

## Neumáticos Fuera de Uso (NFU)

### *Entre el desentendimiento de los productores y la falta de políticas de recupero*

ANA B. STEVANATO<sup>1</sup>

Este capítulo trabajará la cuestión de los neumáticos fuera de uso (NFU). Las secciones que siguen abordarán: (5.1) las características de los materiales contenidos en los NFU, las problemáticas ambientales asociadas y el estado de situación actual en relación con estos materiales, incluyendo normativa, así como diversas políticas y acciones vinculadas a esta corriente de residuos; (5.2) las experiencias, oportunidades y obstáculos vinculados a la separación en origen y recolección diferenciada; (5.3) las experiencias, obstáculos y oportunidades para la valorización; y (5.4) las recomendaciones para avanzar hacia una economía circular inclusiva y sortear los obstáculos examinados.

---

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Instituto de Investigaciones Políticas (IIP) y Área de Ambiente y Política (AAP), Escuela de Política y Gobierno (EPyG), Universidad Nacional de San Martín (UNSAM); y Red de Investigación y Acción sobre Residuos (RIAR). Correo electrónico: [astevanato@unsam.edu.ar](mailto:astevanato@unsam.edu.ar).

## 5.1. Materiales, características y estado de situación

En 1839, Charles Goodyear inventó el proceso de vulcanización, por medio del cual se aplica calor y presión al caucho con azufre, con el objetivo de mejorar las propiedades del caucho. Cinco décadas después, en 1885, la fábrica Goodrich le añadió un ingrediente a este compuesto, el negro de humo, cambiando el color blanco original de los neumáticos, y extendiendo su vida útil al evitar el daño de los rayos ultravioletas. En la misma época, Dunlop creó la primera cámara de aire para neumáticos y así, de esa forma, agregar confort al poder amortiguar los golpes (Epifanio, 8 de noviembre de 2020). Los primeros neumáticos fueron utilizados en bicicletas, hasta que los hermanos Michelin, en 1895, presentaron los primeros neumáticos con cámara de aire para automóviles. A partir de ese momento, el crecimiento en la producción y utilización de los neumáticos ha sido constante, y hoy son una pieza vital en casi todos los vehículos. Sin embargo, este uso intensivo de los neumáticos es lo que ha provocado que, cuando estos dejan de cumplir sus funciones, se produzca una gran cantidad de NFU. Estos, si bien son pocos en cuanto a cantidad (si se los compara con el resto de los residuos), causan importantes problemáticas ambientales y para la salud si carecen de una gestión adecuada.

Las materias primas que se utilizan para fabricar los neumáticos son caucho; textiles (aramida, rayón, nylon y/o poliéster); acero y otros metales; y negro de humo y otros minerales, como azufre y óxido de zinc (Zarini, 2011). En el caso del caucho, este puede ser obtenido de forma natural del árbol *Hevea Brasiliensis*, que se cultiva en África, Oceanía y en menor medida en América del Sur; o sintético a partir de polímeros producidos con base en el petróleo (AutoBield, 23 de noviembre de 2010). En la actualidad, estos dos componentes se utilizan en combinación, variando su proporción según el tipo de uso que se le vaya a dar al neumático en cuestión.

En Argentina hay tres fábricas de neumáticos: Fate (de capitales nacionales), Pirelli y Bridgestone, mientras que grandes empresas, como Michelin, Goodyear y Continental, entre otras, importan sus productos.

Si bien no existen datos sobre la producción e importación de neumáticos, se estimó en 125.618 t el consumo aparente de neumáticos de producción nacional para 2018, mientras que las importaciones fueron de 103.050 t (PAGE, 2021). De estos, según la Cámara de la Industria de Neumáticos (CIN), el 95 % proviene de autos y camionetas, el 3,9 % de camiones, y el 1,1 % es de uso agrícola e industrial (CIN, s/f). Tampoco hay información de la cantidad de NFU que se desechan por año, sin embargo, distintas fuentes estiman que los neumáticos descartados anualmente oscilan entre 130.000 y 150.000 t anuales (Kopytynski, 31 de octubre de 2019; Alonso y Suárez, 2021).

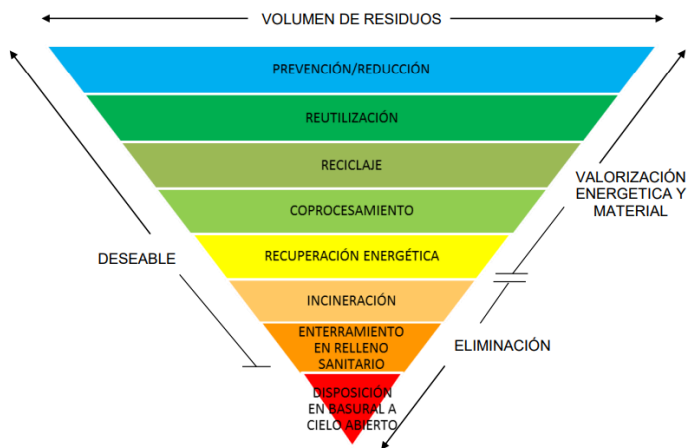
Existen dos importantes fuentes de generación de residuos vinculados a los neumáticos: en primer lugar, aquellos materiales defectuosos, restos o *scrap* que se generan en el propio proceso de producción y, en segundo lugar, los NFU, que son aquellos neumáticos que ya no pueden cumplir con las prestaciones para las que fueron creados y son descartados por sus usuarios.

