

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Desarrollo de un compuesto de PET-elastómero reciclados como posible aplicación de recubrimiento de cunetas

Néstor Ulloa ¹   Clara Ruiz ²  Jorge Álvarez ³  Cristina Fernández ⁴ 

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca EC220001, Ecuador

² IKAY, Av. Araucanos 3 y Guayas, Riobamba, 060101, Ecuador;

³ Unidad Educativa Bilingüe EDUCAMUNDO, Ciudadela Villa Club, Guayaquil, Ecuador

⁴ Colegio de Bachillerato Ponce Enríquez, Camilo Ponce Enríquez Zona 6, Ecuador

 Correspondencia: nestor.ulloa86@gmail.com  + 593 99 941 0414

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj42020>

Resumen: En el presente trabajo se prepararon mezclas de tereftalato de polietileno (PET), elastómero proveniente de neumáticos fuera de uso (NFU) y polietileno de alta densidad (HDPE) reciclados. Se utilizó un tensioactivo Lauril éter sulfato de sodio al 1% para incrementar las interfaces de compatibilidad entre el PET y el caucho. Las mezclas se prepararon bajo temperatura controlada de 200 °C utilizando una línea de extrusión y moldeo mediante el prensado hidráulico. Se estudió el efecto del tensioactivo utilizado mediante la caracterización de las propiedades mecánicas de todas las muestras sintetizadas. La mayor resistencia a la compresión observada pertenece a las muestras de los compuestos con PET funcionalizado (3,69 MPa) y flexión (1,72 MPa y 3,29 mm de flecha máxima). Asimismo, se analizó la viabilidad económica para determinar si es posible utilizar el material compuesto en el revestimiento de cunetas, de acuerdo con sus propiedades mecánicas.

Palabras claves: Revestimiento de cunetas; PET reciclado; neumáticos de desecho; compuestos poliméricos; reciclaje; tratamiento de residuos

Development of a recycled PET-elastomer composite as a possible gutter lining application

Abstract: In the present work, blends of polyethylene terephthalate (PET), elastomer from recycled end-of-life tyres (ELT) and high-density polyethylene (HDPE) were prepared. A sodium lauryl ether sulphate surfactant was used to increase the compatibility interfaces between PET and rubber. The blends were prepared under controlled temperature of 200 °C using an extrusion and moulding line by hydraulic pressing. The effect of the surfactant used was studied by characterizing the mechanical properties of all the synthesized samples. The highest compressive strength observed belonged to the samples of the composites with



Cita: Julloa, N., Ruiz, C., Álvarez, J., & Fernández, C. (2021). Desarrollo de un compuesto de PET-elastómero reciclados como posible aplicación de recubrimiento de cunetas. Green World Journal, 4(2), 20. <https://doi.org/10.53313/gwj42020>

Recibido: 20/Julio/2021

Aceptado: 27/Agosto/2021

Publicado: 31/Agosto/2021

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor en Jefe / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Nota del editor: CaMeRa se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultado del contenido publicado. La responsabilidad sobre la información publicada es íntegra de los autores.



© 2021 Licencia CaMeRa, Green World Journal. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

functionalized PET (3.69 MPa) and bending (1.72 MPa and 3.29 mm maximum deflection). The economic feasibility was also analyzed to determine whether it is possible to use the composite material in gutter lining, according to its mechanical properties.

Keywords: Gutter lining; recycled PET; waste tyres; polymer composites; recycling; waste treatment

1. Introducción

Es necesario indicar que las cunetas son estructuras de gran importancia en la construcción de la carpeta asfáltica, ya que depende de estas el tiempo de vida de las carreteras, provocando una afectación directa en la calidad de vida y economía de los sectores afectados [1]. En nuestro país es común ver que las vías de segundo y tercer orden no cuentan con cunetas revestidas, debido principalmente al alto costo de construcción que esto implica.

El país está invirtiendo recursos para el desarrollo de su infraestructura vial; se empiezan a buscar nuevas alternativas en los materiales constructivos de este sector [2], el tereftalato de polietileno PET y el elastómero reciclado, han sido probados en la industria y acogidos por los fabricantes, dentro y fuera del Ecuador [3]. Lo que se plantea es sintetizar un material compuesto a partir de la combinación de tereftalato de polietileno y caucho ambos reciclados en diferentes proporciones para posterior caracterizar cada uno y en función a sus propiedades mecánicas determinar el costo de producción y así mediante el análisis de los resultados establecer si la propuesta es viable para el recubrimiento de cunetas garantizando la durabilidad de las estructuras viales.

Con este antecedente, se plantea reutilizar residuos inorgánicos que permanecen mucho tiempo en la corteza terrestre como el polietileno tereftalato también conocido como PET reciclado [4–7], que es un termoplástico de estructura lineal, con alto grado de cristalinidad lo que permite su transformación mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado [8]. Dentro de sus propiedades mecánicas es importante mencionar que es extremadamente duro, resistente al desgaste, dimensionalmente estable, resistente a los químicos y tiene buenas propiedades dieléctricas [9]. Además, elastómero proveniente de los NFU, este caucho es una sustancia caracterizada por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica [10], y HDPE como aglomerante para generar una buena adherencia entre las superficies del PET y caucho.

