

Capítulo 4: Caracterización de los materiales

En el **capítulo 4: "Caracterización de los materiales"** 1) Caucho NFU, 2) Resinas MDI se muestran los resultados de los ensayos realizados al caucho reciclado para caracterizarlo. Ensayos de densidad y de granulometría, caracterizan a estos materiales a escala. Se describe además el ensayo de microscopio de barrido de electrones. Composición del caucho de NFU por TGA. Diferentes pesos moleculares, contenidos de telas sintéticas y contenido de material ferroso. Distribución granular de las dos fracciones utilizables. Composición de la resina poliuretánica. Comparación con datos del fabricante.

1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Las baldosas a diseñar con caucho reciclado se componen de una mezcla de granza de caucho reciclado de neumáticos fuera de uso y un aglomerante, la cual mediante la aplicación de presión y respetando tiempos de fragüe necesarios brinda el producto terminado.

1.1. Granza de caucho reciclado

Luego del proceso de trituración, se obtiene granza de caucho reciclado en distintas granulometrías, desde tamaños grandes aptos para ser utilizados como combustible, hasta el polvo de caucho que se agrega a las mezclas asfálticas.

Granulometría:

Para la elaboración de las muestras analizadas en este estudio se utilizan dos granulometrías de granza de caucho reciclado de NFU procedentes de la empresa Molicaucho SH, ubicada en La Tablada, partido de La Matanza, denominadas por la misma como: M1 y M2 (gruesa y fina) respectivamente. La idea de utilizar dos granulometrías guardan relación con la granulometría fina, rellenar los huecos de la granulometría gruesa, y poder lograr mejor distribución granular. En el laboratorio ambas partidas fueron ensayadas para determinar su granulometría, utilizando el método para áridos finos según la norma IRAM N° 1520, haciendo pasar las partículas por una serie de tamices, que se muestran en las siguientes tablas:

Tamiz N°	M1 Pasa tamiz %	M2 Pasa tamiz %
1/4	100,00	100,00
4	95,39	100,00
8	60,76	99,60
16	3,98	38,21
30	1,95	5,96
100	1,06	0,93
200	0,00	0,00

Serie de tamices ASTM	1/4	4	8	16	30	100	200
Abertura (mm)	6,35	4,75	2,36	1,18	0,6	0,150	0,075

Tabla 1: Determinación de las granulometrías de las dos muestras ensayadas

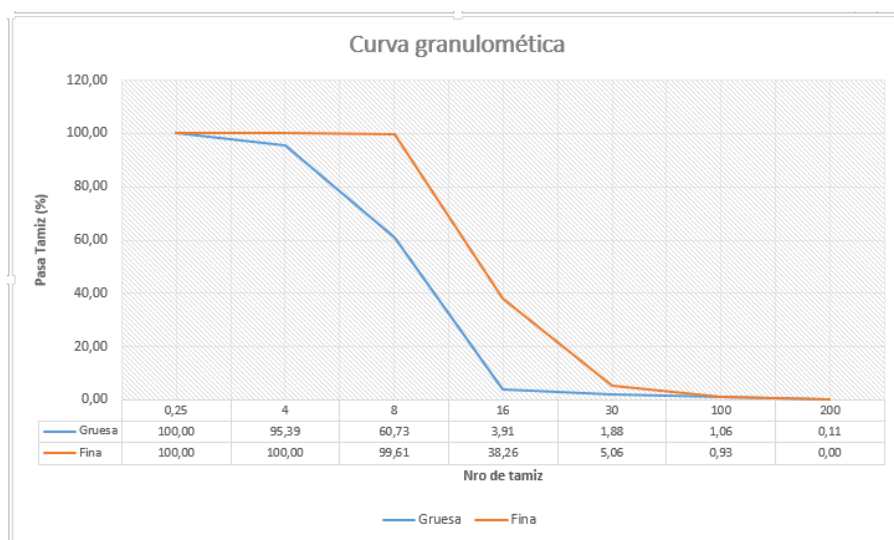


Gráfico 1 Curva granulométrica obtenida.

Determinación de la densidad a granel.

Este parámetro se obtuvo a partir de un ensayo según la Norma IRAM 1548 para agregados, tomando en consideración las características del material a ensayar, se utilizó el método C para determinar éste parámetro.

Se realizaron cuatro mediciones según el procedimiento descrito en la norma y descartando el más alejado de la media se procedió a calcular su promedio. Con este valor se estableció, utilizando las fórmulas contenidas en la norma, la densidad a granel de cada una de las dos muestras.

Ensayo s/IRAM 1548	M1	M2
Densidad suelta (grs/cm3)	0,3739	0,3907

Tabla 2: Ensayos para obtener la densidad suelta

Luego se procede a determinar las densidades y contenidos de agua de las dos muestras seleccionadas. En la Tabla N° 11 se muestran los resultados obtenidos.

Ensayo	M1	M2
Densidad Relativa (g/cm3)	1.175	1.182
Densidad aparente (gr/cm3)	0.538	0.542
Contenido de agua (%)	0.56	0.45

Tabla 3: Ensayos físicos de las muestras de NFU.

Composición del caucho utilizado.

También se evalúa el contenido de textiles separando visualmente lo que se observe en cada tamiz al momento de hacer las granulometrías. En la tabla 3 se

pueden observar los valores obtenidos. Mientras que en la foto N° 1 se puede visualizar la muestra

Ensayo	M1	M2	Limites
Residuos ferrosos (%)	0,008	0,012	0,010
Residuos textiles (%)	0,230	0,270	0,500

Tabla 4: Valores obtenidos en la separación de fibras y metales.

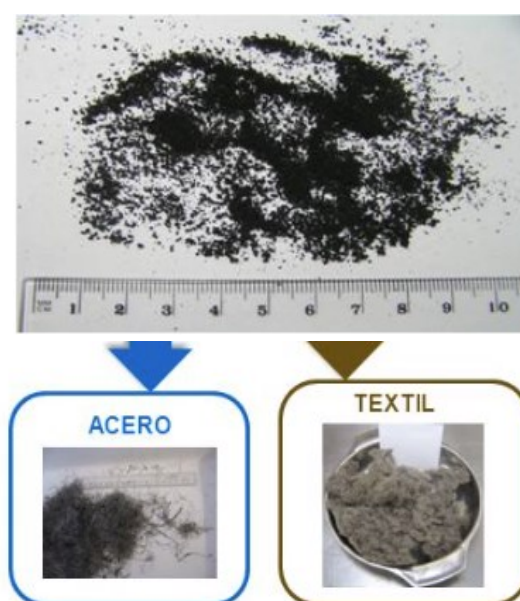


Figura 1: Fotografía de la muestra.

La muestra de caucho seleccionada fue analizada bajo la técnica de cinética de degradación. La misma puede ser estudiada mediante la técnica de termogravimetría TGA. Mide la pérdida de peso de una muestra en función del tiempo y la temperatura

El equipo termogravimétrico automatizado, modelo TGA 701 de marca Perkin, determina automáticamente, por gravimetría registrada, la pérdida de peso en función de la temperatura en una atmósfera de gases controlada. Las técnicas utilizadas por este equipo cumplen con las normas ASTM -ASTM D 3174-02, 2002; ASTM D 5142-02a, 2003 y ASTM D7582, 2012 (ASTM International, 2002, 2003 y 2012) y se encuentran aprobadas por la AOAC International y la AACC International. (14). El equipo analizador termogravimétrico automatizado posee controles operacionales que mejoran la exactitud de la temperatura de trabajo (hasta 1000°C) y dispone de un montaje neumático autoajustado del carrusel porta crisoles, que mejora la confiabilidad eliminando la oscilación y 3 aumentando la exactitud de la posición del carrusel, en función de la cantidad de crisoles o muestras a analizar.

Expresado en formato de tabla se puede hacer la síntesis de los valores obtenidos, comparando su posicionamiento con los entornos referenciales citados. En la Tabla 5 se pueden ver los resultados

Componente	Valor %	Combinación %	Exigible
Plastificantes	11		8-22
NR	9	NR total 15	21-42
BR	9		
Mezcla de NR Y SBR	13	Hidrocarburo caucho 39	40-55
BR	24		
Residuo sólido	35	Negro de carbono, cenizas y azufre	26-38

Tabla 5: Composición de la muestra M1

NR: caucho natural SR: Caucho sintético BR: Caucho poli-butadieno

1.2. La resina aglomerante:

Un aglomerante es un adhesivo que puede mantener unidos a dos o más cuerpos mediante contacto superficial. Es sinónimo de cola o pegamento, en adelante nos referiremos a estas colas como resinas. Aunque su adherencia se pueda lograr mediante distintos mecanismos de naturaleza física o química, desde el punto de vista tecnológico, los adhesivos son productos, naturales o sintéticos, que permiten obtener una fijación de carácter mecánico. (Tuñón García I, 2020)

Las características que diferencian a un adhesivo del resto de los materiales son las siguientes:

- ✓ *Tack o pegajosidad* (propiedades de mojado permanente o temporal): propiedad del material que le permite formar enlaces de fuerza significativa luego de ponerse en contacto con la superficie de otro material, generalmente mediante la aplicación de una débil presión. Se relaciona con la adhesión instantánea y difiere de la adhesión final, ya que para que se produzca la adhesión óptima es necesario un mayor tiempo. La propiedad de tack es función de las propiedades reológicas del adhesivo, así como de las características superficiales del mismo y del material a unir.
- ✓ *Fuerza adhesiva*: es la fuerza del enlace producido por el contacto de un adhesivo con una superficie. Depende de la temperatura, la presión aplicada y el tiempo de contacto.
- ✓ *Fuerza cohesiva*: es la resistencia mecánica y reológica interna del propio adhesivo, y por lo tanto su valor es relativamente independiente de la superficie a unir (Aran Asís F, 2000).

Se utilizan preferentemente en este tipo de materiales compuestos las resinas poliuretánicas de uno dos componentes, aromáticas o alifáticas. Otros tipos de resinas no fueron consideradas en virtud de lo relevado mediante consultas en el sector. De esta manera se ha optado por una resina fabricada en el país por la empresa Recsa (Reactores Argentinos S.A.), ubicada en el distrito de Tigre, que es del tipo monocomponente. Se buscó considerar productos disponibles en la industria local. Por otro lado del relevamiento realizado se pudo considerar que productos provenientes de países asiáticos, demostraron menor desempeño frente a las condiciones de intemperismo.

Estas resinas son *prepolímeros hecho a partir de polioles de alto peso molecular e isocianatos realizados mediante un método de poliadición*. Como se explicó anteriormente la relación entre los isocianatos y los polioles definen a este tipo de resinas, así los polioles son los encargados de brindarle las características elastoméricas y los segmentos duros de los isocianatos la rigidez.

Sobre estos últimos, los más utilizados son los MDI (difenilmetano isocianato) quien es un miembro de la familia de los isocianatos asociado con la química del poliuretanos. En el proceso de la obtención del MDI, la anilina es condensada con formaldehído para producir metilen dianilina (MDA), la cual reacciona con fosgeno para formar MDI. El MDI en sus varias formas es ampliamente usado en la industria, está disponible en sus tres amplios tipos de componentes:

- ✓ *MDI Polimérico (PMDI)*: Es una mezcla de MDI y otros isómeros de MDI (2,4, s, 2) y un alto peso molecular de oligómeros.
- ✓ *MDI Monomérico (MMDI)*: es un destilado de la mezcla polimérica del MDI, constituido por 97% de 4,4'-MDI con pequeñas cantidades de 2,4'-MDI y trazas del isómero 2,2'.
- ✓ *MDI Modificado*: químicamente diseñados a la medida para cumplir los requisitos de aplicaciones y procesos específicos. (BASF, 2020)

En la tabla 6 se presentan los tres tipos de MDI (monomérico, modificado y polimérico) con sus principales características y propiedades.

MDI	MDI Monomérico	MDI2 Modificado	MDI3 Polimérico
Promedio de Funcionalidad	2	Varía	2.1 a 3,0
Apariencia	De blanco a amarillento , sólido o líquido	Varía	líquido color café
Olor	Ninguno	ligeramente aromático	ligeramente aromático
Contenido de NCO (wt%)	33,5	Varía	30-32

Viscosidad (mPas, cps)	4 a 40°C	Varía	Varía
Punto de Congelación	38°C	Varía	Varía
Punto de ebullición	Se descompone a 200°C	Se descompone a 260/340°C	Se descompone a 260/340°C
Flash Point (DIN)	200°C	arriba de 200°C	arriba de 200°C
Densidad (g/cm ³)	1,20 a 40°C	1,21 - 1,22 a 25°C	1,23 a 25°C
Calor Específico (kJ/kg°K)	1,39 a 40°C		
Presión de vapor (mbar a 25°C)	Aproximadamente 10,00E-05	Aproximadamente 10,00E-05	Aproximadamente 10,00E-05

Tabla 6: Características de los MDI (BASF, 2020).

