

Capítulo 2: Los neumáticos, la generación de NFU y el caucho reciclado

Tesis: "Desarrollo de baldosas con caucho reciclado de neumáticos fuera de uso"

Capítulo 2: Los neumáticos, la generación de NFU y el caucho reciclado

En el **capítulo 2 “Los neumáticos, la generación de NFU y el caucho reciclado”** se detalla el proceso de fabricación de neumáticos y sus componentes. ¿En qué lugar se encuentra la industria en la actualidad?, el compromiso ambiental, el etiquetado de neumáticos y los diseños vanguardistas que ya se vislumbran por parte de las principales empresas fabricantes para el futuro a mediano plazo. Luego se describe la generación de residuos a partir del desecho de neumáticos usados que han agotado el período de su vida útil. Posteriormente se describe el caucho reciclado, en forma especial, el de neumáticos fuera de uso y los procesos a los que se los puede someter para su valorización. Particularmente la trituración mecánica para obtener la granza de caucho reciclado, materia prima de las baldosas que se estudian en la presente tesis. Se describen las posibles aplicaciones de los neumáticos tanto enteros como triturados.

1. LOS NEUMATICOS

1.1. Industria de los neumáticos.

Proceso de fabricación de los neumáticos modernos.

La mezcla de cauchos más utilizada es el copolímero estireno-butadieno (SBR) o una mezcla entre el caucho natural y el SBR. Todos los tipos de cauchos tienen diferentes propiedades, pero también algo en común, todos, los naturales y sintéticos, una vez vulcanizados, pueden ser muy duraderos, por lo que su degradación se da en una gran cantidad de tiempo.

La combinación entre los cauchos naturales y sintéticos se diseña para que los primeros proporcionen elasticidad y los sintéticos, estabilidad térmica. Así, los neumáticos producidos de esta manera, combinan durabilidad y elasticidad, logrando una mejor adaptación a las constantes exigencias del tránsito.

El proceso de vulcanización al que se someten los neumáticos es básicamente un entrelazamiento de cadenas de polímeros con moléculas de azufre a alta presión y temperatura. Durante el proceso, el material pasa de ser un termoplástico a uno elastomérico. Presentando un cambio importante en la respuesta a la carga, posibilitando deformaciones muy diferentes entre ellos. (Castro G, 2008)

En la figura 1 se puede apreciar el esquema para la fabricación de neumáticos en forma general, la mezcla de cauchos junto con el negro de humo o sílice y otros productos químicos que le aportarán diferentes características buscadas, se introduce en un mezclador (malaxador Bambury), lugar donde tendrá lugar el proceso de mezclado

Entre los productos adicionados al caucho se cuentan activadores, antioxidantes, antionizantes, ceras para facilitar la extensión de caucho, vulcanizadores, pigmentos plastificantes, arcillas de refuerzo y resinas (Frederick James S, 2001).

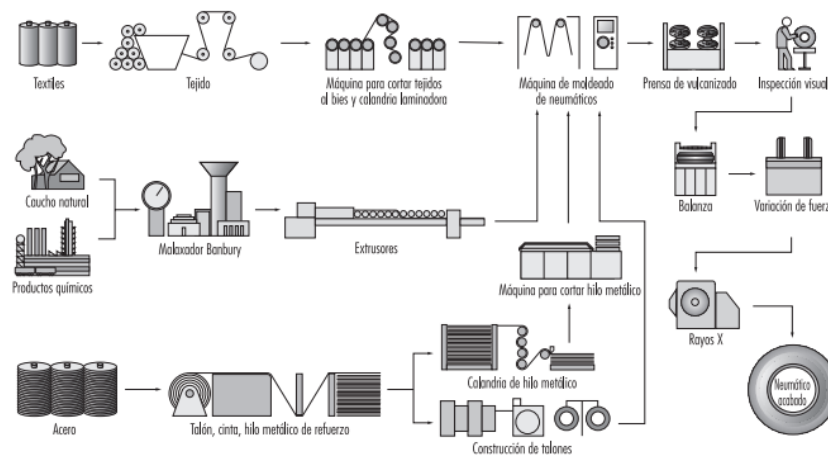


Figura 1: esquema del proceso de fabricación de neumáticos (Frederick James S, 2001).

Luego de completado el proceso de mezclado, el caucho pasa a un proceso de masticación en un laminador. Este proceso transforma las placas de caucho en largas láminas al pasar por dos cilindros que giran en direcciones opuestas y diferentes

velocidades. Posteriormente las láminas de caucho pasan por las calandrias en donde se le realizan distintos procesos, saliendo de éstas en forma de láminas tal cual entraron, en cambio el extrusor produce tubos de caucho con éstas láminas.

Finalmente se procede al montaje final del neumático en un proceso automatizado en donde se colocan en su posición final los elementos constitutivos de éste. El neumático así preparado suele denominarse "neumático verde" y es el que ingresa al proceso de vulcanización, mediante el cual pasa de ser un material esencialmente plástico para transformarse en un material elástico listo para su uso. (Frederick James S, 2001)

1.2. Pautas para el diseño de un neumático moderno.

Componentes de los neumáticos.

Los neumáticos modernos están constituidos con alrededor de 200 componentes, que juegan un factor importante en cuanto la seguridad, el funcionamiento y el cuidado del medio ambiente.

Se dividen en seis grandes grupos:

- ✓ Elastómeros (cauchos naturales y sintéticos)
- ✓ Rellenos de refuerzo (negro de humo y sílice)
- ✓ Plastificantes (resinas, aceites)
- ✓ Elementos químicos (azufre)
- ✓ Refuerzos metálicos (cables, varillas)
- ✓ Refuerzos textiles (rayón, aramida, nylon, poliéster, etc).

Elastómeros: La combinación de los distintos cauchos se realiza de modo que los naturales proporcionen elasticidad y los sintéticos, mejor estabilidad térmica. Esta combinación favorece la durabilidad y capacidad de adaptarse a las nuevas exigencias del tránsito.

Rellenos de refuerzo: La adición de cargas abarata el valor del neumático, proporcionándole cuerpo, rigidez y mejoran sustancialmente la durabilidad de los cauchos. Para tal fin, se utilizan el negro de humo, pequeñas partículas de carbón, y sílice.

Plastificantes: se agregan para facilitar la preparación y elaboración de las mezclas, y se utilizan para el control de la viscosidad. Reducen la fricción interna durante el proceso y mejoran la flexibilidad a bajas temperaturas del producto. Se utilizan para ello aceites minerales (aromáticos, nafténicos y parafínicos) y de tipo éster.

Químicos: se agrega azufre como agente vulcanizante, para entrecruzar las cadenas del polímero del caucho durante el proceso de vulcanización. También se adicionan acelerantes, compuestos órgano sulfurados, benzotiazol y derivados, óxido de zinc y ácido esteárico.

Retardantes: Nitrógeno (aminas) y antioxidantes, antiionizantes y adhesivos.

Capítulo 2: Los neumáticos, la generación de NFU y el caucho reciclado

Tesis: "Desarrollo de baldosas con caucho reciclado de neumáticos fuera de uso"

Refuerzos metálicos y textiles: componen el esqueleto del neumático, generando formas geométricas y rigidez. Usualmente incorporados al neumático en forma de hilos o fibras, además aportan resistencia, la cantidad varía según el fabricante.