Respecto de los NFU y sus características como residuos, debe mencionarse que el caucho vulcanizado, como así también el sintético, no son considerados biodegradables. Además, la acumulación de neumáticos, debido a su volumen, genera la proliferación de insectos y roedores, y las enfermedades a ellos asociadas (Ginestar, 29 de abril de 2021). Finalmente, en estos “cementérios de neumáticos”, hay un importante riesgo de incendios, que son muy difíciles de extinguir por el gran potencial calorífico de los NFU y producen importantes cantidades de humos tóxicos (monóxido de carbono, dióxido de azufre y otros gases nocivos) (Cano Serrano *et al.*, 2007; EcoGreen, 9 de abril de 2021). En forma anecdótica, puede mencionarse que en

1989 se produjo un incendio en Heyope (Gales), donde el fuego ardió por más de 15 años.

Las características propias de los NFU y las problemáticas asociadas a estos han propiciado que se preste especial atención a su tratamiento. De ahí que, en concordancia con las propuestas de la economía circular, la Norma IRAM 29600 de 2020 propone una pirámide invertida que indica cuál es el orden de tratamiento que debe seguirse con los NFU.

**Diagrama 1. Jerarquización del tratamiento de los NFU**



Fuente: Norma IRAM 29600 (2020).

En el diagrama 1 (que sigue la lógica general de la pirámide invertida presentada en el diagrama 3 de la introducción del libro), se puede observar que el primer escalón debe ser siempre la prevención de la generación del residuo, lo que se encuentra fuertemente ligado a las condiciones de diseño y de durabilidad de los neumáticos. Luego, se debe apuntar a la reutilización, que, en el caso particular de los NFU, tiene que ver con la

reconstrucción (recauchutado y recapado, lo que en Argentina está permitido solo para transporte de carga y pasajeros). Esto es seguido por el reciclaje, incorporando el NFU en distintos procesos productivos. Luego, se menciona el coprocesamiento, que tiene que ver con la incorporación de los NFU en hornos cementeros, incluyendo los metales en el *clinker*<sup>2</sup> y utilizando el caucho como fuente de energía. La siguiente opción es la valorización energética. Y, finalmente, el enterramiento en rellenos sanitarios, como así también la disposición final en basurales a cielo abierto y la incineración. En Argentina, tanto la incineración como la disposición en basurales a cielo abierto se encuentran prohibidas. En las subsiguientes secciones de este capítulo, se desarrollará con detenimiento en qué consiste cada uno de estos procesos.

En cuanto al marco normativo en torno a los NFU, no existen leyes de presupuestos mínimos ambientales ni de responsabilidad extendida del productor (REP). Sin embargo, ha habido proyectos de ley, uno presentado por el senador Alfredo Luenzo (S-410/21) y otro por la senadora García Larraburu (S-1101/21), los cuales fueron unificados en un solo proyecto, que obtuvo media sanción por parte de la Cámara de Senadores de la Nación en agosto de 2021. Luego, tras perder estado parlamentario, en 2022 el mismo proyecto volvió a ser presentado y aprobado en la Cámara de Senadores de la Nación, y, al momento de la escritura de este capítulo, se encuentra en comisiones en la Cámara de Diputados. Esta ausencia de normativa de presupuestos mínimos y/o de REP conspira para que no logre organizarse una correcta gestión de los NFU, ya que la mayoría de los actores involucrados se rehúsan a hacer frente a los costos necesarios.

Más allá de esta ausencia normativa, en el año 2002 se aprobó la Ley nacional N.º 25.626, que prohíbe la importación de neumáticos usados y recauchutados. Además, en el marco de

---

<sup>2</sup> El *clinker* o *clinker* Portland es el componente principal del cemento común. Se forma a partir de la calcinación de silicato tricálcico, silicato bicálcico, aluminato tricálcico y ferrito aluminato tetracálcico (Castañón *et al.*, 2012).

la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, existe la Resolución 523/2013, que llama a establecer lineamientos básicos para la gestión de los neumáticos, especialmente aquellos fuera de uso. Sin embargo, al ser una resolución ministerial (y no una ley nacional de presupuestos mínimos ambientales), no es de cumplimiento obligatorio para las provincias. Asimismo, en el marco del ex Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se aprobó la Resolución N.º 522/16 sobre el manejo de los Residuos Especiales de Generación Universal (REGU). Entre estos residuos, en su Anexo I aparecen los NFU. También en este caso, no hay obligatoriedad de cumplimiento.

Por otra parte, tampoco existe normativa significativa en este sentido en los niveles subnacionales. Por ejemplo, en la provincia de Buenos Aires, se presentó un proyecto de ley para la gestión de REGU, entre los que se incluían los NFU. Sin embargo, al día de la fecha, no ha sido aprobada. A su vez, en algunos municipios del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), se han dictado ordenanzas que tratan de forma directa o tangencialmente la gestión de los NFU. En la mayoría se hace referencia a la responsabilidad que tienen los generadores, distribuidores y consumidores. Como principio general, se prohíbe el abandono y/o incorrecta disposición final de los NFU, como así también la incineración a cielo abierto. Paralelamente, algunos municipios han firmado convenios con empresas que realizan el tratamiento de los NFU. Sin embargo, pocos han podido realmente llevar a cabo, de manera sostenida, las obligaciones que habían asumido, sobre todo por los altos costos que tienen que afrontar a la hora de trasladar los NFU desde sus ejidos a dichas empresas.

