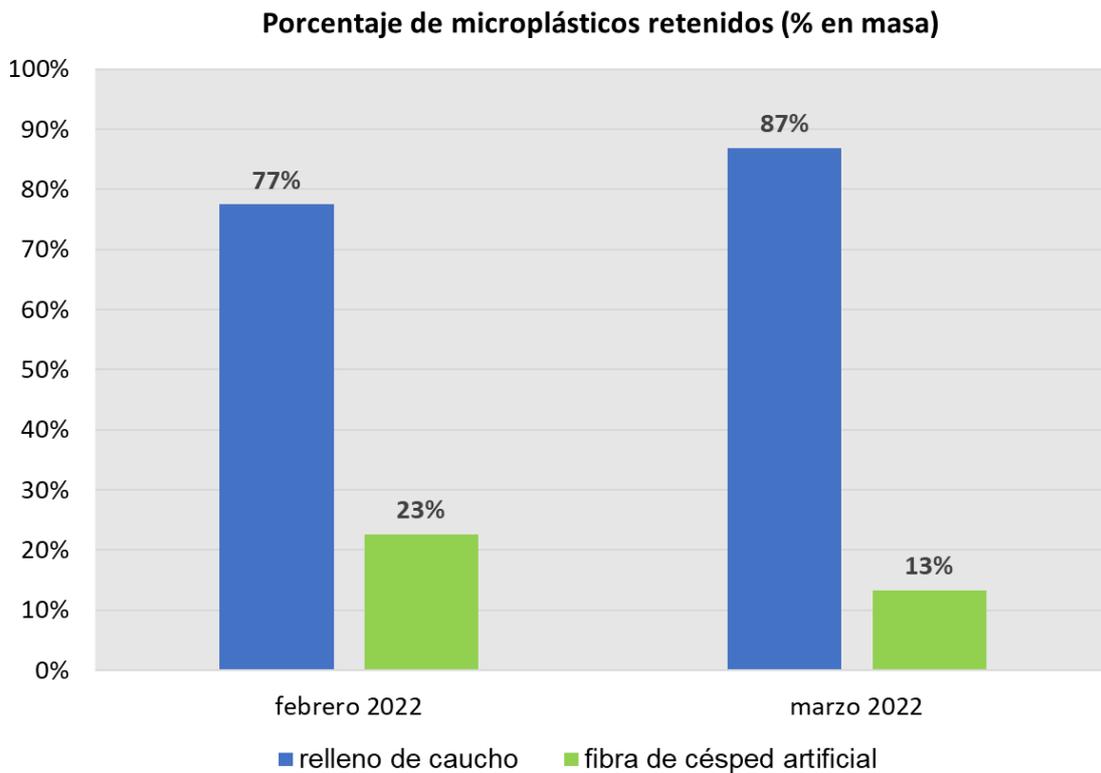


Figura 1: Relleno de caucho y fibras del césped artificial retenidas en las medidas de contención, expresados en porcentaje en masa del total de microplásticos recogidos en febrero y marzo.

6. PRIMERAS CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Tras los primeros meses del proyecto y una vez instaladas las medidas de contención, se han optimizado algunos aspectos técnicos y solventado algunas incidencias detectadas.

La **monitorización del campo se inició el 9 de diciembre de 2021** y la primera recogida de muestras se llevó a cabo la segunda semana de enero de 2022.

Hasta la fecha, caben destacar las siguientes conclusiones:

- Se ha identificado una **nueva fuente de microplásticos añadidos de forma no intencionada** que proceden del filamento de polietileno que simula el césped. Esto **refuerza la obligación de implantar medidas de contención para evitar la liberación de microplásticos al medio ambiente** tanto añadidos de forma intencionada (material de relleno) como de forma no intencionada (polietileno que simula el césped).
- Existe **dificultad para encontrar proveedores** de los diferentes elementos de las medidas de contención, puesto que se trata de un mercado nuevo al menos en España. A modo orientativo el coste de las medidas puede ser del orden de 20.000 € sustancialmente por debajo del coste que tendría reemplazarlo por un campo nuevo en caso de prohibición.
- Es necesario hacer un **diseño mejorado de la capacidad de drenaje del colector final**, puesto que en periodos cortos de lluvia intensa se produce la obstrucción de los filtros causada principalmente por las partículas finas de polietileno procedente del césped artificial.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] ECHA (2019), ANNEX XV RESTRICTION REPORT – Restriction proposal for intentionally added microplastics in the EU, European Chemicals Agency:

<https://echa.europa.eu/documents/10162/12414bc7-6bb2-17e7-c9ec-652a20fa43fc>

[2] Análisis Socioeconómico del potencial impacto en el sector del granulado de caucho de la propuesta ECHA -microplásticos en España, Signus Ecovalor, S.L., elaborado por PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L., 2020. https://www.signus.es/wp-content/uploads/2021/04/Impacto_Socioeconomico_Prohibicion_Microplasticos-2020_PwC.pdf

[3] Caucho reciclado procedente del neumático en los campos de césped artificial, SIGNUS, 2021.

https://www.signus.es/wp-content/uploads/2021/03/Campos_Cesped_Artificial.pdf

[4] Life cycle assessment of waste tyre treatments: Material Recycling vs. co-incineration in cement kilns, Force Technology, 2020.

https://www.euric-aisbl.eu/images/PDF/LCA_tyre_recycling.pdf

[5] CEN Technical Report CEN/TR 17519- Surfaces for sports areas - Synthetic turf sports facilities – Guidance on how to minimize infill dispersion into the environment.

<https://www.estc.info/wp-content/uploads/2020/03/FprCENTR-17519-Public.pdf>

[6] Determining the effectiveness of Risk Management Measures to minimize infill migration from synthetic turf sports fields, S. Magnusson, J. Mácsik, 2020.

<https://www.estc.info/wp-content/uploads/2020/09/Executive-summary-20200824.pdf>

[7] Mechanical Tyre Recycling Fact Sheet”, EURIC, 2020.

<https://www.euric-aisbl.eu/position-papers/download/1232/461/32>

[8] Regnell, F. (2019). Mikroplastspredning från en modernt utformad konstgräsplan med skyddsåtgärder – Fallstudie Bergaviks IP, Kalmar (Dispersal of microplastic from a modern artificial turf pitch with preventive measures – Case study Bergaviks IP, Kalmar). EcoLoop:

<https://www.ragnsellstyrerecycling.com/globalassets/tyrecompany/dokument/rapport---mikroplastspredning-fran-en-modernt-utformad-konstgrasplan-medskyddsatgarder.pdf>

[9] Implementation of best practices in synthetic turfs to avoid the release of microplastics from rubber granulate into the environment, EuRIC (European Recycling Industries' Confederation), 24 Febrero de 2020:

<https://www.euric-aisbl.eu/position-papers/item/350-implementation-of-best-practices-in-synthetic-turfs-to-avoid-the-release-of-microplastics-from-rubber-granulate-into-the-environment>



SIGNUS

SISTEMA COLECTIVO DE GESTIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO