



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

***SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE
ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS
PARA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y
TERCER ORDEN EN LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN
GUANO.***

CLARA ISABEL RUIZ SÁNCHEZ

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA

Riobamba – Ecuador

ENERO 2022

©2022, Clara Isabel Ruiz Sánchez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “Síntesis y caracterización de un compuesto de elastómero y tereftalato de polietileno reciclados para elaboración de cunetas en vías de segundo y tercer orden en la parroquia El Rosario del cantón Guano”, de responsabilidad de la señorita Clara Isabel Ruiz Sánchez ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Luis Hidalgo Almeida; Ph. D.
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA
Miembro de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION ECIBCE, l=QUITO, serialNumber=0000465788, cn=LUIS EDUARDO HIDALGO ALMEIDA
Fecha: 2022.01.05 14:28:42 -05'00'

FIRMA

Ing. Néstor Alcívar Ulloa Auqui; Mag.

DIRECTOR

Firmado electrónicamente por:
**NESTOR
ALCIVAR ULLOA
AUQUI**

FIRMA

Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína; Mag.
MIEMBRO

Firmado digitalmente por HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA
DN: c=EC, o=SECURITY DATA S.A., ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, cn=AUTORIDAD DE CERTIFICACION SUBCA 2 SECURITY DATA
Razon: Soy el autor de este documento
Fecha: martes, 14 de diciembre de 2021 10:40:47 a. m.

FIRMA

Ing. Daniel Antonio Chuquin Vasco; Mag.
MIEMBRO

Firmado electrónicamente por:
**DANIEL ANTONIO
CHUQUIN VASCO**

FIRMA

Riobamba, enero 2022

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Clara Isabel Ruiz Sánchez, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

CLARA ISABEL RUIZ SÁNCHEZ

N° Cédula: 060398092-1

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Clara Isabel Ruiz Sánchez, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

CLARA ISABEL RUIZ SÁNCHEZ

N° Cédula: 060398092-1

DEDICATORIA

El presente trabajo, lo dedico a Dios por brindarme la voluntad y sabiduría para lograr y culminar el objetivo propuesto, a mi familia quienes son mi mayor fortaleza, el pilar de mi vida y la fuente de inspiración para cumplir sueños y alcanzar metas.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por ser la luz que guía mi camino, brindándome la capacidad y la inteligencia para formarme en esta bella profesión como lo es la Ingeniería Química. En segundo lugar, le doy las gracias a mi familia por brindarme su apoyo incondicional y colaborar en el desarrollo de este trabajo de todas las maneras posibles. En tercer lugar y no menos importante a mi tutor el Ing. Néstor Ulloa por toda la ayuda brindada, por transferir de manera generosa y desinteresada su experiencia y conocimiento.

A todos ellos mi eterno y sincero agradecimiento.

Clara Isabel

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación	1
<i>1.1.1. Situación Problemática</i>	1
<i>1.1.2. Formulación del problema</i>	2
<i>1.1.3. Problemas Específicos</i>	2
1.2. Justificación del proyecto II	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
<i>1.3.1. Objetivo General</i>	4
<i>1.3.2. Objetivos Específicos</i>	4
1.4. Hipótesis	4
<i>1.4.1. Hipótesis Genera</i>	4
<i>1.4.2. Hipótesis Específicas</i>	4
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.2. Marco Conceptual	7
<i>2.2.1. Infraestructura vial</i>	7
<i>2.2.1.1. Carpeta asfáltica</i>	7
<i>2.2.1.2. Elementos</i>	7

2.2.1.3. <i>Vías secundarias y terciarias</i>	8
2.2.2. <i>Hormigón</i>	9
2.2.2.1. <i>Hormigón de uso no estructural</i>	9
2.2.2.2. <i>Propiedades del Hormigón endurecido</i>	9
2.2.3. <i>Drenaje longitudinal</i>	10
2.2.3.1. <i>Cuneta</i>	10
2.2.3.2. <i>Tipos de cunetas</i>	10
2.2.3.3. <i>Parámetros y normas de diseño</i>	11
2.2.3.4. <i>Revestimiento de cunetas</i>	11
2.2.4. <i>Polímero</i>	12
2.2.4.1. <i>Tereftalato de polietileno</i>	12
2.2.4.2. <i>Composición química del PET</i>	13
2.2.4.3. <i>Propiedades del PET</i>	13
2.2.4.4. <i>Funcionalización PET</i>	15
2.2.4.5. <i>Polietileno de alta densidad (HDPE)</i>	15
2.2.4.6. <i>Elastómero</i>	18
2.2.4.7. <i>Composición química del caucho</i>	19
2.2.4.8. <i>Propiedades físico – químicas del caucho</i>	20
2.2.4.9. <i>Propiedades del caucho vulcanizado</i>	20
2.2.5. <i>Tensoactivos</i>	21
2.2.5.1. <i>Clasificación de los tensoactivos</i>	21

2.2.5.2.	<i>Tensoactivos polimerizables</i>	22
2.2.5.3.	<i>Propiedades de los tensoactivos</i>	23
2.2.5.4.	<i>Lauril éter sulfato de sodio (SLES)</i>	24
2.2.6.	<i>Emulsiones</i>	24
2.2.6.1.	<i>Interacción entre tensoactivo – polímero</i>	25
2.2.7.	<i>Extrusión de plásticos</i>	25
2.2.8.	<i>Reciclaje</i>	27
2.2.8.1.	<i>Reciclaje de los Neumáticos</i>	27
2.2.8.2.	<i>Reciclaje del Tereftalato de polietileno</i>	27
2.2.8.3.	<i>Explotación de PET y caucho bajo marco legal</i>	28
2.2.8.4.	<i>Impacto ambiental</i>	28
2.2.8.5.	<i>Impacto económico</i>	28