Además otro factor de significación resulta ser el porcentaje de Isocianatos (grupo NCO). En la tabla 7 se presenta la formulación química de los MDI donde se puede apreciar la variación en el porcentaje de NCO para cada uno.

Especie	Fórmula	Peso Molecular	Cont.-NCO (% en peso)
MDI monomérico	C ₁₅ H ₁₀ N ₂ O ₂	250,26	33,50%
Prepolímeros MDI's modificados	Varios	varios	Varios
MDI Polimérico	Varios	Aprox. 340	Aprox. 31%
Números de referencia			
Chemical Abstracts:	2,4'-MDI: 5873-54-1		
	4,4'-MDI: 101-68-8		
	2,2'-MDI: 2536-05-2		
	polymeric MDI: 9016-87-9		
	mon-isomer specific: 26447-40-5		
Naciones Unidas	4,4-MDI containing compositions: 2489		
Número – EEC	PMDI: 615:005-01-6		
	MMDI: 615-005-00-9		

Tabla 7: Porcentaje de los -NCO (BASF, 2020).

Si bien se utilizan para la elaboración de diferentes productos, todos pueden formar parte de adhesivos y particularmente, los MDI monoméricos y los PMDI, se utilizan preferentemente en la formación de los aglutinantes.

Resinas utilizadas características

Para la ejecución de las baldosas de caucho reciclado de NFU se ha utilizado un aglutinante de base MDI diseñado para el reciclaje por aglomeración de distintas moliendas de materiales como: corcho, espumas de poliuretano, caucho, goma EVA, cuero, etc. Si bien la empresa Recsa S.A. fabrica dos resinas que podrían utilizarse, el hecho de la que AG 50 sea particularmente recomendado para los trabajos in situ, hizo que para este trabajo nos inclinásemos por la utilización de la AG 30 que además se la indica como apropiada para lograr piezas más amortiguantes. Esta resina permite obtener piezas compactas de distintas características según la carga aglutinada siendo las principales propiedades las siguientes:

Propiedades físicas.

Características	AG 30	AG 50
Sólidos no volátiles (%)	100	100
Viscosidad a 25 °C (Cps)	2000-6000	2000-7000
Densidad a 25°C (gr/cm ²)	1,05 – 1,20	1,00 – 1,20
% NCO	5-8	8-10
Relación de Uso (1)	100:10	100:10

Tabla 8: Propiedades físicas de las resinas AG30 y AG 50 de Recsa S.A.

(1) La Cantidad puede variar de acuerdo a la carga y a las propiedades deseadas, se recomienda ensayar en cada caso.

Este aglutinante recomienda utilizarse mezclando la molienda en la proporción deseada, homogeneizar hasta conseguir una buena dispersión del producto, para lograr obtener un alto grado de interrelación entre la carga y el aglutinante. La mezcla se puede procesar por:

- ✓ *Moldeo por extrusión:* temperatura idea entre 100 y 120 °C
- ✓ *Moldeo en prensa:* preferentemente calefaccionados entre 80 y 140 °C
- ✓ *Moldeo manual.*

Para nuestro caso hemos decidido que sean por moldeo en prensa sin calefaccionar, para hacer más sencillo el sistema constructivo a ser utilizado por los agentes de la economía social. La determinación del tiempo de fragüe se ha determinado mediante ensayos respectivos. En principio, y para la eficiente utilización de los moldes, se probará con un tiempo de 24 horas.

Comparación con otras resinas.

En la tabla siguiente se señalan algunas de las propiedades físicas de otras resinas que se pueden encontrar en otros países a modo de comparación. Cabe destacar que las mismas son en general del tipo monocomponente de poliuretanos aromáticos.

Se advierte que en el caso de las resinas tengan protección ante la radiación ultravioleta, éstas se fabrican en base de poliuretanos alifáticos como en el caso de las resinas Techmo o Sibils.

Tabla 9: Propiedades físicas de resinas presentes en otros mercados.

Características	Techmo 319 (1)	Rayston 4000 (2)	R 381Sibil (3)
Sólidos no volátiles (%)	100	100	99,6
Viscosidad a 25 °C (Cps)	4.300	4200	4.400
Densidad a 25°C (gr/cm ²)	1,061	1,11	1,10
% NCO	9,65	s/inf.	s/inf.
Relación de Uso (1)	100:10/12	100:2/10	100:8/11

(1) (Techmo, 2020)

(2) (Krypton Chemical SL, 2020)

(3) (SIBILS S.A., 2020)

Cotejando sus respectivas hojas técnicas se observar ver los tiempos sugeridos de curado a temperatura, de trabajabilidad y de curado a temperatura ambiente. No muy distintos a la resina que efectivamente se ha utilizado para realizar las baldosas de caucho reciclado de NFU objetos de este estudio.