Debido a las distintas propiedades tanto física como químicas que tienen estos residuos de caucho y PET, estos no presentan una adecuada compatibilidad al momento de fusionarse, resultando un compuesto con bajas propiedades mecánicas. Una alternativa para elevar el grado de adherencia de las interfaces moleculares de las superficies del PET y el caucho, es utilizar surfactantes aniónicos o catiónicos [11–13], los mismo que no modifican las propiedades del polímero, sino que mejoran la compatibilidad para poder adherirse al caucho y formar un compuesto libre de porosidades y grietas.

El principal objetivo de esta investigación es ampliar el conocimiento sobre la reutilización de desechos inorgánicos como es el caso del PET, HDPE y elastómero de neumáticos de desecho. En el presente estudio se sintetizaron muestras de un material compuesto de PET-HDPE y caucho de neumáticos de desecho. Todas las muestras sintetizadas se caracterizaron mediante sus propiedades mecánicas: resistencia a la compresión y flexión.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

El PET (botellas plásticas) se obtuvo de una recicladora ubicada en la ciudad de Riobamba-Ecuador, previamente las botellas se lavaron con agua y detergente para posterior secarlas a temperatura ambiente durante 24 horas. Los residuos de botellas se trituraron hasta obtener un tamaño aproximado de 200 μm .

El caucho de neumático de desecho previamente molido se obtuvo de la empresa Procesadora de Neumáticos Cotopaxi S.A. La granulometría del polvo de neumático fue de aproximadamente 200 μm , observándose de forma homogénea.

Para la funcionalización del PET se utilizó Lauril éter sulfato de sodio, fue seleccionado de acuerdo con la literatura científica [11,12], y por sus propiedades. Es un surfactante aniónico que es efectivo tanto en medio ácido como en medio básico.

2.2 Métodos

La investigación realizada es de tipo experimental ya que consiste en realizar los diferentes ensayos a nivel de laboratorio preparando mezclas en proporciones variadas con elastómero y tereftalato de polietileno, para medir las propiedades mecánicas de cada muestra, es necesario indicar también que la investigación tiene un diseño transversal puesto que la medición de los datos se realizara en muestras de diferentes características permitiéndonos evidenciar el comportamiento de las mezclas preparadas, en este caso se elaboraron 54 probetas espécimen, 18 para las pruebas de flexión, 18 para las pruebas de compresión y 18 para la determinación del % de absorción.

Para el diseño de las mezclas se establecieron 3 combinaciones diferentes en función de los porcentajes en peso de la materia prima utilizada (ver Tabla 1), además se utilizó un emulsificante para analizar su comportamiento al momento de compactar la mezcla.

Para la elaboración de estas muestras se alimenta PET, caucho y HDPE triturados en diferentes proporciones de acuerdo con el diseño de mezclas previamente estructurado, para la mitad de las probetas elaboradas se utilizó una solución de lauril éter sulfato sódico al 1% esto para funcionalizar el PET, y realizar un análisis de la consistencia y compactación de la mezcla. la temperatura se mantuvo controlada durante todo el proceso en este caso se trabajó a 200 °C, una vez fundida la materia prima por extrusión se llenó el molde y posterior se lo llevo a la prensa, aquí el tiempo de moldeo fue de 15 minutos

Tabla 1. Denominaciones de los especímenes de los compuestos.

Compuestos	ID de las muestra	Temperatura (°C)	Tiempo moldeo (min)
Muestras Tipo A	S1-A1	200	15
	S1-A2		
	S1-A3		
Muestras Tipo B	S1-B1	200	15
	S1-B2		
	S1-B3		

El efecto de los aditivos funcionalizantes se investigaron de acuerdo con lo siguiente:

- PET funcionalizado en solución Lauril éter sulfato de sodio: muestras tipo A
- PET no funcionalizado: muestras tipo B

Todos los especímenes sintetizados fueron caracterizados por compresión mecánica utilizando una máquina de Ensayos Universales marca SHIMADZU modelo UTM-600KN a las probetas estandarizadas para los efectos de curado mencionados anteriormente con el fin de evaluar la fuerza de compresión.

3. Resultados

3.1. Caracterización mecánica.

3.1.1 Ensayos de flexión en probetas con PET funcionalizado

Tabla 2. Resultados de propiedades mecánicas de flexión – probetas con PET funcionalizado

Designación del material	Espesor (mm)	Anchura mayor (mm)	Anchura menor (mm)	Sección Transversal (mm ²)	Módulo Aparente elástico (MPa)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Flecha Máxima (mm)
S1-A1	24,4	83	69,2	1856,84	3,19E+00	27,27	0,12	3,73
S1-A1	25,7	82	69	1940,35	1,14E+02	351,98	1,36	2,02
S1-A1	23,3	81,2	69,2	1752,16	1,20E+02	139,2	0,66	1,8
S1-A2	20,7	79,3	68,8	1532,84	9,30E+01	279,19	1,72	3,29
S1-A2	25,7	78,8	68,7	1895,38	4,46E+01	131,45	0,53	1,43
S1-A2	26,2	83	68,8	1988,58	4,77E+01	355,32	1,31	2,98
S1-A3	21,8	81,7	69,5	1648,08	8,60E+01	304,89	1,65	2,98
S1-A3	21,5	81,4	69,3	1620,03	1,70E+02	300,77	1,68	2,08
S1-A3	20,8	80,7	69,7	1564,16	2,21E+02	257,51	1,55	2,27

De acuerdo con los datos obtenidos una vez concluidas las correspondientes pruebas (ver Tabla 2) se puede determinar que en el caso de las probetas que se elaboraron utilizando el tereftalato de polietileno funcionalizado, es decir que fueron tratados con lauril éter sulfato sódico, una de las probetas S1-A1 presenta una carga máxima de 351, 98 N, de la S1-A2 de igual forma una probeta presenta una carga máxima de 355,32 N, esto permite ver una marcada diferencia entre los datos de las 3 probetas de cada una de las series, sin embargo la S1-A3 presenta valores más similares es decir con una pequeña diferencia, lo cual se puede apreciar en la Figura 1.