En las siguientes tablas se pueden ver las magnitudes y su peso, dentro de la fabricación de un neumático promedio. La tabla 1 se refiere a los neumáticos de vehículos automóviles y la tabla 2 a un neumático promedio de camión o de autobús. (Castro G, 2008)

| Componente | Cantidad |
|--|----------|
| Caucho Natural (%) | 14 |
| Caucho sintético (%) | 27 |
| Negro de humo (%) | 28 |
| Acero (%) | 14-15 |
| Fibra Textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc. (%) | 16-17 |
| Peso Promedio (kg) | 8,6 |
| Volumen Promedio (m3) | 0,06 |

Tabla 1: Componentes de un neumático típico de automóvil. (Castro G, 2008)

| Componente | Cantidad |
|--|----------|
| Caucho Natural (%) | 27 |
| Caucho sintético (%) | 14 |
| Negro de humo (%) | 28 |
| Acero (%) | 14-15 |
| Fibra Textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc. (%) | 16-17 |
| Peso Promedio (kg) | 45,4 |
| Volumen Promedio (m3) | 0,36 |

Tabla 2: Componentes de un neumático típico de camión o bus (Castro G, 2008)

1.3. Partes constituyentes de los neumáticos.

Las partes más importantes en el neumático son las que se describen en la figura 2. Cada una de ellas posee una función específica en la actual composición de la estructura radial.

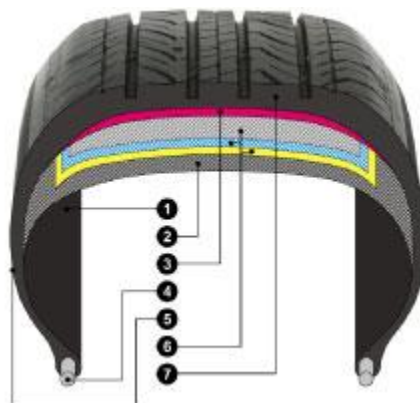


Figura 2: partes componentes de un neumático radial

1. Una capa de caucho sintético estanca al aire. Esta capa se ubica en el interior del neumático y sirve de cámara de aire.
2. La lona de carcasa que está compuesta por cables delgados de fibras textiles en arcos dispuestos en ángulos rectos y pegados al caucho. Gracias a ellos el neumático puede resistir mejor la presión.
3. Un relleno de zona baja que se encarga de transmitir los pares de motor o de frenado de la llanta hacia la zona de contacto con el suelo.
4. Los aros sirven para que el neumático se ajuste a la llanta.
5. Los flancos de goma flexible protegen el neumático de los choques que podrían dañar la carcasa, como, por ejemplo, los choques contra los cordones cunetas.
6. Las lonas de cima están armadas con cables de acero muy finos pero muy resistentes, están cruzadas oblicuamente y pegadas unas a otras. El cruce de sus hilos con los de la carcasa forma triángulos indeformables que garantizan la rigidez de la cima.
7. La banda de rodamiento es la parte que contiene el dibujo del neumático y que está en contacto con la calzada. Sus funciones son las de poder resistir esfuerzos muy importantes. La mezcla de goma que la constituye tiene que ser adherente a todo tipo de superficie, resistir el desgaste, la abrasión y tiene que calentarse poco.

Si bien se referenció al principio que la explosión de la industria del neumático se dio con la invención de la válvula de aire, el neumático (ya neumático) poseía cámara. Con los años este esquema fue reemplazado por el neumático radial, que posee un recubrimiento interno que oficia de cámara para que no escape el aire, porque de esta manera, se alarga notablemente el tiempo en que pierde el aire contenido. Obviamente este hecho redundaba en una mayor seguridad, pues un pinchazo en la actualidad, produce una pérdida lenta del aire.

Etiquetado de neumáticos.

Desde el 1° de noviembre del 2012 rige, en los países de la comunidad europea, el etiquetado de los neumáticos. El Parlamento Europeo emitió este reglamento con el objeto de medir la eficiencia de las cubiertas de acuerdo a tres aspectos: la resistencia de la rodadura al asfalto, con lo cual se mide indirectamente el consumo de combustible y la emisión de CO₂; la adherencia a superficies y asfaltos mojados, algo que incide directamente en la seguridad que ofrecen los neumáticos; y por último, el ruido o contaminación acústica del neumático. (Fundación CEA, 2014)

El etiquetado, inspirado en la tesis del cambio climático, ofrece al consumidor información fundamental a la hora de conocer el rendimiento que brindarán los neumáticos.

La resistencia a la rodadura se aprecia en la etiqueta en la figura que contiene un surtidor de combustible, varía desde la A a la G, la diferencia de consumo entre estos extremos se sitúa en el orden del 7,5%, con el consiguiente ahorro en la emisión de CO₂.

En la adherencia sobre piso mojado, igualmente, se diferencian entre la A (menor distancia de frenado) y la G (mayor distancia de frenado), entre los extremos se verifica un diferencial del orden del 30% en la distancia de frenado.

El tercer aspecto que el etiquetado de neumáticos aborda, el del ruido de los neumáticos al rodar, está presente con una bocina y tres sectores de ondas. Estas ondas de color negro indican el nivel de ruido alcanzado al rodar en carreteras y autopistas. Obviamente, las de una sola onda en negro son más silenciosas y las tres ondas negras, representan el nivel mayor de contaminación acústica.

Algunos aspectos no han sido tenidos en cuenta en el etiquetado de neumáticos por el Parlamento Europeo, por carecer de certezas en sus mediciones; tales como la durabilidad del neumático, la adherencia en piso seco y nevado. Otra incertidumbre se genera en el hecho de que el etiquetado lo coloca el fabricante, y son varias las fábricas asiáticas que proveen de neumáticos a la UE, particularmente en el mercado de cubiertas de bajo costo. (Fundacion CEA, 2014).

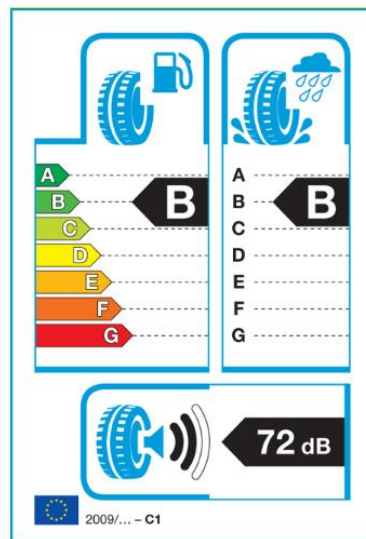


Figura 3: Etiquetado de neumáticos europeo

El futuro del neumático

Es tendencia entre las principales fabricantes orientar sus desarrollos hacia “neumáticos verdes”, más amigables con el medio ambiente y pensando que el consumidor, tiene un importante compromiso ambiental. Bridgestone por ejemplo, sostiene que los aspectos a tener en cuenta para el desarrollo del neumático del futuro son: los cambios regulatorios; la necesidad de sustentabilidad ambiental; la carrera por crear vehículos autónomos; los cambios en la demografía global y los cambios en el comportamiento de la sociedad. (Automotiva, 2019)

En el futuro las empresas fabricantes de neumáticos más importantes a escala global están pensando en nuevos materiales, materiales biodegradables, fácilmente reciclables, sin depender de la industria del petróleo. Estudios de la empresa Michelin sitúan el consumo de petróleo por neumático en el orden de los 27 litros. Ruedas sin aire, compuestas de materiales biodegradables, con la posibilidad de reimprimir su banda de rodadura por medio de impresoras 3D, se avistan en el horizonte para las décadas siguientes. Michelin Visión, Goodyear Oxigene y Air Free Tire de Bridgestone, son apenas conceptos, pero que en el caso de la empresa francesa ya está prevista su producción para mediados de la década entrante.