En todos los casos los fabricantes recomiendan proteger a la resina de la humedad y dan un intervalo de temperatura de almacenamiento entre los 15 y 25°C, un periodo relativamente corto de almacenamiento, del orden de los seis meses al año y consultar la ficha seguridad del mismo.

Como se verá en los siguientes capítulos, se seguirán diferentes criterios para la selección de la dosificación de estos dos materiales que se han citado

- ✓ Triturado de neumáticos fuera de uso NFU
- ✓ Resina poliuretánica

1.3. El material compuesto.

Con el objeto de poder mostrar, tanto el análisis de los elementos químicos presentes en una muestra determinada de las desarrolladas durante el presente trabajo, como de la unión entre los componentes de la mezcla, se ha sometido a una baldosa en particular a la acción de técnicas de microscopía.

En el presente capítulo se desarrollará un marco teórico de las técnicas de microscopía y especialmente se expondrá la composición química de la muestra. En cuanto a las imágenes obtenidas las mismas serán abordadas en el capítulo 6.

La muestra seleccionada contiene granza M1 con una relación de dosificación 90/10 en porcentaje del total de la mezcla con resina poliuretánicas AG 30 de Recsabond.

- ✓ Marco teórico.

La microscopía es la técnica principal empleada en la investigación, educación o industria para examinar la estructura de los materiales. El equipo empleado para esta técnica es el microscopio y dependiendo la aplicación existen diferentes tipos. Si la imagen obtenida por el aparato es a través del manejo de la luz se trata de un microscopio óptico, si esta es adquirida mediante una fuente de electrones se denomina microscopio electrónico, si la imagen se forma a través de una fuente laser

es un microscopio confocal y por último si la imagen se obtiene por medio de una sonda de contacto mecánico se habla de un microscopio de sonda.

Por otra parte, si la imagen se construye punto a punto se tiene un barrido por lo que existen microscopios de barrido como el confocal de barrido o el microscopio electrónico de barrido.

El microscopio de transmisión electrónica (TEM) alcanza resoluciones sub nanométricas, por lo tanto posible de efectuar estudios a nivel molecular. El microscopio de fuerza atómica (AFM) es empleado para el estudio detallado de la topografía de la muestra.

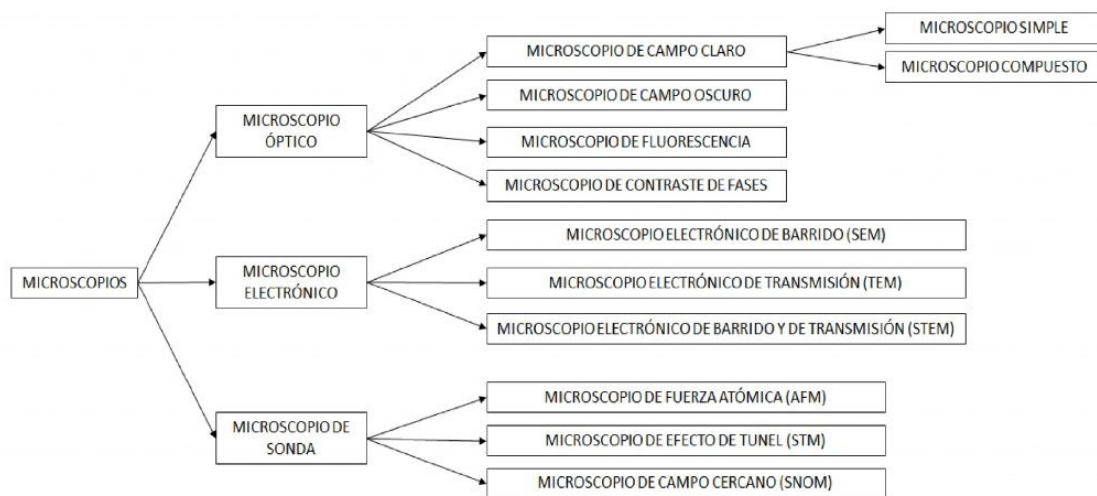


Figura 2: Principales tipos de microscopios.