Finalmente, existe normativa a nivel nacional que regula la reconstrucción de los neumáticos. En la Ley nacional N.º 24.449/94, se establecen las condiciones de seguridad que deben cumplir estos procesos. Más específicamente, en la Resolución N.º 205/10 de la ex Secretaría de Industria, Comercio y de la Pequeña y Mediana Empresa de la Nación, se establece que

los neumáticos reconstruidos deben ser homologados a través de un Certificado de Homologación de Autopartes de y/o Elementos de Seguridad (CHAS).

Para incentivar la recuperación, reciclaje y correcta disposición final de los neumáticos, se requiere de la acción del Estado y el diseño e implementación de políticas acordes al sector. En primer lugar, a nivel nacional no se han podido detectar políticas significativas que tiendan a la recuperación y/o disposición final de los NFU, pudiendo solo encontrarse algunos municipios del AMBA que han intentado implementar la recolección y almacenamiento de neumáticos, para luego trasladarlos a plantas de trituración o cementeras. Sin embargo, estas iniciativas enfrentan importantes dificultades, sobre todo ante la carencia de recursos económicos de muchos municipios.

## **5.2. Separación en origen y recolección diferenciada: experiencias, obstáculos y oportunidades**

Como se mencionó anteriormente, la gestión de los NFU presenta importantes dificultades, sobre todo ante la logística del traslado de los mismos hasta los pocos puntos del país donde se les puede dar tratamiento y/o disposición final. En palabras de algunos de los expertos consultados, al comparar el volumen con el peso de los NFU, “se está trasladando aire”. Esto lleva a que, la mayoría de las veces, se depositen sin control en basurales a cielo abierto (como se puede observar en la imagen 1), se quemen o sean arrojados a cauces de agua. También, existen recolectores conocidos en la jerga como “casqueros”, que recogen los NFU en las distintas gomerías, para luego venderlos, sobre todo en zonas periféricas (imagen 2). La gran mayoría de estos neumáticos corresponden a autos y camionetas. Algunas veces, estos se encuentran en condiciones para seguir usándolos, por lo que son revendidos. Sin embargo, si no están en buenas condiciones, son reconstruidos, aun cuando, en el caso de autos y camionetas, se encuentra prohibido en Argentina.

**Imagen 1. Neumáticos desechados en un microbasural en Uspallata, Mendoza, 2023**



Fuente: Mariana Saidón.

**Imagen 2. Neumáticos usados revendidos en gomerías periféricas de Mendoza, 2023**



Fuente: elaboración propia.



Sin embargo, existen algunas iniciativas municipales para recolectar de forma diferenciada los NFU y luego darles un correcto tratamiento y disposición final (recuadro 1).

**Recuadro 1. Municipios del AMBA con políticas de recolección y/o tratamiento de NFU**

Algunos municipios del AMBA que han manifestado tener políticas de recolección y tratamiento son los siguientes:

-Almirante Brown: recolectan los NFU que se encuentran en basurales a cielo abierto, los cuales luego son llevados a la empresa Regomax S.A., donde son reciclados.

-Avellaneda: tiene un programa de recolección diferenciada en talleres y gomerías por parte del Municipio. Estos NFU, luego, son trasladados a la empresa Regomax S.A., con quien se firmó un convenio para tal fin. A pesar de ello, el Municipio ha sufrido importantes inconvenientes para hacer frente a la logística que esto implica, lo que ha provocado que se acumulen los NFU en un depósito, convirtiéndolo en una situación peligrosa por las razones que se detallaron al comienzo de este capítulo.

-Berazategui: tiene un programa de recolección diferenciada de NFU para los grandes generadores. Estos son enviados a la estación de transferencia de Almirante Brown, para luego ser trasladados a Regomax S.A. Además, en el municipio hay un proyecto de ordenanza cuyo objetivo es la prohibición del abandono de NFU en lugares no habilitados para tal fin.

-CABA: existe un programa de recolección diferenciada para NFU, que establece que son los generadores quienes deben hacerse cargo de su traslado hasta la estación de transferencia ubicada en Pompeya, para luego ser derivados a la empresa Regomax S.A. Lamentablemente,

en el territorio, en la mayoría de los casos, los NFU son dispuestos de forma inadecuada o son entregados a casqueros.

-Escobar: tiene campañas esporádicas de recolección diferenciada de los NFU, los cuales son trasladados a centros de disposición transitoria, para luego ser enviados a la empresa Regomax S.A.

-Esteban Echeverría: tiene un sistema de recolección diferenciada de NFU, que son recolectados semanalmente y acopiados en el Ecopunto II. Finalmente, son trasladados a la empresa Regomax S.A.

-Florencio Varela: si bien no existe un programa específico de recolección diferenciada de NFU, el municipio recibe denuncias telefónicas de los vecinos, que alertan sobre la presencia de estos en los espacios públicos. Además, los grandes generadores también pueden solicitar al Municipio el retiro de los NFU de sus instalaciones. Estos son transportados por parte del Municipio a la empresa Regomax S.A.

-General Las Heras: el Municipio recolecta los NFU provenientes de las gomerías del partido y, luego, los envía a la empresa Regomax S.A.

-General San Martín: el Municipio cuenta con un punto de recolección de NFU y además los recoge de forma gratuita en las gomerías y en microbasurales. Los NFU son derivados a la empresa Regomax S.A., la cual se ubica en su territorio.