En el futuro, el neumático tal como lo conocemos experimentará sustanciales cambios que lo harán más amigable con el ambiente, pero por ahora, en el mientras tanto, la utilización del material reciclado de neumáticos fuera de uso es una tarea prioritaria, por los motivos que en el presente trabajo se han explicitado.



Figura 4: posibles variantes.

1.4. Producción de neumáticos en el mundo.

Después de años de enconadas guerras de precios, consolidación y la inevitable pérdida de empleos, el sector mundial del neumático registra un elevado nivel de concentración. De un valor de 80.000 millones de dólares EE.UU. en 2004, el sector se derrumbó a menos de la mitad de esa cifra cuatro años más tarde.

Los tres más grandes fabricantes de neumáticos del mundo, Bridgestone, Michelin y Goodyear, controlan colectivamente el 58% del mercado mundial del neumático desde hace más de cinco años. En 2012, los tres fabricantes, junto con sus filiales y participaciones en empresas mixtas representaban en total 76.000 millones de dólares de ventas, es decir, 40% de las ventas estimadas de neumático en el mundo.

A medida que las tres empresas han ido creciendo y ampliando su extensión geográfica a través de adquisiciones y empresas mixtas, también ha ido creciendo su cuota de mercado mundial del 55% en 1999 al 58% en la actualidad. Estas tres empresas generan por lo menos el 75% de su cifra de negocios de la fabricación de neumáticos. En el gráfico n° 1 se puede observar la participación en dólares, donde la suma de las tres empresas líderes expresa precisamente el 41,1 % de las ventas en dólares de la industria mundial de neumáticos (Kohn M., 2016).

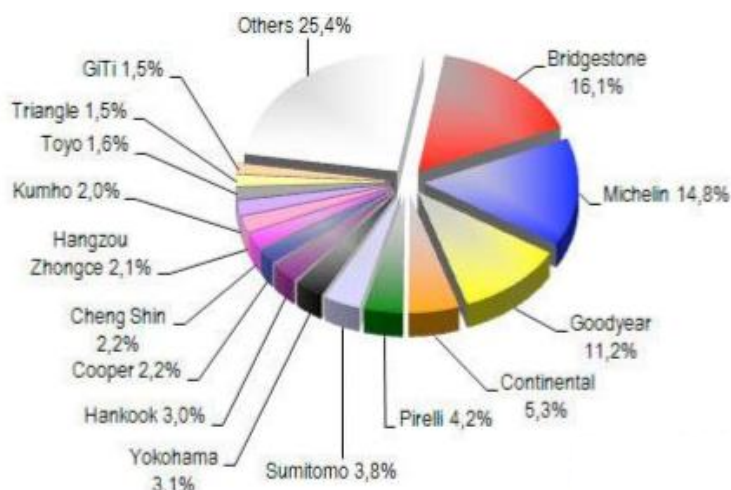


Figura 5: Grafico de participación en el mercado mundial de fabricantes de neumáticos.

En el siguiente grupo de grandes fabricantes de neumáticos figura Pirelli, Continental AG que solo tienen intereses parciales en el segmento neumáticos y los productores asiáticos Sumitomo, Yokohama, Hankook, Cheng Shin/Maxxis International y Hangzhou Zhongce, un fabricante de neumáticos chino que tiene una participación estatal del 50% y una asociación con Zhongce Investment de Hong Kong. En conjunto esos grandes fabricantes de neumáticos controlan cerca del 25% de las ventas mundiales de neumáticos.

Otras 70 empresas tienen una cuota del 17%. Las mismas han encontrado nichos en la fabricación de neumáticos, especializándose en neumáticos de aviones, agrícolas y de vehículos pesados, e incluso los neumáticos de bicicletas y motocicletas.

La integración del sector del neumático es un factor importante en el ciclo de producción actual. Goodyear tiene una empresa mixta con una participación 75/25 con Sumitomo para sus actividades en América del Norte y Europa para la producción de neumáticos Dunlop, mientras que Sumitomo controla el 80% de P.T. Sumi Caucho de Indonesia. Bridgestone obtiene ingresos de su participación del 34% en BRISA en Turquía, así como de su participación del 16% en Nokian de Finlandia. (Kohn M., 2016)

El mayor fabricante de neumáticos del mundo, Bridgestone, sigue registrando el 21% de sus ventas de Asia, donde posee 11 plantas de neumáticos y tienen unos 20 establecimientos con diversos tipos de productos de caucho. Michelin tiene una participación del 10% en Hankook y otra participación del 10% en P.T. Gajah Tunggal, el 26º mayor fabricante de neumáticos, en el que Giti Tire Pte. Ltd. de Singapur tiene una participación del 49.8%. Mitsubishi Corp. aumentó recientemente su participación en Toyo Tire & Caucho Co a cerca del 6% con una inyección de liquidez de 25 millones de dólares. En general, todas las empresas importantes, ya sean mixtas o mediante acuerdos operativos con otros fabricantes obtienen excelentes resultados financieros gracias a la integración del sector.

En 2012, se registró un crecimiento general en los mercados del neumático y la mayoría de los grandes fabricantes publicaron cifras de crecimiento de los ingresos de dígito doble, pese a que las ventas unitarias no fueron espectaculares. Eso se debió al aumento de los precios al mayoreo, que hizo subir los márgenes, y al descenso de los costos de la materia prima en 2012. Los 10 mayores fabricantes de neumáticos representan 125.000 millones de dólares EE.UU., es decir dos tercios del mercado mundial. (Kohn M., 2016).

1.5. Producción de neumáticos en América Latina

Los principales fabricantes de neumáticos y de productos de caucho en general consideran que América Latina es una región en crecimiento. En Brasil, que se beneficia de inversiones del gobierno en infraestructura, tiene un creciente mercado de logística, una fuerte demanda interna y un mercado de máquinas agrícolas en fuerte expansión, se han registrado aumentos continuos en la fabricación y ventas de neumáticos.

Argentina, en razón de la madurez que ha alcanzado su industria automotriz y el nivel de desarrollo de sus plantas de fabricación de neumáticos, también ha registrado en la última década.

Entre los actores que aportarán inversiones extranjeras a la región figuran grandes holdings de Goodyear Tire & Rubber en varios países, Bridgestone en Argentina, Brasil, Venezuela, Costa Rica, Pirelli en Argentina, Brasil y Venezuela, y Michelin en Brasil y Colombia. Una empresa que se ha implantado rápidamente en Sudamérica es la estadounidense Titan International, que se ha fijado como estrategia mundial llevarse una mayor tajada del mercado de neumáticos para usos agrícolas en Sudamérica y en otras regiones. Titan, que ocupa el 27º lugar entre los mayores fabricantes de neumáticos del mundo, opera una fábrica existente en Sao Paulo y en 2011 adquirió toda la capacidad de producción de neumáticos agrícolas de Goodyear Tire & Rubber en América Latina. (Ortolani A., 1998).