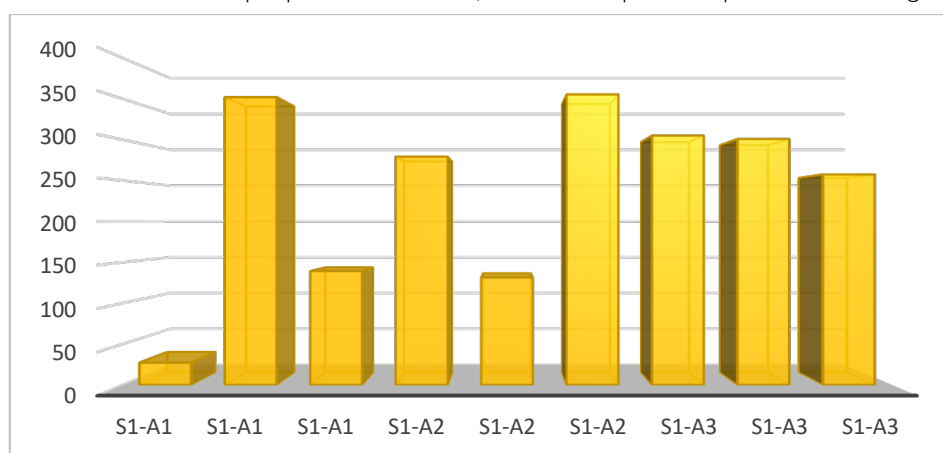


Figura 1. Carga máxima en (Newtons) prueba de flexión en probetas con PET funcionalizado

En cuanto a la relación entre el esfuerzo máximo y la flecha máxima se puede observar en la Figura 2 como en una de las probetas de la serie S1-A1 el esfuerzo máximo es relativamente bajo con respecto a la flecha máxima los valores obtenidos presentan una marcada diferencia mientras que en el caso de la flecha máxima 2 valores son similares, en el caso de la serie S1-A2 los valores obtenidos del esfuerzo máximo hay una variación considerable en cuanto a la flecha máxima vemos un valor fuera de rango, si revisamos los valores de las probetas de la serie S1-A3 en cuanto al esfuerzo máximo los valores presentan una relación bastante estrecha y referente a la flecha máxima hay dos valores que están dentro del rango.

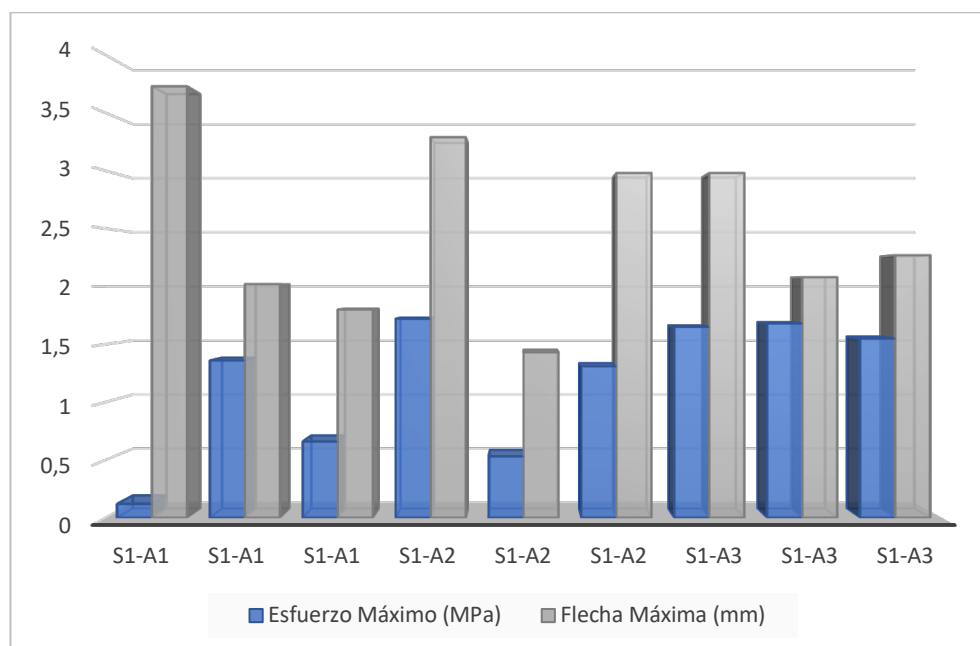


Figura 2. Esfuerzo máximo vs. Flecha máxima, en probetas con PET funcionalizado

3.1.2. Ensayos de flexión en probetas con PET no funcionalizado

Tabla 3. Resultados de propiedades mecánicas de flexión – probetas con PET no funcionalizado