Como ya fue descrito precedentemente el microscopio electrónico de barrido (SEM) es usado principalmente para el estudio a nivel nanométrico. El principio de funcionamiento se basa en la aceleración de electrones en un campo eléctrico, para aprovechar de esta manera su comportamiento ondulatorio, lo cual se lleva a cabo en la columna del microscopio donde se aceleran mediante una diferencia de potencial. Los electrones emitidos y acelerados se enfocan mediante las lentes condensadora y objetiva para reducir la imagen del filamento, de manera que incida en la muestra un haz de electrones lo más pequeño posible. Con las bobinas deflectoras se barre este haz de electrones sobre la muestra, punto por punto y línea por línea.

Además puede realizar análisis elementales mediante la combinación de diferentes tipos de detectores como el de rayos x (EDS). Previamente hay que preparar la muestra mediante un baño de oro para que se transforme en conductora y Esta configuración es adecuada para entender la topografía, composición y distribución elemental de los materiales analizados.

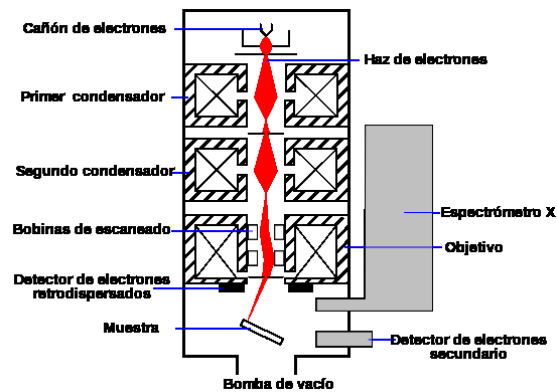


Figura 3: Esquema de funcionamiento de un microscopio de barrido de electrones.

El FEI Quanta 200 (SEM) del Laboratorio de investigaciones de metalurgia física (LIMF) de la facultad de ingeniería, departamento electrotecnia, de la Universidad Nacional de La Plata utilizado para analizar las muestras del material compuesto caucho-resina poliuretánica objeto de este estudio, responde a estas características.

Es un SEM de fuente de tungsteno, que puede operar en alto vacío regular y bajo vacío y está equipado con detectores de Electrones Secundarios (SE), Análisis de Rayos X por Dispersión de Energía (EDS), una cámara e TV interna (CCD) y una gama de detectores especiales para usar el SEM en modo LV o ESEM. Cuenta con resolución de 3.0 nm a 30 kV, con resolución de 10 nm a 3 kV y una aceleración de tensión entre 200 V y 30 kV. Brindando no solamente imágenes a escala nanométrica sino también la composición elemental de las partículas seleccionadas mediante cromatografía.

En la figura se muestran dos partes de la misma baldosa, a la izquierda tal como fue tomada y a la derecha, la misma baldosa tratada con un baño de oro para ser observada en el microscopio de barrido de electrones.



Figura 4: Fotografía de muestras preparadas para analizar.

La razón del tratamiento se basa en que para entrar en los rangos de diferencia de potencial en la emisión de electrones, al ser ésta una muestra aislante, debe proporcionársele un baño metálico conductor (oro en este caso) para adecuarla al potencial de uso.

Análisis de los elementos químicos presentes en la muestras

El estudio de microscopía sobre las muestras ensayadas permite realizar el análisis de los elementos químicos presentes en la muestra, direccionando y enfocando el equipo en una zona determinada. De tal manera que se realizaron dos mediciones posando el equipo sobre dos gránulos de caucho reciclado y en una sobre la capa de resina.

El objeto del estudio es además de conocer la composición elemental del mínimo sector que se está enfocando es verificar la variabilidad entre las composiciones de las dos posiciones de caucho y de la composición de la resina.

Esto se ha buscado así, ya que el origen de los gránulos de caucho reciclado puede ser de los más diversos teniendo en cuenta el mecanismo de molienda al que fueron sometidos. Cubiertas de distintos tipos, de distintas marcas, para distintos usos, de distintas procedencias han sido trituradas para formar la molienda que conforma la materia prima del material compuesto que ha sido estudiado.