Con un total de inversiones en el sector del neumático en la región de 2.000 millones de USD, América Latina se sitúa por detrás de Asia y el Pacífico como segunda región de las que se espera el mayor crecimiento en el mundo.

Pirelli ha invertido 500 millones de USD a lo largo de varios años en una planta de neumáticos de camión cerca de Merlo, Argentina, y ha invertido 190 millones de USD para ampliar en 57% su capacidad de producción de su fábrica de neumáticos para automóvil en Silao, México. Asimismo, la empresa italiana, anunció recientemente la realización de proyectos en Brasil y otros países latinoamericanos por valor de 100 millones de USD para la fabricación de neumáticos todo terreno (OTR) y agrícolas. Goodyear ha decidido invertir 500 millones de USD para modernizar su planta en Santiago, Chile, un centro que fabrica neumáticos para automóviles de alto valor.

1.6. Producción de neumáticos en Argentina.

La producción de neumáticos en el país por parte de las empresas participantes en la industria, ronda los 20 millones de neumáticos/año en Argentina, considerando los diferentes tipos de usos (unos 14 millones pertenecen a los automóviles) para el consumo interno y para exportación.

Hoy producen neumáticos en Argentina:

Una empresa nacional:

- ✓ Fate, y dos multinacionales: Pirelli y Bridgestone – Firestone.

A continuación, se presenta un breve detalle histórico de las mismas:

Fate.

Fabrica neumáticos para automóviles, camionetas, camiones, maquinaria agrícola y maquinaria vial. En 1940 se instala en Argentina en una pequeña planta reparadora de neumáticos en el barrio de Saavedra. Con la experiencia acumulada, en 1945 se empiezan a fabricar neumáticos para camiones y automóviles. Posee una planta en Victoria, provincia de Buenos Aires y en Garín, también provincia de Buenos. Es la única empresa nacional de producción de neumáticos. (Kohn M., 2016)

En el caso de Fate, controlada por la familia Madanes Quintanilla, de capitales nacionales, realizó en los años 2011 y 2012 inversiones por unos u\$s230 millones para la producción de neumáticos radiales para camiones y ómnibus. El proyecto, que incluye la sustitución de importaciones por u\$s90 millones, generó 380 puestos de trabajo.

En 1999 cierra un acuerdo con Continental y fabrica los neumáticos de esa marca en Argentina, comenzando a exportar incipientemente a Europa como resultado de ese acuerdo en el año 2000, obteniendo certificaciones y participando en eventos en ese continente. Para el año 2003 inaugura una planta de producción de neumáticos radiales de camión y en 2010 se asocia con Vipal, una empresa brasileña del sector, para avanzar en los mercados y tener mayor participación en la región. (Fate, 2020)

La empresa continúa operando en la actualidad, no exenta de los graves problemas económicos del país; y del mundo con la pandemia de Covid 19 durante el año en curso.

Pirelli.

En Argentina inició sus actividades en 1948, y desde entonces produce y vende todo tipo de neumáticos.

Sus fábricas en Argentina decidan la producción tanto al mercado de autos y camionetas como al de camiones.

La firma mejoró la balanza comercial de la empresa en 60 millones - parte de un plan de inversiones general de Pirelli de u\$s600 millones para los próximos tres años y que creará 1.500 nuevos empleos -. Lo que además permitirá abastecer los modelos de camionetas que se producen en el país: Amarok (Volkswagen), New Ranger (Ford) y New Hilux (Toyota). Las inversiones en el sector de neumáticos responden a la expansión del sector, traccionada por el crecimiento récord de la industria automotriz. (Kohn M., 2016)

El plan de inversiones de Pirelli se completa con la construcción de una nueva planta en Zárate para la producción de neumáticos radiales para camiones, que

demanda u\$s500 millones y crea 1.200 puestos de trabajo. Se convierte así en una planta con capacidad de producción de 4.000 neumáticos por día, que exportará dos tercios de su producción lo que implicará un incremento en las ventas al mundo de u\$s275 millones y se sustituirán importaciones por u\$s125 millones.

Pirelli es la quinta empresa en el mundo en el sector de neumáticos y provee al 10% del mercado internacional. Es una de las tres productoras de neumáticos del país (junto a Fate y Bridgestone Firestone), con una participación del 31% del mercado local. (Kohn M., 2016)

Durante 2011 la compañía facturó más de 1.600 millones de pesos, exportó por 82 millones de dólares, e incrementó un 20% su producción. En el año 2018 la firma anunció un plan de inversiones en América Latina de más de 300 millones de dólares hasta el 2020; de ellos, el 30% tendrá como destino la Argentina. (Lendoiro F., 2018)

La producción de neumáticos se ha visto afectada por la actual pandemia, pero continúa con sus actividades.

Bridgestone.

En 1915, The Firestone Tire & Rubber Co., de Estados Unidos, instalaba en Argentina una sucursal para venta de cubiertas, cámaras y accesorios.

En los años siguientes las ventas registraron un fuerte crecimiento. Tanto que en 1929, la empresa decidió montar una fábrica local que le permitiera cubrir la mayor demanda de productos Firestone.

Bajo las directivas de la Casa Central de Akron, Estados Unidos, se resolvió crear "Firestone de la Argentina Sociedad Anónima Comercial e Industrial", cuyo negocio básico sería la fabricación de cubiertas y cámaras para automotores.

Al mismo tiempo, se decidió comprar los terrenos necesarios para instalar la fábrica en Llavallol, provincia de Buenos Aires.

El 2 de febrero de 1931 quedó legalmente constituida la sociedad, y el 22 de abril del mismo año, el Teniente General José F. Uriburu, decretó la autorización para que la empresa funcionara como sociedad anónima. Una semana después, la fábrica comenzó a producir lanzando al mercado los primeros neumáticos Firestone construidas en el país por personal argentino. Con una superficie de 7 mil metros cuadrados y una capacidad de producción de 600 neumáticos diarios, el 17 de junio la fábrica fue inaugurada oficialmente. Inicialmente se fabricaron neumáticos y cámaras para auto y camión. (Kohn M., 2016)

Seis años después, y apoyando el uso cada vez más generalizado del tractor en el campo, Firestone inició la producción de neumáticos agrícolas.

Los años 50 fueron muy fructíferos para Firestone, ya que en 1951 comenzó la fabricación de neumáticos sin cámara, en 1953 produjo el neumático más grande que hasta el momento se había fabricado en el país, el 21.00-24 Pantanera tipo, y apenas dos años después el mercado recibió el neumático número 5.000.000.

En 1979 la planta fabricó el neumático número 25.000.000.

En 1980 se produjo el primer neumático radial de acero para automóviles, fabricado en el país y en 1983 la primera radial de acero para camionetas.

En 1988 se registró un cambio verdaderamente trascendente a nivel internacional, que contribuyó a mejorar más aún la situación en Argentina: Bridgestone adquiere la totalidad del paquete accionario de Firestone.

A partir de 1990, comienza una etapa de grandes reconocimientos para la empresa. Bridgestone Firestone Argentina es premiada por la calidad de sus productos y servicios por las terminales Autolatina y por Cladea (ex Renault).

En 1992 se realizó la primera exportación de neumáticos pasajero radial a Estados Unidos. También fue reconocida como primer exportador del sector de los años '91, '92, '94, '95.