-La Plata: ha dictado una ordenanza (N.º 10.661/09 “Basura Cero”) donde los NFU son considerados como residuos peligrosos domésticos, prohibiendo su quema a cielo abierto. Los NFU son recolectados en la fracción de residuos no habituales, pero luego son destinados a disposición final en un relleno sanitario.

-Lomas de Zamora: el Municipio recolecta los NFU, los cuales luego son derivados a la empresa Regomax S.A.

-Luján: recolecta los NFU en las gomerías del municipio, para luego ser derivados a galpones pertenecientes a la Dirección de Gestión Ambiental.

-Malvinas Argentinas: los NFU de vehículos considerados pesados (camiones y colectivos) son recolectados por una empresa privada. Estos son derivados a una planta de achique para luego ser enviados a una cementera.

-Marcos Paz: el municipio cuenta con una ordenanza que establece el tratamiento de los NFU en la empresa Regomax S.A. Estos últimos son recolectados por el Municipio en las gomerías, luego acopiados transitoriamente y, finalmente, trasladados a la empresa. Es el único Municipio que se detectó cuenta con cifras sobre la cantidad de NFU derivados a Regomax S.A.

-San Miguel: si bien no posee programas de recolección y tratamiento de NFU, se han realizado campañas de prevención de plagas, donde se han recolectado materiales que acumulan agua, entre los que se encuentran los NFU.

-Vicente López: por medio de una ordenanza (N.º 3.039/11), se establece el Plan de Recolección Diferenciada y Reciclado de residuos especiales domiciliarios, entre los que se encuentran los NFU. A pesar de ello, no cuenta con programas de recolección y tratamiento de los mismos.

Pese a lo manifestado por funcionarios municipales, y especialmente teniendo en cuenta que muchos han declarado que los NFU reciben tratamiento en alguna empresa, los empresarios comentan que los envíos de NFU por parte de los municipios son esporádicos, sobre todo porque estos no cuentan con fondos para hacerse cargo de la logística del traslado.

Con todo esto, podemos llegar a identificar los obstáculos que presenta el manejo de esta corriente. Estos

pueden agruparse en torno a causas que pueden atribuirse al material en sí, y a la falta y/o al tipo de política pública.

- Obstáculos asociados a los materiales:
  - Dificultades para el traslado: tanto la recolección como el traslado son onerosos, ya que ocupan gran volumen en relación con el peso.
  - Almacenaje: resulta más peligroso almacenarlos que mantenerlos dispersos, ya que, como se explicó precedentemente, el riesgo de incendio es mayor, como así también la posibilidad de servir de refugio a distintos vectores que luego transmiten enfermedades zoonóticas.
  
- Obstáculos asociados a deficiencias en las políticas:
  - Legislativos: al ser considerados por la normativa como residuos de generación especial, muchas veces los municipios no se encargan de su gestión. Al mismo tiempo, al no haber normativa específica que los regule, específicamente una ley REP, los generadores los depositan en sitios inadecuados, sean rellenos sanitarios o basurales a cielo abierto, y los productores no se responsabilizan por la etapa final de la vida útil de estos productos que insertan en el mercado.

### **5.3. Qué pasa luego de la recolección diferenciada: experiencias, obstáculos y oportunidades para la valorización**

Existen a nivel mundial distintas alternativas de tratamiento y recuperación de los NFU que, como ya se mencionó, se encuentran jerarquizadas en cuanto a su preferencia. Por lo

general, en los países de Europa, entre un 36 % y un 51 % de los NFU son recuperados, mientras que el resto se utiliza para la recuperación energética (CEMA, 25 de marzo de 2014). Entre las alternativas de recuperación disponibles a nivel internacional, se encuentran:

- **Reconstrucción:** los neumáticos pueden ser reacondicionados, permitiendo la reutilización, colocándose una nueva capa de rodamiento, lo que permite extender su vida útil y evita que se conviertan en NFU. En la Resolución N.º 523/13 de la ex Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, se define como “recapado” al proceso por el cual un neumático es reconstruido por sustitución de su banda de rodamiento; el recauchutado es el proceso por el cual un neumático es reconstruido por sustitución de su banda de rodamiento y de sus hombros; y el remoldeado es el proceso por el cual el neumático es reconstruido por sustitución de su banda de rodamiento, de sus hombros y de toda la superficie de sus costados. Sin embargo, este proceso solo se puede realizar, por razones de seguridad, en algunos tipos de neumáticos. En Argentina, la Disposición N.º 352/06 de la Agencia de Seguridad Vial y sus sucesivas modificatorias prohíben el recapado en los vehículos de menor envergadura (autos y camionetas). A la reconstrucción la suelen realizar las propias empresas que fabrican o importan los neumáticos, y es recomendable, por razones técnicas, no hacerlo más de tres o cuatro veces, aun cuando la legislación no establece limitantes sobre cuántas veces pueden reconstituirse. Asimismo, también existen empresas que se dedican especialmente a la reconstrucción, tanto formales como informales, que operan en el país.

Las empresas que reconstruyen los neumáticos los reciben de sus clientes y realizan una selección, descartando aquellos que no pueden ser reparados (alrededor de un 20 %). Luego, estos neumáticos son reconstruidos

en sus talleres y se devuelven a los clientes renovados (Alonso y Suárez, 2021). Durante este proceso también se generan residuos: las bandas que se quitan de los neumáticos y el polvo que se produce durante la reconstrucción.