Análisis espectral de dos granos de caucho

Primera medición:

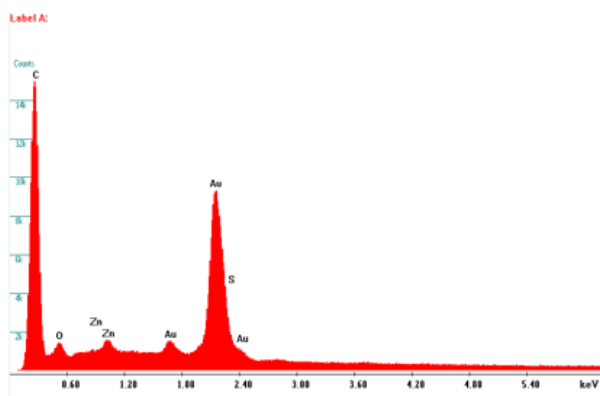


Gráfico 2: Primera medición espectral

Espectro caucho.spc
Label :
Acquisition Time : 09:34:22 Date:20-Dec-2017
kV : 14.99 Tilt: 0.00 Take-off:47.57 AmpT : 3.20
Detector Type: SDD Apollo 40 Resolution:141.54 Lsec 80

EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
C K	77.43	89.68	0.3474	1.0234	0.4384	1.0001
O K	6.68	5.81	0.0161	1.0042	0.2400	1.0002
S K	5.11	2.22	0.0467	0.9409	0.9707	1.0000
ZnK	10.78	2.29	0.0858	0.7911	1.0054	1.0000
Total	100.00	100.00				

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
C K	1237.64	29.35	0.33	42.17
O K	80.24	52.13	1.89	1.54
S K	168.73	86.15	1.22	1.96
ZnK	23.36	26.56	4.19	0.88

Tabla 10: Valores de la primera medición.

Segunda medición:

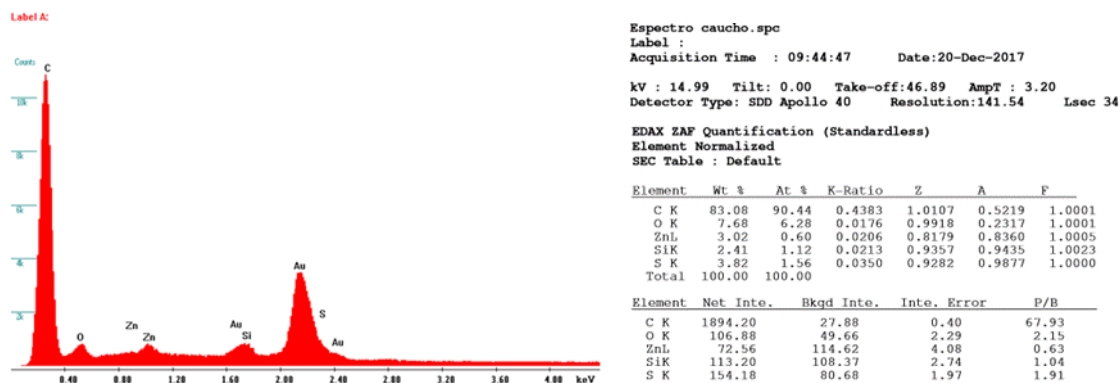


Gráfico 3: Segunda medición espectral.

Tabla 11: Valores de la segunda medición.

En la comparación de los dos análisis espectrales cuantificados, descontando que no se puede medir el hidrógeno, y que el oro AU está presente y en gran cantidad debido al recubrimiento de la muestra para poder visualizarla, vemos que la composición es relativamente similar aunque no igual. Se observan variaciones en los porcentajes de los elementos químicos y es de esperar ya que provienen de una molienda realizada con neumáticos de distintos tipos y procedencias tal como fue descrito precedentemente.

No se advierte diferencias sustanciales tal vez, que en el segundo caso se encontró silicio (Si) que en el primer caso no fue advertido.

La presencia del Zn y del S en el análisis denota el proceso de vulcanización realizado al caucho.