Designación del material	Espesor (mm)	Anchura mayor (mm)	Anchura menor (mm)	Sección Transversal (mm ²)	Módulo Aparente elástico (MPa)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Flecha Máxima (mm)
S1-B1	22,5	80,7	68,1	1674	1,63E+01	122,43	0,63	2,89
S1-B1	25,3	82,4	69,4	1920,27	2,21E+01	93,78	0,37	2,96
S1-B1	25,8	82,6	69,8	1965,96	8,09E+01	252,22	0,96	2,67
S1-B2	23,3	82,5	68,5	1759,15	1,17E+02	257,62	1,21	3,59
S1-B2	23,5	82,7	69	1782,48	6,49E+01	233,18	1,07	2,66
S1-B2	22,6	81,4	68,8	1697,26	1,35E+02	156,18	0,79	1,86
S1-B3	22,9	81,9	69,2	1730,1	1,62E+02	253,39	1,24	2,17
S1-B3	22,8	82,3	68,7	1721,4	5,63E+01	268,11	1,32	2,51
S1-B3	23,6	82,7	69	1790,06	7,71E+01	303,82	1,38	2,7

De los datos obtenidos en las pruebas realizadas a las probetas en las que se utilizó PET no funcionalizado con el emulsificante se puede observar (ver Tabla 3) que los especímenes de la serie S1-B1 presenta valores que oscilan en un rango bastante amplio, en la serie S1-B2 el rango es menor con respecto a la primera y en la serie S1-B3 el rango es mucho más corto entre los valores obtenidos. Y esto se correlaciona con la carga máxima que puede soportar los compuestos sintetizados con PET no funcionalizados. En La Figura 3 se puede observar claramente como afecta la utilización del surfactante Lauril éter sulfato de sodio en las propiedades mecánicas de flexión.

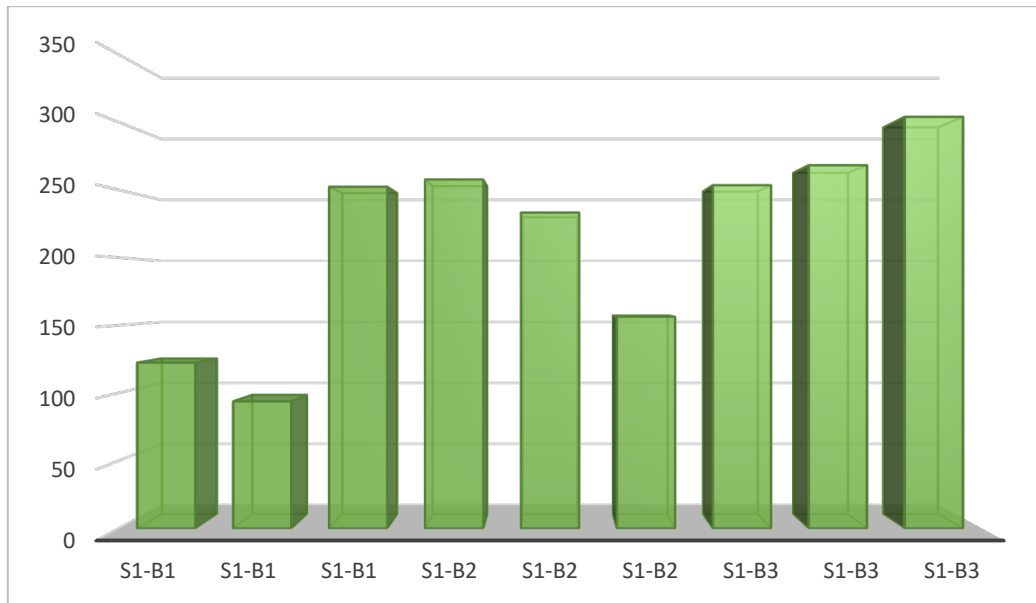


Figura 3. Carga máxima (N) prueba de flexión en probetas con PET no funcionalizado

En la Figura 4 se relaciona el esfuerzo y flecha máximos resultantes de los ensayos de flexión, en la cual se puede evidenciar claramente que los valores más altos de esfuerzo máximo y que guardan relación son los obtenidos de las probetas S1-B3, de igual manera los valores de flecha máxima son bajos comparados con los obtenidos en las probetas de las series S1-B1 y S1-B2.