En la actualidad, en Argentina suelen utilizar neumáticos reconstruidos las empresas de transporte de carga y de transporte de pasajeros (micros y/o colectivos), no así las empresas de transporte de petróleo y combustibles (por razones de seguridad), como tampoco el transporte del sector público en su conjunto (Alonso y Suárez, 2021).

- **Reutilización:** en la mayoría de los casos, los NFU no pueden ser reconstruidos, ya que pertenecieron a automóviles o por otros motivos. En este caso, esos neumáticos, sin necesidad de someterlos a ningún tipo de transformación, pueden utilizarse para obras de ingeniería civil, como sostén de silopuentes, rompeolas, barreras de erosión, protectores costeros, construcción de vertederos, terraplenes de carreteras, muelles, pistas de automovilismo, etc. (Alonso y Suárez, 2021). En general, su utilización es marginal si se compara con la cantidad de NFU desechados, pero no por eso deja de ser una alternativa.
- **Desvulcanización:** es el proceso que permite la recuperación del caucho, para poder ser reciclado, especialmente para la fabricación de nuevos neumáticos. Este proceso puede llevarse a cabo por medio de procesos físicos (aplicación de altas temperaturas y ultrasonidos) o por medio de procesos químicos (agentes químicos en un proceso de catálisis). En la actualidad, esta tecnología presenta el inconveniente de que el caucho que se obtiene es de menor calidad que el caucho original, por lo que todavía no puede utilizarse para la fabricación de nuevos neumáticos. A pesar de ello, en 2018 la empresa Pirelli presentó un nuevo neumático fabricado a partir

de caucho reciclado. Estos neumáticos, por sus características, solo pueden ser utilizados en bicicletas. Pese a ello, fuentes consultadas de la empresa explicaron que el objetivo es lograr que este tipo de neumáticos puedan utilizarse en automóviles.

- Trituración mecánica: este proceso consiste en reducir el volumen de los neumáticos, obteniendo distintos productos según sea el proceso seleccionado (recuadro 2).
  - Achique: tritura los neumáticos en trozos de alrededor de 5 cm de diámetro, lo que permite reducir el volumen de los neumáticos a ser transportados. Esta puede ser una etapa previa para otras instancias (trituración para granulado, termo-valorización, etc.). También, cuando este proceso se realiza cerca del punto de generación, y antes de transportar los NFU a sitios de recupero, permite disminuir los costos de traslado, ya que reduce el volumen a ser transportado.
  - Granulado: con esta tecnología se puede obtener granulado de caucho de, generalmente, 2,4 mm, separando el caucho del acero y de las fibras textiles. Esta tecnología, en sus versiones más complejas, permiten obtener polvo de caucho, donde las partículas no superan los 0,5 mm.

En este caso, se trata de industrias intermedias, y, generalmente, aquellas que realizan el proceso de trituración no son las mismas que utilizan los gránulos en productos finales.

**Recuadro 2. Planta de trituración mecánica estándar para NFU**

Una planta de trituración mecánica tipo comprende las siguientes actividades (Page, 2021):

1. Destalonador: se quita la mayor parte del acero de los laterales de los NFU.
2. Guillotina: se cortan los NFU en trozos.
3. Trituración primaria: por medio de “árboles de cuchillas” que giran en sentido contrario, se trituran los NFU, pudiendo obtenerse un granulado de entre 80 y 150 mm.
4. Primer separador magnético: en una tolva, se realiza la separación del caucho triturado y el acero.
5. Granulador a presión: el producto de la trituración primaria vuelve a ser procesado, para reducir su tamaño, obteniendo un granulado entre 15 y 100 mm. En algunos casos, de acuerdo a la maquinaria, puede seguir reduciéndose hasta lograr polvo de caucho entre 0,5 y 0,6 mm.
6. Separador ciclónico: permite quitar los restos textiles y mejorar la calidad del producto.
7. Segundo (y tercer) separador magnético: se quitan los restos de metales ferrosos que pudiesen quedar, para mejorar la pureza del producto.

En Argentina, existen plantas de achique y plantas de granulado de caucho de 2,4 mm, mientras que solo se obtiene polvo de caucho de forma residual. Se pudo constatar la existencia de siete grandes empresas que realizan procesamiento de caucho para obtener granulado: Regomax, Eco-Lauda, ReNFU y Tricaucho en la provincia de Buenos Aires; Kumen-Co y Worms en Santa Fe; y Eco-Cuyum en Mendoza. Sin embargo, existen empresas y cooperativas más pequeñas, que tienen maquinaria para lograr un granulado de tamaño intermedio. Por lo general, las empresas



más grandes reciben los neumáticos de los propios municipios, de los fabricantes y de las grandes gomerías, mientras que las más pequeñas los reciben de gomerías barriales o de casqueros.

El granulado de 2,4 mm se utiliza para elaborar canchas deportivas que cuentan con césped sintético, como relleno de elementos (bolsas de boxeo, pelotas, algunos juguetes) y la fabricación de baldosas de caucho, utilizadas generalmente en plazas blandas (imagen 3) y pistas de atletismo, material para techos, baldosas aislantes, etc. En 2022, varias de las empresas consultadas declararon que trabajan con capacidad ociosa, ya que no reciben la suficiente cantidad de NFU para procesar. Incluso, se da el caso de que eventualmente se importa granulado de caucho, porque las empresas no pueden satisfacer la demanda interna. Esto nos da una idea de que no solo hay una baja cantidad de trituración, sino que también existe un mercado potencial para los NFU.

**Imagen 3. Zona de juegos infantiles con suelo realizado a partir de caucho triturado, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2023**



Foto: elaboración propia.