Hasta el 99 otras empresas dejaban el país y Bridgestone Firestone Argentina invertía en él. Otra empresa japonesa que apostaba en la Argentina en ese año era Toyota, inaugurando su planta de producción en Zárate, provincia de Buenos Aires con la pick up Hilux. Bridgestone Firestone Argentina era calificado, tras un proceso iniciado años atrás, como único proveedor de neumáticos para tal vehículo.

Las operaciones con los Equipos Originales crecían, otras terminales automotrices invertían en la Argentina y también reconocían el trabajo de Bridgestone Firestone Argentina. En 1998 la certificación Q1 de Ford, en 1999 Proveedor del año de GM y Toyota. Igualmente, Fiat, Mercedes Benz, Renault, VW y Scania brindaban su reconocimiento en forma similar.

La planta podía aumentar su producción no solo con inversión en tecnología sino con expansión edilicia.

Más de noventa años después de la instalación de una oficina comercial en el país, y luego de 80 millones de neumáticos fabricados localmente, Bridgestone Firestone Argentina cuenta con equipos que le permiten producir neumáticos de última generación para los más de 300 puntos de venta identificados del mercado local y para el mercado de exportación.

Así, el grupo japonés norteamericano Bridgestone-Firestone, que produce actualmente en la Argentina 12.000 unidades diarias, tiene vigente un plan de inversiones por un total de u\$s100 millones en cinco años para incrementar ese volumen. El centro industrial de la planta de Lavallol abastece a Fiat, Peugeot, Renault, General Motors, Toyota y Volkswagen. (Kohn M., 2016)

Empresas que produjeron en Argentina

Un par de empresas internacionales, Michelin y Goodyear, fabricaron en el país y luego, a causa de crisis políticas o económicas, dejaron de producir neumáticos en Argentina.

Michelin 1913-1955.

En 1913, Michelin comienza su actividad como importador en la Argentina. Ya en 1930 comienza la construcción de su fábrica en la localidad de Bella Vista, la que

comienza a producir neumáticos 4 años más tarde y hasta el año 1955. Hoy en día produce en Rio de Janeiro, Brasil

En la Argentina posee cuatro plantas de recapado: en Morteros (provincia de Córdoba), Tandil (provincia de Buenos Aires), Granadero Baigorria (provincia de Santa Fe) y la recientemente inaugurada en Oberá. Provincia de Misiones

Hoy en día su presencia es administrativa y la comercialización de productos se lleva a cabo hace 90 años a partir de una agencia afianzada en el país. La agencia de Michelin en Argentina se encuentra emplazada en Villa Devoto, CABA, desde donde se realizan todas las tareas que permiten satisfacer a nivel nacional los requerimientos de los usuarios. No produce en Argentina. (Kohn M., 2016)

Goodyear 1931-1999.

Inaugurada en 1931, no sólo fue la primera fábrica de neumáticos de la Argentina. También marcó el debut industrial de Goodyear en América latina. Sin embargo, en noviembre de 1999, la estadounidense decidió apagar sus hornos y sumarse al éxodo de autopartistas que buscaron en la devaluación brasileña el amparo financiero para su subsistencia en el Mercosur. Eliminó 1000 puestos de trabajo. Sigue siendo más competitivo importar desde las plantas radicadas en Latinoamérica y Estados Unidos.

A la fecha la cantidad de neumáticos que se importan sigue siendo mayor a la cifra de exportación de la industria radicada en el país. Se señala que el 75 % de las exportaciones tienen como destino Brasil, para rodados en vehículos nuevos.

La Cámara de Industria del Neumático, CIN, (www.cin.org.ar), asegura que los años de mayor caída de la producción local, coinciden con 2 años en los cuales se dieron grandes crisis, en el 2001 una crisis a nivel local y en 2008 una a nivel global, lo cual generó cierta incertidumbre acerca de lo que pasaría en el mercado de neumáticos (entre otros bienes) y llevó a disminuir la producción.

Las últimas estadísticas publicadas por dicha cámara son del año 2008. (Cámara de la industria del neumático, 2017)

El mercado de neumáticos está íntimamente ligado al mercado automotor, la caída en las ventas de los mismos afecta de manera significativa las expectativas de producción de los neumáticos. Los vaivenes económicos, principalmente debido a la profunda crisis económica que azota al país luego de un ciclo de apertura y endeudamiento, la incertidumbre por la resolución de la crisis provocada por la pandemia de Covid 19, el cariz que tomarán los acontecimientos constituyendo la nueva normalidad mundial, afectarán indudablemente el sector.

2. GENERACION DE NEUMATICOS FUERA DE USO (NFU).

Uno de los residuos que más caracterizan a las sociedades desarrolladas modernas, tan dependientes del automóvil, son los neumáticos fuera de uso, NFU.

Se ha señalado que la producción mundial de neumáticos se encuentra en el orden de los 1.300 millones de unidades, las cuales son instaladas en parte en los vehículos nuevos y parte destinado a la reposición una vez agotada la vida útil marcada por los testigos en los canales de los dibujos de los mismos.

Aunque se trata de un residuo no peligroso, presenta una alta capacidad calorífica y no es degradable. Estas y otras características, constituyen factores que aconsejan la adopción de una norma que los regule teniendo en cuenta esas particularidades.

Es cierto que en principio los neumáticos usados no generan ningún peligro inmediato, pero su eliminación de manera inapropiada o su producción en grandes cantidades, pueden contaminar gravemente el medioambiente u ocasionar problemas a la hora de eliminarlos. No en vano, los neumáticos han sido diseñados para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas duras, siendo resistentes al ozono, la luz y las bacterias, lo que los torna prácticamente indestructibles por el paso del tiempo. Su almacenamiento en vertederos no permite recuperar ni energía ni materia.

Los neumáticos enteros son flexibles y por su forma y tamaño limitan la rehabilitación del vertedero al ser difícilmente compactables, además son refugio ideal de insectos y roedores, acumulan gases y lixiviados, frecuentes en los vertederos.

Cuando los neumáticos se desechan por recambio se los denomina, Neumáticos Fuera de Uso. NFU.

Según las últimas estimaciones recopiladas en la presente Tesis se puede decir que la generación de NFU regionalmente es la siguiente:

- ✓ En Estados Unidos se generan unos 300 millones de unidades de NFU por año según © Rubber Manufacturers Association.
- ✓ En Europa unos 3 millones de Tn/año de NFU. Según datos de SIGNUS (2), sistema integrado de gestión y TNU, tratamiento de neumáticos usados, programas españoles de gestión de NFU. Mientras que en España unas 300.000 Tn/año son desechadas.
- ✓ En Brasil, según el programa RECICLANIP (3) 270.000 Tn/año de pneus (NFU) son declaradas. (Botasso G, 2018)
- ✓ En Argentina se generan unas 135.000 Tn/año según datos de la cámara de la industria del neumático. (Cámara de la industria del neumático, 2017).

Es por este motivo que deben contemplarse sistemas de gestión ambientalmente racionales de residuos mediante la articulación del sector público con el privado con el fin de promover emprendimientos industriales y de servicios para la valorización de desechos de caucho.