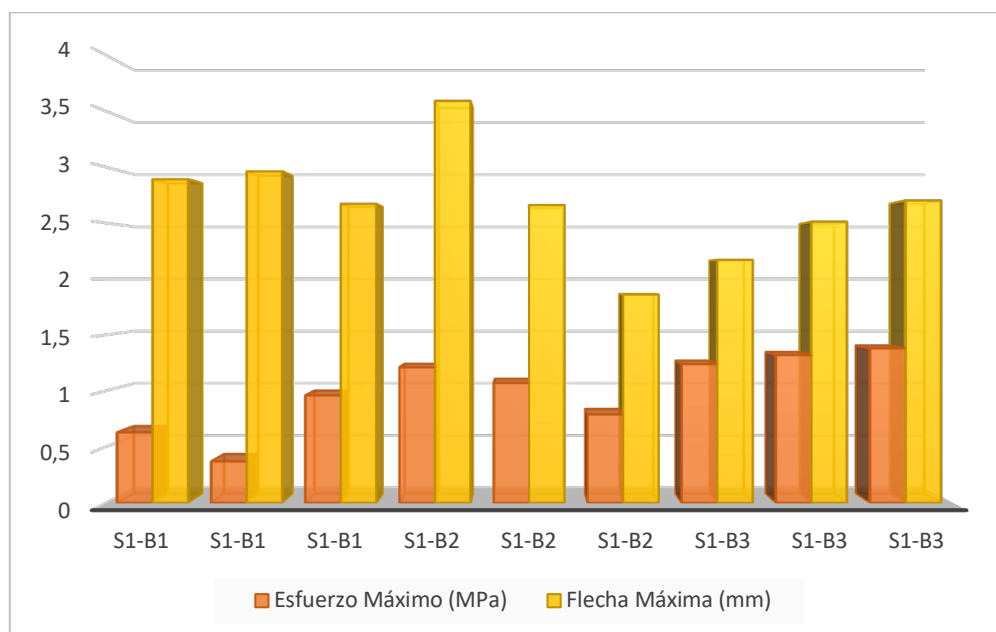


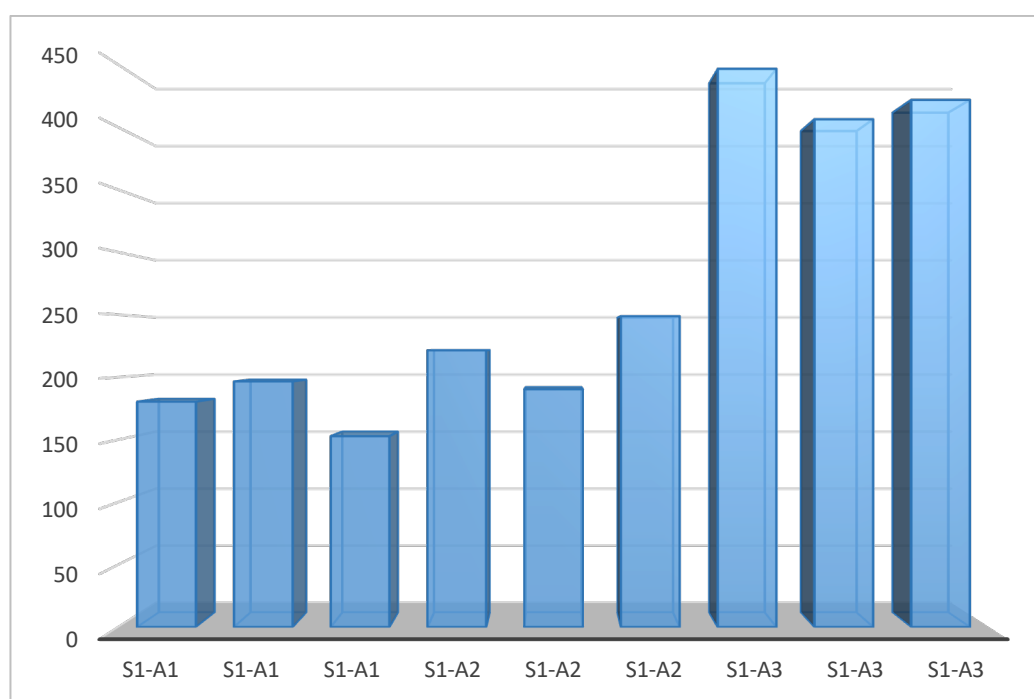
Figura 4. Esfuerzo máximo vs. Flecha máxima en probetas con PET no funcionalizado

3.1.3. Ensayos de compresión en probetas con PET funcionalizado.

Tabla 4. Resultados de propiedades mecánicas de compresión – probetas con PET funcionalizado

Designación del material	Anchura A (mm)	Anchura B (mm)	Altura (mm)	Sección Transversal (mm ²)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm)
S1-A1	11,1	10,5	30,4	116,55	180,41	1,55	2,41
S1-A1	10,9	11	30,7	119,9	196,59	1,64	1,52
S1-A1	10,4	10,7	30,7	111,28	152,74	1,37	3,26
S1-A2	9,8	11	30,8	107,8	221,51	2,05	3,51
S1-A2	10,9	10,9	30,9	118,81	190,31	1,6	4,43
S1-A2	10,9	11,1	30,9	120,99	248,78	2,06	5,03
S1-A3	11,1	10,9	30,8	120,99	446,65	3,69	1,51
S1-A3	11	11	30,8	121	406,33	3,36	1,49
S1-A3	11,2	11,1	30,7	124,32	421,83	3,39	1,34

De acuerdo con la Figura 5 y los resultados obtenidos en la Tabla 4 se puede observar claramente que las probetas de la serie S1-A3 son las que presentan una mayor carga, en promedio 424,9 (N), por otro lado, se puede evidenciar que las cargas máximas tanto de la S1-A1 y S1-A2, son considerablemente más pequeña.

**Figura 5.** Carga máxima (N) prueba de compresión en probetas con PET funcionalizado

Asimismo, analizando desde el punto de vista del esfuerzo y deformación máxima los resultados óptimos pertenecen a las probetas de la serie S1-A3, en la cual se observa valores altos de esfuerzo y bajos en deformación, además de que el rango de dichos valores es bastante estrecho. Mientras que en el caso de las series S1-A1 y S1-A2 los valores de deformación máxima son más altos en relación con el esfuerzo máximo que soportan, además que el rango en el que fluctúan dichos valores es bastante amplio (ver Figura 6).