Por su parte, un caso interesante es el del polvo de caucho, que se puede utilizar como ligante para la fabricación

de asfalto modificado, para la elaboración de tuberías y de componentes para automóviles. El asfalto modificado con polvo de NFU presenta importantes ventajas, tanto en durabilidad como en prestaciones, por sobre el asfalto común, a saber (Page, 2021):

1. Triplica o cuadruplica la vida útil de rutas, carreteras y calles.
2. Presenta menor deformación ante las altas temperaturas.
3. Reduce el tiempo de frenado de los vehículos.
4. Reduce el tiempo de evacuación del agua en superficie.

El polvo de caucho puede ser incorporado al asfalto durante distintas etapas del proceso de producción. La primera alternativa es la incorporación en las mezclas asfálticas elaboradas por las propias petroleras. La segunda, más extendida a nivel mundial, es aquella donde las empresas que venden emulsiones asfálticas sean las que lo modifiquen y luego lo vendan. El problema es que estas dos alternativas tienen importantes inconvenientes técnicos, ya que el caucho tiende a separarse del asfalto durante el almacenamiento y transporte, por lo que los tiempos de trabajo suelen ser acotados y deben planificarse de manera adecuada para que funcione relativamente bien. La tercera alternativa es la que se conoce como “modificación de asfalto al pie de obra” por las mismas empresas que realizan la construcción del camino. En este último caso, se evita el inconveniente antes mencionado y, además, el costo de la maquinaria necesaria es mucho más reducido.

Al momento de escribir este libro, en Argentina solo se cuenta con experiencias pilotos o muy acotadas de utilización de polvo de NFU en mezclas asfálticas, a pesar de que a nivel internacional es una práctica ampliamente aceptada y utilizada. Como ejemplo pueden nombrarse algunas calles de la CABA, algunos tramos de las autopistas administrados por Autopistas Urbanas Sociedad Anónima

(AUSA) y algunas calles de la ciudad de La Plata. Por su parte, la empresa Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.A. (YPF) se encuentra realizando pruebas para incorporar este producto a su cartera. Estas experiencias no han podido ser escaladas en gran medida porque, en los proyectos de pavimentación y renovación de asfalto realizados, tanto a nivel nacional como provincial, no se solicita la utilización de asfalto modificado, pese a las ventajas que presenta.

- Trituración criogénica: a través de un proceso de enfriamiento, los NFU se congelan, lo que permite que luego sean molidos por medio de un impacto. Al igual que en el proceso de trituración mecánica, luego se pueden separar el polvo de caucho, los metales y las fibras textiles. Este sistema de tratamiento es complejo de instalar y mantener y, además, la instalación y el mantenimiento de estas plantas tienen un alto costo. En la actualidad, no se encuentra disponible en ningún país de América Latina (Alonso y Suárez, 2021).
- Pirólisis: es un proceso mediante el cual el caucho de los neumáticos se degrada por medio de calor y ausencia de oxígeno (Retema, 25 de agosto de 2020). Esto permite recuperar el acero y el negro de humo, mientras que el caucho se transforma en un combustible líquido de baja calidad. Esta tecnología no existe en Argentina, mientras que hay algunos proyectos en Chile y México para implementarla. Un ejemplo de cómo puede implementarse lo da Michelin, que, en sociedad con la empresa Enviro, afirmó estar construyendo una planta de reciclaje en Antofagasta (Chile) para recuperar el negro de humo, el acero, el gas y aceite de pirólisis (Pereyra, 8 de marzo de 2021).
- Coprocesamiento en hornos cementeros: aquí, los neumáticos triturados o enteros, dependiendo de la tecnología con la que se cuente, se emplean como combustible en los hornos cementeros. La incineración se produce a una temperatura de entre 850 y 1600 °C,

tardando los NFU pocos segundos en desintegrarse. A diferencia de la recuperación energética, en este caso los NFU no solo se utilizan por su capacidad energética, sino que parte del material pasa a conformar el *clinker*. A nivel internacional, este es el destino que se les da a los NFU en alrededor del 90 % de los casos (CEMA, 25 de marzo de 2014). La ventaja de este proceso es que puede suplantar una parte del combustible fósil que se utiliza en los hornos con residuos (hasta un 20 %) y que el acero que forma parte de los NFU es uno de los elementos necesarios para la fabricación del *clinker*. De ahí que se produzca una recuperación energética y material simultánea. El problema que se presenta es que la quema de residuos genera escorias y cenizas durante la combustión, las que, luego, si no existen adecuados procesos de filtración, son liberadas al ambiente, a la vez que se desaprovecha parte de los materiales.

Se estima que, en la actualidad, la industria cementera tiene capacidad para consumir alrededor de 120.000 t al año, sin embargo, el nivel actual de coprocesamiento es de 4.000 t al año en las plantas cementeras ubicadas en Jujuy y Mendoza, mientras que, en las demás plantas del resto del país, no se está incorporando NFU (Alonso y Suárez, 2021). Vale decir también que no todas las plantas de producción de cemento del país están en condiciones de incorporar NFU a sus hornos, que algunas necesitan que estén previamente triturado y son pocas las que pueden incorporarlos enteros.