Análisis espectral de la resina poliuretánica Recsabond AG 30

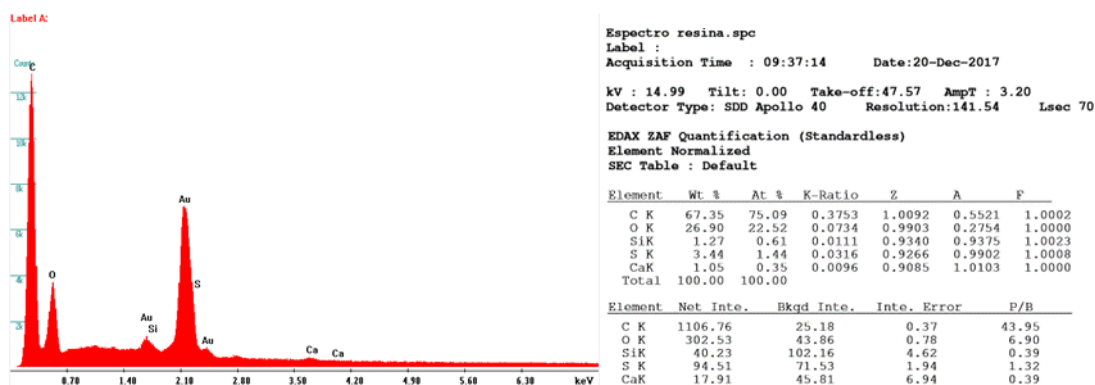


Gráfico 4: medición espectral de la resina.

Tabla 12: Valores de la resina.

Se advierte una disminución en el contenido del carbono, 67,35% y un aumento considerable de oxígeno 26,90%, respecto a las mediciones sobre el caucho. Luego en la composición, se advierte la presencia de sílice y azufre como en las mediciones mencionadas; y a diferencia de éstas, se nota una pequeña cantidad de calcio. Por lo descrito anteriormente este tipo de análisis no detecta la presencia del hidrogeno y la presencia del oro es debido al recubrimiento.

Pero en comparación con los polímeros del caucho, vemos una menor concentración de carbono en esta resina poliuretánica. En estas mediciones no se ha detectado el nitrógeno presente en el grupo isocianato debido probablemente a su bajo contenido en el total de la resina y la tabla muestra los principales cinco componentes.

2. BIBLIOGRAFÍA.

- Albiano N., V. L. (2015). *Toxicología laboral: criterio para el monitoreo de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas*. Buenos Aires: Superintendencia de Riesgos de Trabajo - Pag 517.
- Aran Asís F. (2000). *Síntesis y caracterización de poliuretanos termoplásticos que contienen resinas de colofonia y su aplicación como adhesivos*. Alicante: Universidad de Alicante - Tesis doctoral.
- Basf. (5 de agosto de 2020). *Manual del MDI poliuretano*. Obtenido de docsgoogle.com:
<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXxzb2xvcG9saW1lcm9zfGd4OjMwNmMwYmQwZDNIOGFIMDU>
- Belda Ferrín A. (2013). *Diseño de un reactor químico para la fabricación de resinas de poliuretanos*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gutiérrez López V.M. (2013). *Síntesis y caracterización de resinas de curado rápido para la elaboración de componentes herméticos de iluminación automotriz*. Nuevo León: Universidad de Nuevo León.
- Hermida Elida. (2011). Polímeros. En I. d. Tecnológica, *Materiales y materias primas*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- Hernández Muñoz L. (2006). El antiguo oficio del resinero. En P. y. Ministerio de agricultura, *Hojas Divulgadoras Num. 2116 HD* (págs. 2-6). Madrid: I.G.SALJEN S.L. .
- Krypton Chemical SL. (5 de agosto de 2020). *FT Ligante Caucho 4000 - Rayston*. Obtenido de Pisos especializados - Aislantes y techos.:
<http://www.aislantesytechos.com/wp-content/uploads/2015/08/PDF/PISOS-ESPECIALIZADOS/33.Ligante-Caucho-4000.pdf>
- Pinillos Herrero F.M., P. N. (2009). *La Resina: Herramienta de conservación de nuestros pinares*. Soria: Cesefor.
- Quiroz C., M. J. (2015). *Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales*. Mexico: Maderas y Bosques 21 Pags 171-183.

SIBILS S.A. (05 de agosto de 2020). *Resinas de poliuretano/productos/aglomerantes*. Obtenido de sibils.es:
<http://www.sibils.es/es/resinas-de-poliuretano-juntas-espumadas/productos/aglomerantes.aspx>

Techmo. (4 de agosto de 2020). *Ligante de caucho*. Obtenido de Techmo.es:
https://www.techmo.es/pdf/ft/FT_TECHMO%20LIGANTE%20CAUCHO%20319.pdf

Tuñón García I. (2020). Macromoléculas y coloides. En Tuñón García I, *Química Física*. Valencia: Universidad de Valencia.

Vallejos Calzada S. (2010). *Estudio de la reducción de emisión de formaldehído en las resinas de urea formaldehído*. Burgos: Universidad de Burgos.