En diferentes países del mundo se pueden encontrar variados sistemas de manejo de los neumáticos usados. Entre ellos se pueden citar los siguientes:

- ✓ Sistema basado en el libre mercado
- ✓ Sistema basado en la recaudación de impuestos
- ✓ Sistema basado en la responsabilidad del productor

2.1.El caucho reciclado

El caucho se puede reciclar y utilizar para una amplia gama de aplicaciones que se detallarán más adelante. El material presentado como trozos de SRB fabricado a partir de la trituración de neumáticos fuera de uso, proviene del desecho de vehículos que componen el parque automotor. Pero por supuesto, este material no es puro, experimentando un cambio en su respuesta frente a estados de sollicitación, con

deformaciones menos flexibles. Otros componentes que se agregan en la fabricación de los neumáticos tales como el azufre, negro de humo, compuestos minerales, para aumentar la resistencia a la abrasión y para dotar de mejores performances como neumáticos de automotores, quedan también presentes entre el material granulado resultante de procesos de trituración y que se deben tener en cuenta a la hora de caracterizarlo.

En la actualidad se disponen de diversos métodos para la recuperación de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. Entre las tecnologías disponibles se pueden citar las siguientes:

2.2. Métodos de recuperación de NFU

Con aplicación de calor:

El tratamiento térmico o termoquímico consiste en tomar el NFU entero o triturado y elevar la temperatura para generar materia prima y/o calor según el proceso.

Termólisis:

Es un sistema en el cual se somete a los materiales de residuos de neumáticos a un calentamiento en ausencia de oxígeno. Las altas temperaturas y la anoxia tienen el efecto de destruir los enlaces químicos, apareciendo así nuevas cadenas de hidrocarburos. Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden ser reingresados a los procesos industriales, ya sea para la producción de neumáticos u otras actividades. (Esteve J, 2012)

Pirólisis:

Aún poco extendido, el proceso de pirolisis es la descomposición química de la materia orgánica y de todo tipo de materiales excepto metales y vidrios causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno.

Particularmente la pirolisis de NFU da lugar a una fracción sólida carbonosa de alto poder calorífico y una fracción gaseosa compuesta por volátiles con diferentes puntos de condensación. Luego de enfriada esta fracción gaseosa, se obtiene una mezcla de gases livianos también de alto poder calorífico y una fracción líquida adicional que, también tiene un alto poder calorífico. Las proporciones dependen de las condiciones del proceso (presión, temperatura, tiempos, características y tipo del reactor) (Martinez J., 2015)

Incineración:

Es la combustión completa de la materia orgánica hasta su conversión en cenizas, llevada a cabo en hornos mediante oxidación química en presencia de un exceso de oxígeno. Este es un proceso costoso y además presenta el inconveniente de la diferente velocidad de combustión de los diferentes componentes y la necesidad de tratamiento de los residuos. Este proceso genera calor que puede ser usado como energía al tratarse de un proceso exotérmico. Presenta el inconveniente de ser altamente contaminante al desechar monóxido de carbono, hollín, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, óxidos de zinc, benceno, fenoles, tolueno,

hidrocarburos aromáticos policíclicos. Algunos de estos contaminantes son solubles en agua por lo que pasan a la cadena trófica y de allí a los seres humanos. (Esteve J, 2012)

Mediante métodos de trituración.

Entre estas tecnologías de molienda o trituración más conocidas, encontramos la trituración a temperatura ambiente o a baja temperatura (criogénica). Si hablamos del proceso a temperatura ambiente, hablamos de uno que en todas sus etapas el material de caucho no ha sido enfriado para hacerlo más frágil.

Trituración criogénica:

Este proceso se basa en la reducción por fragilidad al llevar el material, al menos en una etapa del proceso a temperaturas por debajo de los -120°C utilizando nitrógeno líquido. Se obtiene un polvo más fino, pero el proceso es inviable económicamente en las aplicaciones actuales debido a la complejidad de las instalaciones necesarias para lograr la completa separación del caucho de los otros materiales componentes de los neumáticos fuera de uso. (Potarski K, 2018)

Trituración Mecánica:

Proceso puramente mecánico realizado mediante sistemas de cuchillas que se realiza a temperatura ambiente durante todo su recorrido. Los productos resultantes son de alta calidad, limpios, sin impurezas, lo que facilita la utilización de éstos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración por medios mecánicos suele ser casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y valorización de los residuos de neumáticos fuera de uso.

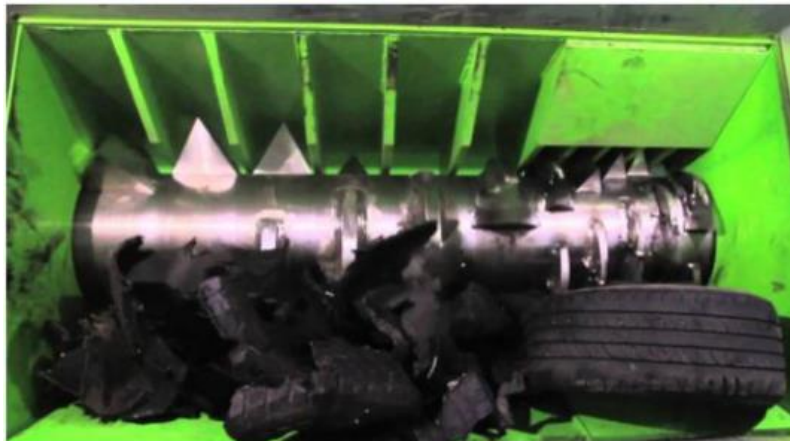


Figura 6: Cuchilla de trituración mecánica (Potarski K, 2018)

El reciclado a temperatura ambiente y el reciclado criogénico se pueden combinar de manera en que el gránulo de caucho producido a temperatura ambiente se vuelva a procesar para convertirse en polvo fino menor a 0,20 mm utilizando una tecnología criogénica específica que asegura mayor pureza y permite que el polvo sea utilizado en aplicaciones complejas, como compuestos de caucho para neumáticos nuevos. (Potarski K, 2018).

2.3. Aplicaciones.

Materia prima para energía:

Su utilización como combustible se basa en el gran poder calorífico del neumático, superior al del carbón. Los NFU se están utilizando como combustible en Plantas Industriales y en Plantas de generación de vapor y energía eléctrica.

Si bien está presente como combustible en plantas de elaboración de ladrillos, de papel y en acerías; su uso mayoritario está enfocado en su utilización en la fabricación de cemento. Verificándose por esta vía ahorros del orden del 20% el combustible utilizado. (CEDEX, 2013)

Si bien para su aprovechamiento energético el neumático puede presentarse de tres formas: en polvo, troceados y enteros, verdaderamente conveniente es utilizarlos troceados, ya que las dos restantes opciones elevan significativamente el costo del combustible o de las instalaciones. El tamaño óptimo oscila entre los 50x50 y 300x300 mm.

Esta valorización energética que se produce al utilizar los NFU como combustible en industrias tan importantes como la cementera, enfrenta un par de dificultades para poder generalizarse. En primer lugar hay que señalar que el costo del proceso de los NFU (trozado previo, transporte, etc.) compite con los costos de utilización de combustibles tradicionales; y en segundo lugar, y no menos importante, el riesgo que se asume en cuanto a la fiabilidad en el suministro de neumáticos desechados. Todos factores a tener en cuenta a la hora de reconvertir los hornos rotatorios al nuevo combustible. (Vignart J. M., 2010)

Obras de tierra y terraplenes.