- Recuperación energética: en este caso, los NFU se utilizan solo por sus propiedades como combustible para generar energía en calderas industriales, hornos ladrilleros, fábricas de papel y celulosa, etc. (Alonso y Suárez, 2021).
- Disposición final e incineración: los neumáticos también pueden ser enterrados en rellenos sanitarios y, lo que es peor, en basurales a cielo abierto o incinerados

de forma descontrolada. Ninguna de estas opciones es deseable, ya que, como se mencionó previamente, son de muy difícil degradación, generan riesgos para la salud y contaminación atmosférica en caso de incendios.

Cualquiera de estos procesos permite, ordenados en orden decreciente en preferencia según lo mencionado en la norma IRAM 29.600, la reutilización, transformación/reciclado o disposición final controlada de los NFU. Sostener este orden de prioridades produciría importantes beneficios ambientales, evitando tanto la contaminación de suelos (por el enterramiento), como del aire (por los incendios o quemas intencionales), como así también la proliferación de vectores que traen aparejadas enfermedades zoonóticas. Desde un punto de vista social, también se generarían beneficios, ya que, sobre todo en el caso del recauchutado como de la trituración, aumentaría la demanda de mano de obra, pudiendo traducirse en la creación de empleo y en nuevas oportunidades económicas. Por otro lado, desde una perspectiva económica, la creación de nuevos productos a partir de NFU tiene la potencialidad de generar nuevos mercados o solidificar los existentes.

De todas las alternativas desarrolladas anteriormente, la que presenta mayores potencialidades para Argentina y se adapta más a las realidades socioeconómicas del país es la de trituración mecánica. Esto se debe a que es un proceso eficiente de recuperación del material, compatible con los estándares ambientales, incluso en ámbitos urbanos, y que implica costos de inversión y de mantenimiento de la maquinaria relativamente bajos en relación con los demás procesos (Chimborazo Azogue *et al.*, 2010).

## 5.4. Recomendaciones

Como se mencionó previamente, existe una serie de problemas en torno a la correcta gestión de los NFU. Estos se pueden agrupar fundamentalmente en dos: aquellos que tienen que ver con las posibilidades de desarrollar su recolección y logística, de manera que cuadre adecuadamente con una orientación hacia un modelo de economía circular, y aquellos que se vinculan con las políticas orientadas hacia su tratamiento. En el primer grupo, sobresale el costo del traslado y la dificultad en el almacenamiento. Entre los problemas relacionados con las políticas orientadas al tratamiento, destaca la ausencia de incentivos para incorporar el caucho reciclado sea en la fabricación de asfalto modificado o en la confección de espacios públicos o privados, por ejemplo, con baldosas confeccionadas a partir del caucho reciclado para plazas, en canchas deportivas, etc. En ambos casos, estos problemas no encuentran solución por la ausencia de legislación nacional de responsabilidad extendida del productor.

Es a partir de estas constataciones que se realiza una serie de recomendaciones:

1. Sancionar una ley REP nacional: las experiencias internacionales muestran que debe haber marcos normativos que apunten a la responsabilidad extendida del productor. De ahí, y en función del marco normativo argentino, donde son las leyes nacionales de presupuestos mínimos ambientales las que establecen el piso de protección ambiental para todo el territorio, que se considere prioritario la aprobación de una ley REP en Argentina, ya que actuaría de marco para cualquier otra política. Dicha ley debe contar como mínimo con el siguiente contenido:
  - a. Establecer una clara jerarquía en cuanto a cómo se deben gestionar los NFU. En primer lugar, debe priorizarse la reutilización, seguido

por la restauración y/o recapado cuando esto es posible. Luego la trituración, tanto para producir granulado como polvo de caucho. Finalmente, contemplarse el coprocesamiento en hornos cementeros y, luego, la termovalorización.

- b. Establecer un sistema de trazabilidad de los neumáticos, por medio de algún sistema de codificación, lo que facilitaría identificar a los responsables de cada uno de los neumáticos introducidos en el mercado. Esto permitiría no solo cargar con el costo económico a quien inserta el neumático en el mercado, sino con la obligación de cada consumidor de disponer los NFU en los lugares destinados para tal fin.
- c. Creación de una ecotasa para quienes introducen los neumáticos en el mercado, sea que lo fabrican en el país o que lo importan. Este dinero podría ser utilizado para amortizar el traslado de los NFU desde las gomerías o puntos de generación a las distintas plantas de tratamiento, y financiar la implementación y el funcionamiento de plantas de achique.
- d. Una posibilidad contempla que sean las empresas por sí, y utilizando el sistema de trazabilidad antes mencionado, quienes se hagan cargo de la recuperación de los neumáticos que colocan en el mercado. De esta forma, evitarían abonar la ecotasa mencionada en el punto anterior. Sin embargo, este tipo de gestión ha mostrado que puede ser problemática, ya que son las propias empresas quienes deben “auto-controlarse”, ya que el Estado, al no haber una ecotasa, no suele contar con los recursos necesarios para hacerlo.
- e. Incentivar la federalización del sistema, contemplando que en todas las jurisdicciones a

nivel nacional pueda realizarse una gestión de los NFU en concordancia con los principios de la economía circular.