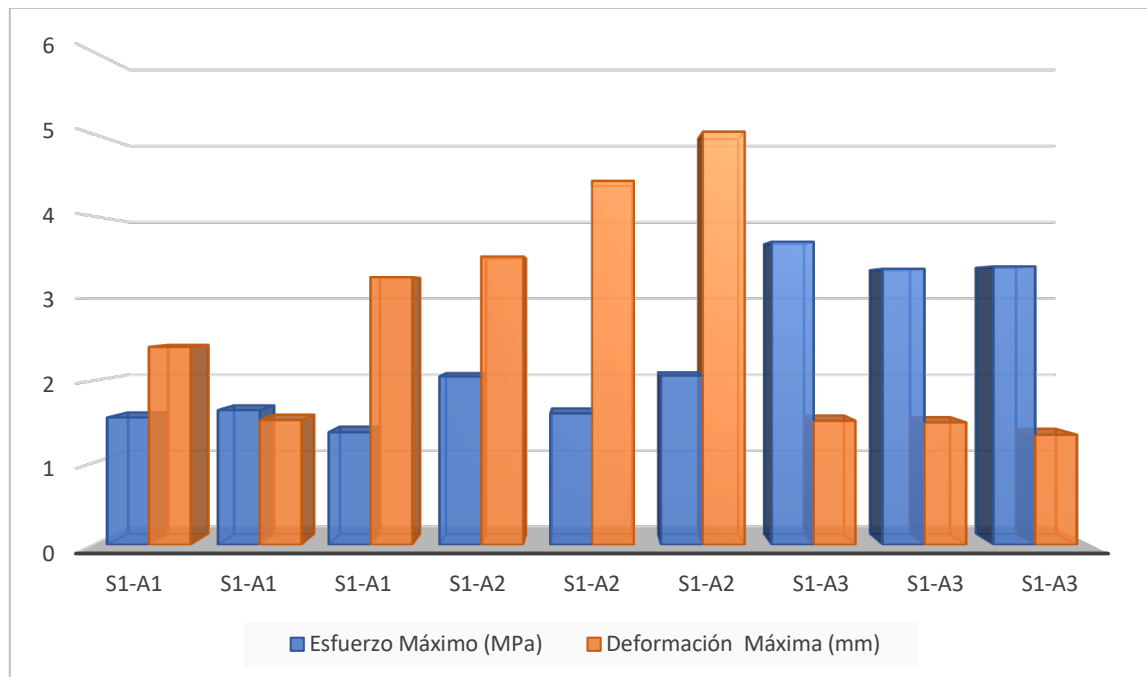


Figura 6. Esfuerzo máximo vs. Deformación máxima en probetas con PET funcionalizado

3.1.4. Ensayos de compresión en probetas con PET no funcionalizado

En la Tabla 5 se puede observar que el patrón se repite y la mayor carga se presenta en las probetas de S1-B3, sin embargo, es necesario recalcar que en las series S1-B1 y S1-B2 los valores obtenidos se encuentran en el mismo rango es decir no hay presencia de valores atípicos, lo que sí se puede destacar es que son relativamente bajos y esto se puede corroborar con la carga máxima soportada por los especímenes analizados como se observa en la Figura 7, y nuevamente se ve el efecto causado por el tensioactivo utilizado, ocasionando un efecto negativo en las propiedades mecánicas en ausencia de la utilización del Lauril éter sulfato de sodio.

Tabla 5. Resultados de propiedades mecánicas de compresión – probetas con PET no funcionalizado

Designación del material	Anchura A (mm)	Anchura B (mm)	Altura (mm)	Sección Transversal (mm ²)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Deformación Máxima (mm)
S1-B1	11	11,1	30,6	122,1	167,55	1,37	2,88
S1-B1	12,3	11	30,5	135,3	184,72	1,36	2,81
S1-B1	11,1	11	30,5	122,1	189,14	1,55	4,08
S1-B2	10,9	11	30,4	119,9	229,75	1,92	3,04
S1-B2	11,1	11	30,8	122,1	231,22	1,89	2,95
S1-B2	10,9	11	30,6	119,9	216,41	1,8	2,36
S1-B3	11,1	11,1	30,7	123,21	348,75	2,83	3,41
S1-B3	11	11	30,6	121	328,24	2,71	3,01
S1-B3	11,2	11	30,7	123,2	350,71	2,85	1,71