Se han utilizado neumáticos troceados y granulados como material de relleno en el interior de terraplenes en diversos países. Esta aplicación tiene como ventajas principales la de ser masiva y por ende, la utilización de grandes cantidades de residuos, un peso reducido, la mejora en la permeabilidad y la resistencia a la penetración de las heladas, además de una durabilidad elevada.

Las piezas de NFU se pueden colocar solas o mezcladas con material térreo para lograr un material compuesto más denso, menos deformable y mejor compactado.

Existen otras aplicaciones tales como relleno de muros de contención aprovechando sus condiciones de material permeable y de alta absorción de empujes debido a su carácter altamente deformable; asimismo se puede utilizar, convenientemente adecuados tanto troceados como enteros, para relleno de gaviones. (Cano H, 2011)



Figura 7 Uso de neumáticos fuera de uso en terraplenes.

Caminos.

Las aplicaciones más utilizadas de los NFU en caminos son en forma de granulado para la fabricación de asfalto-caucho, o directamente como áridos o filler para las mezclas bituminosas como una modalidad más de asfalto modificado. También se utilizan como elementos de seguridad vial y pantallas antirruído.

Método por vía húmeda:

Proceso en el cual se mezcla el caucho granulado (tamaño de partículas entre 0-0,850 mm) con el asfalto, a una temperatura entre 150 y 200°C durante un tiempo de 1 a 2 horas hasta conseguir la unión físico química de los componentes. A este proceso se le suele adicionar diversos diluyentes, aceites aromáticos y polímeros para conseguir que el asfalto caucho obtenga una elevada viscosidad, recuperación elástica y adhesividad. Dependiendo de su aplicación, la proporción de caucho en la mezcla varía entre el 5 y el 26% del peso del asfalto. (CEDEX, 2013)

Método por vía seca:

Es la incorporación directa del caucho reciclado a la planta de mezclado como parte del árido, suele incorporar polvo de NFU en proporciones comprendidas entre el 3 y el 5% sobre el peso de la mezcla. Los granos de caucho se consideran como un árido más, o como sustituto de una pequeña parte del agregado fino.

Mediante este proceso, el caucho pasa de ser un árido elástico a ser un modificador del ligante en la mezcla asfáltica. A este proceso de interacción se le llama digestión del caucho. (Galeas S, 2015)

Su principal aplicación es en zonas de formación de hielo, ya que permiten el despegue y rotura de la capa de hielo por la acción del tráfico.

Como ventajas técnicas de los diversos ligantes obtenidos por ambas vías, se puede resaltar las siguientes:

- ✓ Menor susceptibilidad a la temperatura que las mezclas convencionales.
- ✓ Elevada resistencia al agrietamiento.
- ✓ Mayor resistencia al envejecimiento.

- ✓ Reducción del nivel sonoro por rodadura.
- ✓ Mejora la adherencia de los vehículos con el asfalto.
- ✓ Prolongación de la vida útil de servicio.

Edificación y obra pública:

En la actualidad se encuentra en fase experimental el empleo de caucho reciclado de NFU como árido de hormigón. Estos han demostrado que su incorporación produce mayor resiliencia, durabilidad y elasticidad del hormigón, por lo que su uso podría ser beneficioso en construcciones sometidas a impactos o vibraciones.

Obviamente se produce una merma en su resistencia a la compresión y en la resistencia a la tracción en valores relevantes, pero si lo que sustituye es una fracción de los áridos del orden del 20% del total, se obtendrían resistencia a la compresión en valores aceptables. Es posible aumentar la resistencia del hormigón mejorando la adhesión entre el caucho bañando las partículas con pasta de cemento. (CEDEX, 2020)

Este hormigón tendría menor densidad, lo que lo hace apropiado para aplicaciones en edificios en las que la reducción del peso sea importante tales como relleno de interiores, aislante acústico y vibracional para paredes, suelos y techos de viviendas.

Una de las aplicaciones que se pueden resaltar a nivel arquitectónico son los edificios sustentables

Es una tendencia mundial la construcción de edificios autosustentables elaborados con materiales reciclados y participación comunitaria. El arquitecto Michael Reynolds y su empresa Earthship Biotecture desde hace más de cuatro décadas se dedica a la construcción de viviendas sustentables en todo el mundo. Este proceso incluye la utilización de neumáticos fuera de uso para la ejecución de los muros portantes de las construcciones. (Reynolds M, 2012)



Figura 8: Uso en construcciones autosustentables.

Otra aplicación en estructuras es su aplicación sobre bases aislantes en edificios para prevenir el fallo de las mismas debido a movimientos sísmicos. Si bien existen resultados alentadores aún falta mucha investigación para que sea incorporada a la práctica.

Atenuadores de oleaje

Mediante elementos de flotabilidad, los neumáticos fuera de uso, se pueden aplicar como excelentes atenuadores de oleaje, con la misión de reducir y disipar el efecto de las olas en las zonas protegidas, principalmente puertos deportivos, consiguiendo que las embarcaciones puedan atracar con una considerable reducción de la fuerza del mar. (CEDEX, 2013)



Figura 9: Uso como atenuador de oleajes.

Protección y seguridad

Los NFU enteros permiten crear barreras de seguridad en circuitos de automovilismo y pistas de prueba. Existen desarrollos de guarda raíl de caucho reciclado de NFU que absorben y neutralizan la energía generada en los impactos, protegiendo la vida de las víctimas de accidentes. (T.N.U España, 2020)

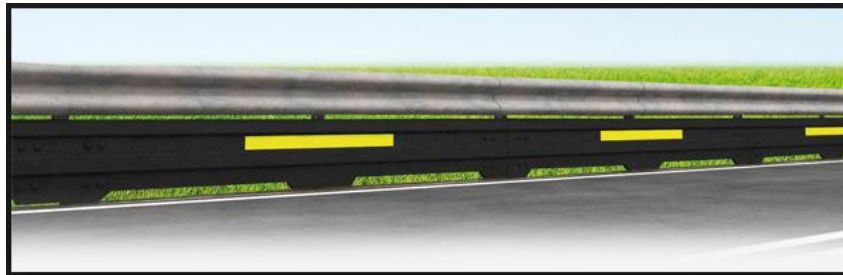


Figura 10: Uso como guarda rail

Césped artificial.

Los pisos de césped artificial contruidos con materiales sintéticos y con la incorporación de gránulos de caucho reciclado de NFU (1-2.5 mm) como relleno entre las fibras sintéticas. Su uso es frecuente en canchas de futbol reducido, canchas reglamentarias, hockey sobre césped, parques e incluso campos de golf en lugares donde es complicado el riego. En la actualidad las nuevas tecnologías han producido lo que se conoce como césped de tercera generación y que han extendido su utilización notablemente. Nuevas fibras, nuevas alfombras, nueva disposición de los gránulos de relleno, capas elásticas han aumentado la protección de los jugadores contra lesiones e incluso contra golpes en la cabeza. (Forbex, 2020)

Pavimentos continuos y baldosas de seguridad.

El material NFU granulado con tamaños entre 2 y 10 mm, cumple perfectamente para crear superficies de pistas de atletismo y ecuestres, campos de juego, parques infantiles y piscinas, entre otros. Presenta como ventajas que se pueden colocar sobre cualquier clase de terrenos, supone un ahorro en el costo de mantenimiento, tiene elevada resistencia climática y presenta un acabado limpio y visual ya que se puede mezclar con pinturas. Es en este punto de las aplicaciones del reciclado de caucho de NFU que se enfoca el presente trabajo, las baldosas amortiguantes, las que se estudiarán en los próximos capítulos.