- f. Garantizar el efectivo control estatal sobre el cumplimiento en todo el territorio nacional de las responsabilidades asumidas por las empresas (ver punto d) o el pago de la ecotasa y su correspondiente utilización para realizar la recuperación y, en última instancia, la disposición final.
2. Crear plantas de acopio y pretratamiento de gestión municipal (plantas de achique). En dichos lugares, se separarían las bandas de rodamiento de los flancos, e incluso se podría realizar un primer triturado. Esto permitiría reducir el volumen de almacenamiento y reducir los costos de traslado y las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del transporte. Estas plantas, que pueden financiarse con la ecotasa mencionada anteriormente, además, permitirían la creación de puestos de trabajo. Estas deberían estar distribuidas en todo el territorio del país y funcionar como instancia previa al traslado a plantas de tratamiento (como aquellas que generan el granulado).
3. Fortalecer a las industrias reconstructoras y recicladoras: si bien en la actualidad existen industrias recicladoras que cuentan con capacidad ociosa, si aumenta la cantidad de NFU a ser tratados, mejorando la logística según lo dicho en los puntos previos, necesitarán expandirse. Además, debe mejorarse la tecnología utilizada, permitiendo obtener polvo de caucho para su utilización en asfalto modificado. Finalmente, podría incrementarse la cantidad de neumáticos que son reparados, si los distintos niveles gubernamentales reconstruyeran sus NFU en lugar de descartarlos y comprar nuevos.
4. Promover la utilización de asfalto modificado con caucho: existen sobradas evidencias sobre las bondades de



agregar polvo de caucho en las mezclas asfálticas, ya que permite mejores prestaciones, como así también alarga la vida del asfalto (Hoyos Díaz, Puicón Herrera y Muñoz Pérez, 2021). Sin embargo, en Argentina son escasas las experiencias en las que se ha incorporado polvo de caucho en las carpetas asfálticas. De ahí que debe incentivarse tanto a nivel nacional (Vialidad Nacional), como en sus homónimos provinciales la utilización de asfalto modificado con polvo de caucho. Esto no solo permitiría dar un destino a los NFU, sino que también redundaría en mejoras en las rutas y caminos, como así también en el aumento de su durabilidad.

## Agradecimientos

Este capítulo tiene como origen el Informe Final del Impacto Fiscal de la Ejecución del Plan Nacional de Economía Circular y Hoja de Ruta (PAGE, 2021). De ahí que, como autora, quiero agradecer los aportes que en su momento hicieron Mariana Saidón, Sebastián Careno, Rafael Flores, Santiago Sorroche, Eva Bamio, Florencia Vassallo y Lucas Becerra. A los miembros del Seminario del Área de Ambiente y Política, EPyG, UNSAM, por haber leído y comentado una versión previa de este capítulo.

## Referencias bibliográficas

- Alonso, O. y Suárez, F. (2021). *Neumáticos fuera de uso en la provincia de Buenos Aires. Girando hacia una economía circular*. OPDS.
- AutoBield (31 de noviembre de 2010). ¿De dónde proviene el caucho? En [t.ly/ySPP](https://t.ly/ySPP).
- Cámara de la Industria del Neumático (CIN), (s/f). Informes estadísticos: Consumo aparente. En [t.ly/zBPM1](https://t.ly/zBPM1).

- Cano Serrano, E., Cerezo García, L. y Urbina Fraile, M. (2008). Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso: Actualización. Universidad Carlos III de Madrid, Parque Científico de Leganés y FEDER. En [t.ly/tM71](#).
- Castañón, A.; García Grada, S.; Guerrero, A. y Gómez-Fernández, F. (2012). Estudio de las fases mineralógicas del Clinker en una cementera española, utilizando el método de rietveld. *Revista Dyna*, 79 (173), 41-47.
- CEMA (25 de marzo de 2014). Informe sobre recuperación energética de neumáticos fuera de uso en hornos de clinker. En [t.ly/yrxok](#).
- Chimborazo Azogue, C. Y. y López, M. (2017). Trituración de neumáticos reciclados como desencadenantes en los procesos industriales en la Provincia de Tungurahua. *Revista Publicando*, 4(12), 427-439.
- EcoGreen (9 de abril de 2014). Incendios de llantas: lo que sucede cuando las llantas de desecho no se reciclan. En [t.ly/Fnr9a](#).
- Epifanio, S. (8 de noviembre de 2020). Historia y evolución del neumático. Top Motor. En [t.ly/3al6K](#).
- Ginestar, A. (29 de abril de 2021). Neumáticos en desuso: por qué son tan contaminantes y cómo reutilizarlos. MDZ. En [t.ly/DIU9I](#).
- Kopytyński, W. R. (31 de octubre de 2019). Los residuos en la Economía Circular y la mirada hacia el 2030. ACDE Empresa. En [t.ly/X80k](#).
- Hoyos Díaz, L. M., Puicon Herrera, K., y Muñoz Pérez, S. P. (2021). Uso del caucho granulado en mezclas asfálticas: Una revisión literaria. *Infraestructura Vial*, 23(41), 11-19.
- PAGE (2021). Informe final del Impacto Fiscal de la Ejecución del Plan Nacional de Economía Circular y Hoja de Ruta.
- Pereyra, C. A. (8 de marzo de 2021). Michelin anuncia que sus neumáticos serán 100% sostenibles en 2050. Auto-blog Motor 1. En [t.ly/a6Z8e](#).

- RETEMA (25 de agosto de 2020). Combustible a partir de los neumáticos fuera de uso mediante pirólisis catalítica. En [t.ly/2R1u](https://t.ly/2R1u).
- RIAR (7 de septiembre de 2022). Neumáticos Fuera de Uso (NFU) bajo un enfoque de economía circular. En [t.ly/uskYw](https://t.ly/uskYw).
- Zarini, A. (2011). Alternativas de reutilización y reciclaje de neumáticos en desuso (Tesis de Grado). Instituto Tecnológico de Buenos Aires.