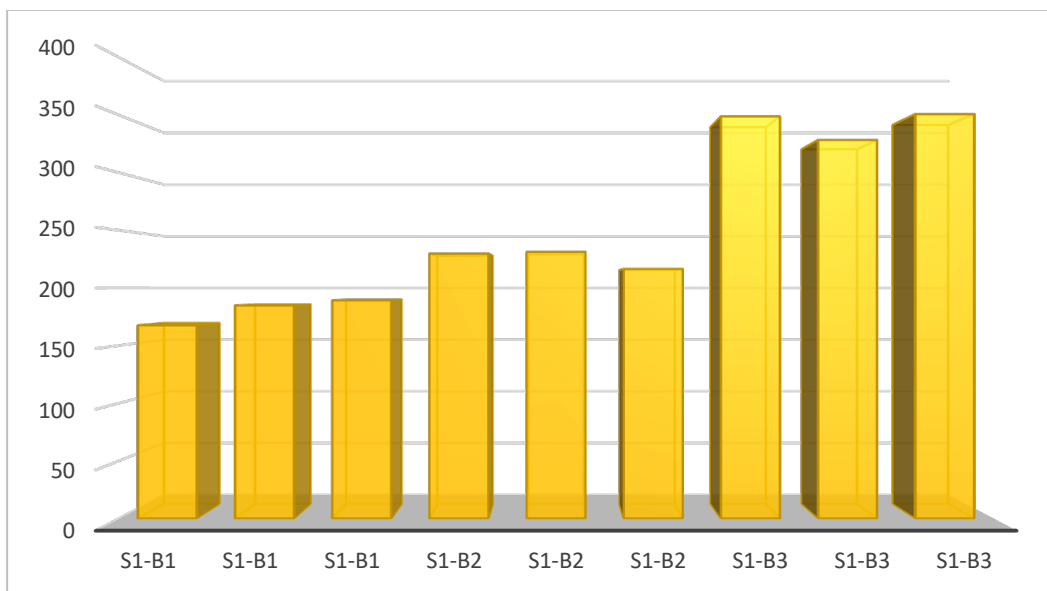


Figura 7. Carga máxima (N) prueba de compresión en probetas con PET no funcionalizado

Si se analiza detenidamente los valores obtenidos en la Figura 8 de los esfuerzos y deformaciones máximas, se puede concluir y decir que los especímenes sintetizados de la serie S1-B3 son los más aceptables, para el caso de las muestras elaboradas con PET no funcionalizado, debido a que presenta un alto esfuerzo máximo y menor deformación con respecto a las otras probetas, que por el contrario presentan menor esfuerzo y una mayor deformación, además de esto el rango de los valores obtenidos es bastante amplio.

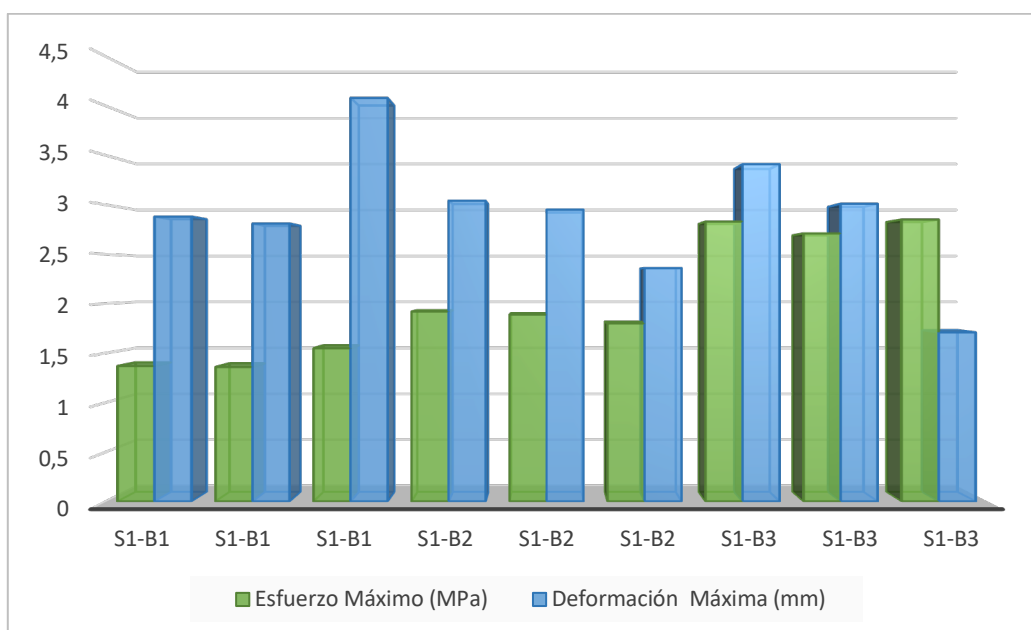


Figura 8. Esfuerzo máximo vs. Deformación máxima en probetas con PET no funcionalizado

3.2. Porcentaje de Absorción.

Los datos obtenidos en la prueba de absorción nos permiten pensar que el material compuesto es de naturaleza impermeable, ya que en la mayoría de las probetas no hay absorción en el caso de las que si lo hubo fue bastante bajo y se lo puede atribuir a la falta de compactación y en algunos casos a pequeñas grietas y porosidades en la superficie del compuesto que quedaron al momento del moldeo.

3.3. Análisis del costo de producción.

Para determinar el costo del metro de cuneta prefabricada es necesario primero conocer la cantidad de material que se va a utilizar, para elaborar un metro de cuneta se requiere de 15 kg de material reciclado entre caucho, PET y HDPE cuyo costo alcanza \$2,70 y en comparación de elaborar con hormigón de cemento portland ordinario, el metro cubico de este alcanza un valor de \$127,88. Por lo tanto, este análisis viabiliza la utilización del nuevo compuesto sintetizado, por su bajo costo y por la reutilización de residuos inorgánicos que contaminan los vertederos y entornos naturales.

4. Discusión

De acuerdo al análisis anterior, se puede indicar que para que un hormigón sea considerado aceptable la carga máxima por pulgada cuadrada debe oscilar entre 0,3 y 0,6 MPa en los ensayos de flexión [14]. Teniendo en cuenta los resultados alcanzados tras las pruebas mecánicas realizadas a las probetas sintetizadas, puede anotarse que el material obtenido a partir de la mezcla de PET, caucho y además HDPE reciclados, es una alternativa viable para elaborar cunetas prefabricadas.