El caucho ha sido un elemento dinamizador de la economía durante más de un siglo y medio, que como en la mayor parte de las riquezas naturales, la economía local sólo ha sido extractiva y la industrialización se ha llevado a cabo en los países centrales. Ha sido la forja de la estructura socioeconómica de la región amazónica y ha sido, su extracción, objeto de arduas disputas limítrofes y del sometimiento a condiciones de explotación, incluso de esclavitud, de numerosas etnias completas que vivían en armonía con el ambiente. El ascenso y descenso de la época de bonanza dejó marcas indelebles que aún perduran.

Factores geopolíticos, como la expansión de las colonias en el sudeste asiático y Africa y las dos guerras mundiales, contribuyeron a modelar el mercado del caucho en el mundo.

Con su escasez durante la segunda guerra, se inició la era del caucho sintético, aunque sin las mismas propiedades, estaba bajo el control de las potencias mundiales.

En la actualidad, el mercado del caucho se divide en dos; el del caucho natural y el del caucho sintético. El mercado del caucho natural lo dominan los países del sudeste asiático y el del caucho sintético los países desarrollados, quienes a su vez, son los mayores consumidores.

El bajo precio en la actualidad, debido principalmente al precio del petróleo que aunque en recuperación, aún está lejos de los precios del 2008 previos a la crisis; y al stock acumulado por los países productores. En el futuro el precio del petróleo subirá indefectiblemente al compás del agotamiento del recurso, mientras las principales fabricantes de neumáticos ya prueban nuevos materiales, y diseños más amigables con el medio ambiente; queda mucho caucho por transformarse en neumáticos; y por ende, mucho caucho para la industria del reciclado.

Neumáticos verdes, diseños amigables con el ambiente, economía circular, materiales biodegradables, neumáticos inteligentes, nuevas especies vegetales proveedoras de látex; son frases a las que nos tendremos que acostumbrar. Pero, como siempre, la realidad supera a la ficción y nuestro carácter de habitantes de la periferia del mundo, hace que quede mucho trabajo por hacer.

Perfeccionar aplicaciones y masificarlas, en pos de la utilización del caucho reciclado de neumáticos fuera de uso, es la tarea en la que nos deben encontrar los años venideros, no solo para el aprovechamiento de un residuo devenido en recurso, sino para contribuir a mejorar el medio ambiente.

3. BIBLIOGRAFIA

- Automotiva. (2019). *La visión de Bridgentone sobre el futuro de los neumáticos*. Retrieved from automotiva: (<https://automotiva.com.ar/actualidad/la-vision-de-bridgestone-sobre-el-futuro-de-los-neumaticos>)
- Cámara de la industria del neumático. (2017). *Estadísticas*. Retrieved from [www.cin.org.ar: http://cin.org.ar/estadisticas.html](http://cin.org.ar/estadisticas.html)
- Cano H, E. J. (2011). *Terraplén experimental construido con neumáticos troceados*. Madrid: Laboratorio de geotécnia CEDEX.
- Castro G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del caucho*. Buenos Aires: Facultad de Ingeniería - UBA.
- CEDEX. (2020). *Edificación y obra pública*. Retrieved from [www.cedexmateriales.es: http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/32/neumaticos-fuera-de-uso/valorizacion/aplicaciones/313/edificacion-y-obra-publica.html](http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/32/neumaticos-fuera-de-uso/valorizacion/aplicaciones/313/edificacion-y-obra-publica.html)
- CEDEX, (. d. (2013). *Neumáticos fuera de uso, Ficha Técnica*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente - Gobierno de España.
- Esteve J. (2012, junio 26). *Reciclaje de nemáticos: procesos y usos*. Retrieved from [www.reciclaeverde.wordpress.com: https://reciclaeverde.wordpress.com/2012/06/26/reciclaje-de-neumaticos-procesos-y-usos/](http://www.reciclaeverde.wordpress.com/2012/06/26/reciclaje-de-neumaticos-procesos-y-usos/)
- Fate. (2020). *Historia*. Retrieved from [fate.org.ar: https://www.fate.com.ar/paginas/3/empresa](https://www.fate.com.ar/paginas/3/empresa)
- Forbex. (2020). *Césped sintético*. Retrieved from [www.forbex.com: https://forbex.com/empresa](https://www.forbex.com/empresa)
- Frederick James S. (2001). *Fabricación de Neumáticos*. In F. J. Beliczky Louis S, *Industria del Caucho* (pp. 80.4-80.7). Madrid: INSST.
- Fundacion CEA. (2014). *Informe etiquetado neumáticos*. Retrieved from [cea-online.es: https://www.cea-online.es/prensa/doc/2014/informe-etiquetado-neumatico.pdf](https://www.cea-online.es/prensa/doc/2014/informe-etiquetado-neumatico.pdf)
- Galeas S, G. V. (2015). *Obtención de asfalto modificado con polvo de caucho proveniente del reciclaje de neumáticos de automotores, Campaña O*. *Revista Politécnica*, Vol 36, Nro 3.
- International rubber study group. (2012). *Natural rubber (NR) production, consumptio, trade (exports and imports) and stocks*. In *Rubber statiscal bulletin 16*. London: International rubber study group .
- Kohn M. (2016). *Análisis de productivas de Neumáticos*. Buenos Aires: PIUBAD - UBA.

- Lendoiro F. (2018, mayo 15). *Pirelli U\$S 90 millones de dólares en Argentina hasta 2020*. Retrieved from El Cronista: <https://www.cronista.com/negocios/Pirelli-us-90-millones-en-Argentina-hasta-2020-20180515-0054.html>
- Martinez J., B. M. (2015). Valorización de NFU por pirólisis: rendimiento y propiedades de los productos usando un racatiro de tipo Auger. *X Congreso Nacional y V Internacional de Ciencia y Tecnología del Carbón y Combustibles Alternativos*. (pp. 390-391). Medellín: researchgate.net.
- Michelin. (2020). *neumáticos*. Retrieved from michelin.com: <https://www.michelin.com/activites/pneus/pneu-c-est-quoi/>
- Ortolani A., S. P. (1998). *Agrometeorological model for seasonal rubber tree yield*. Indian Journal of Natural Rubber Research v 11, p.8-14.
- Potarski K, B. E. (2018). Tecnologías de trituración de neumáticos. . In *Revista de la Sociedad Latinoamericana del Caucho* (pp. 22-23). Buenos Aires: SLT Caucho Nro. - 23 febrero - 2018.
- Reynolds M. (2012). *Estudio sobre el uso de neumáticos como ladrillos*. Retrieved from Navetierra MDQ: http://www.navetierramdq.com.ar/?page_id=42
- T.N.U España. (2020). *Guardarrail de neumáticos reciclados*. Retrieved from tnu.es: www.tnu.es/w/127/guardarrail-de-neumaticos-reciclados.
- Vignart J. M. (2010). *Problemática del neumático fuera de uso*. Buenos Aires: ITBA - Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Capítulo 2: Los neumáticos, la generación de NFU y el caucho reciclado

Tesis: "Desarrollo de baldosas con caucho reciclado de neumáticos fuera de uso"