Respecto a los resultados alcanzados tras las pruebas mecánicas realizadas a los especímenes, puede anotarse que el material obtenido a partir de la mezcla de PET, caucho y además HDPE reciclados, es una alternativa viable para elaborar cunetas prefabricadas.

Al respecto conviene decir que la funcionalización del PET mejora la adherencia interfacial de las sustancias en un material compuesto, lo cual genera que las propiedades mecánicas sean superiores.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la utilización de polietileno de alta densidad actúa como un aglomerante en la mezcla produciendo un aumento en la resistencia mecánica y de igual manera el efecto de compatibilidad del PET y el caucho.

Los resultados muestran que el uso del surfactante Lauril éter sulfato de sodio tiene un efecto muy significativo en las propiedades mecánicas de flexión y compresión de los compuestos sintetizados, dando lugar una mejor compatibilidad entre el PET y el caucho de neumático de desecho, logrando que las interfaces de las superficies de estas materias primas tengan mejor adherencia.

El material sintetizado con PET funcionalizado de la serie S1-A3 alcanza una resistencia a la compresión de hasta 3.69 MPa, mientras que el material elaborado con PET no funcionalizado alcanza una resistencia de 2.85 MPa para la serie S1-B3.

Contribución de autores: Los autores contribuyeron en la ejecución de todos los apartados investigativos.

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias:

1. Robles, F.S. Determinación y evaluación de patologías del concreto en las cunetas de la carretera al condominio El Pinar en la progresiva 0.00 km – 1.00 km (lado izquierdo) del distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash – 2018., 2019, Vol. 53.

2. Canta, F.; Vivas, K. Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018. *Ucv* **2018**, 358.
3. Unisalle, C. Estudio comparativo del comportamiento mecánico y características físicas en el concreto adicionado con Grano de Caucho Reciclado (GCR) Y Polietileno Tereftalato (PET) como reemplazo del agregado fino para la fabricación de unidades de mampostería par. **2018**.
4. Pacheco-Torgal, F.; Ding, Y.; Jalali, S. Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): An overview. *Constr. Build. Mater.* **2012**, 30, 714–724, doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.11.047.
5. Ahmadinia, E.; Zargar, M.; Karim, M.R.; Abdelaziz, M.; Ahmadinia, E. Performance evaluation of utilization of waste Polyethylene Terephthalate (PET) in stone mastic asphalt. *Constr. Build. Mater.* **2012**, 36, 984–989, doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.06.015.
6. Modarres, A.; Hamed, H. Effect of waste plastic bottles on the stiffness and fatigue properties of modified asphalt mixes. *Mater. Des.* **2014**, 61, 8–15, doi:10.1016/j.matdes.2014.04.046.
7. Li, X.; Ling, T.C.; Hung Mo, K. Functions and impacts of plastic/rubber wastes as eco-friendly aggregate in concrete – A review. *Constr. Build. Mater.* **2020**, 240, 117869, doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.117869.
8. Ampuerto, A.; Romero, P. Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para construcción, 2020.
9. Piñeros, Mi.; Herrera, R. Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda. **2018**, 118.
10. Mejía, J.; Pachacama, N. Diseño de bloques para mampostería en obras civiles con agregados de fibras de caucho de neumático y plástico reciclado (PET), 2018.
11. Hetemi, D.; Pinson, J. Surface functionalisation of polymers. *Chem. Soc. Rev.* **2017**, 46, 5701–5713, doi:10.1039/c7cs00150a.
12. Bhattarai, D.P.; Pokharel, P.; Xiao, D. Surface Functionalization of Polymers[1] D.P. Bhattarai, P. Pokharel, D. Xiao, Surface Functionalization of Polymers, in: T.J. Gutiérrez (Ed.), *React. Funct. Polym. Vol. Four Surface, Interface, Biodegrad. Compost. Recycl.*, Springer International Publishi. In *Reactive and Functional Polymers Volume Four: Surface, Interface, Biodegradability, Compostability and Recycling*; Gutiérrez, T.J., Ed.; Springer International Publishing: Cham, 2020; pp. 5–34 ISBN 978-3-030-52052-6.
13. Cazan, C.; Cosnita, M.; Duta, A. Effect of PET functionalization in composites of rubber–PET–HDPE type. *Arab. J. Chem.* **2017**, 10, 300–312, doi:10.1016/j.arabjc.2015.10.005.
14. Association, N.R.M.C. *CIP 16-Resistencia a Flexión del concreto*; 2017;

Reseña de los autores:



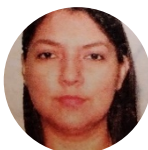
Nestor Ulloa. Ingeniero mecánico y Magister en Ciencia e Ingeniería de Materiales, graduado de la ESPOL en 2017. Profesor de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Investigador en las áreas de ciencia de los materiales en especial materiales alternativos de construcción respetuosos con el medio ambiente.



Clara Isabel Ruiz. Ingeniera Química y Magister en Ingeniería Química Aplicada, graduada de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Actualmente es gerente propietaria de la Empresa IKAY-Ecuador, Riobamba



Jorge Álvarez. Docente-Investigador, Ingeniero Químico graduado en la Universidad de Guayaquil. Magister en Ingeniería Química Aplicada de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo



Cristina Fernández. Ingeniera Química, graduado en la Universidad Técnica de Machala en 2017, Docente del Colegio Bachillerato Ponce Enríquez. Investigadora en Áreas de Tratamientos de Aguas Residuales.