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	30
3.1.	Metodología	30
3.1.1.	<i>Tipo y Diseño de la Investigación</i>	30
3.1.2.	<i>Método de investigación</i>	30
3.2.	Enfoque de la investigación	30
3.3.	Identificación de las variables	30
3.3.1.	<i>Variables independientes</i>	30
3.3.2.	<i>Variables dependientes</i>	31

3.3.3.	<i>Operacionalización de variables</i>	32
3.3.4.	<i>Matriz de consistencia</i>	34
3.4.	Diseño de la investigación	37
3.5.	Población de estudio	38
3.6.	Unidad de análisis	38
3.7.	Selección de la muestra	38
3.8.	Tamaño de la muestra	38
3.9.	Técnica de recolección de datos	38
3.10.	Tratamiento y diseño experimental	39
3.10.1.	<i>Elaboración de las muestras</i>	39
3.10.2.	<i>Análisis de las muestras</i>	42
3.10.3.	<i>Costo – beneficio</i>	44
 CAPÍTULO IV		
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1.	Análisis de los resultados	46
4.1.1.	<i>Pruebas de flexión en probetas con PET funcionalizado</i>	46
4.1.2.	<i>Pruebas de flexión en probetas con PET no funcionalizado</i>	48
4.1.3.	<i>Pruebas de compresión en probetas con PET funcionalizado</i>	50
4.1.4.	<i>Pruebas de compresión en probetas con PET no funcionalizado</i>	51
4.1.5.	<i>% Absorción</i>	53
4.1.6.	<i>Costo – beneficio</i>	55

4.1.7.	<i>Análisis de la varianza (ANOVA)</i>	55
4.2.	Comprobación de Hipótesis	59
4.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	59
4.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	59
4.3.	Discusión de resultados	60
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2	Elementos de la capa asfáltica	7
Tabla 2-2	Propiedades del Tereftalato de polietileno	14
Tabla 3-2	Propiedades del HDPE	17
Tabla 4-2	Características de un elastómero termoplástico	19
Tabla 5-2	Clasificación de sustancias tensoactivas	21
Tabla 1-3	Operacionalización de variables	32
Tabla 2-3	Matriz de consistencia	34
Tabla 3-3	Pasos para elaborar una probeta	40
Tabla 4-3	Diseño de mezclas	41
Tabla 5-3	Costos del material reciclado	44
Tabla 1-4	Pruebas de flexión - probetas con PET funcionalizado	46
Tabla 2-4	Pruebas de flexión - probetas con PET no funcionalizado	48
Tabla 3-4	Pruebas de compresión - probetas con PET funcionalizado	50
Tabla 4-4	Pruebas de compresión - probetas con PET no funcionalizado	51
Tabla 5-4	Determinación del % de absorción	53
Tabla 6-4	Costo del metro cúbico de cuneta	55
Tabla 7-4	Obtención de valores para análisis de varianza	56
Tabla 8-4	Análisis de varianza	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2	Definición de vías secundarias y terciarias	8
Figura 2-2	Tipos y dimensiones de las cunetas	10
Figura 3-2	Factores con los que debe cumplir una cuneta	11
Figura 4-2	Requerimientos que debe satisfacer el revestimiento de cunetas	12
Figura 5-2	Estructura química del PET	13
Figura 6-2	Estructura química del DHPE	16
Figura 7-2	Fórmula condensada del SBR	20
Figura 8-2	Estructura típica de un tensoactivo	21
Figura 9-2	Evolución de la tensión superficial en la interfase aire-agua en función de la concentración	23
Figura 10-2	Estructura química SLES	24
Figura 11-2	Proceso de extrusión	26
Figura 12-2	Componentes básicos de una extrusora de un solo tornillo	26
Figura 13-2	Procesos utilizados para reciclar caucho	27
Figura 1-3	Representación esquemática del diseño de la investigación	37
Figura 2-3	Proceso de elaboración de muestras	39
Figura 3-3	PET fundido a 200 °C	42
Figura 4-3	Probeta espécimen terminada	42
Figura 5-3	Esfuerzo de flexión	43
Figura 6-3	Esfuerzo de compresión	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4	Carga máxima (N) prueba de flexión en probetas con PET funcionalizado	47
Gráfico 2-4	Esfuerzo máximo vs. Flecha máxima, prueba de flexión en probetas con PET funcionalizado	48
Gráfico 3-4	Carga máxima (N) prueba de flexión en probetas con PET no funcionalizado	49
Gráfico 4-4	Esfuerzo máximo vs. Flecha máxima en probetas con PET no funcionalizado	49
Gráfico 5-4	Carga máxima (N), prueba de compresión en probetas con PET funcionalizado	50
Gráfico 6-4	Esfuerzo máximo vs. Deformación máxima, prueba de compresión en probetas con PET funcionalizado	51
Gráfico 7-4	Carga máxima (N), prueba de compresión en probetas con PET no funcionalizado	52
Gráfico 8-4	Esfuerzo máximo vs. Deformación máxima, prueba de compresión en probetas con PET no funcionalizado	53
Gráfico 9-4	% de absorción por inmersión	54
Gráfico 10-4	Intervalo de confianza del 95%	58
Gráfico 11-4	Diagrama de cajas	58

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Ficha Técnica Caucho granulado NFU
Anexo B	Ficha Técnica PET triturado
Anexo C	Ficha Técnica HDPE
Anexo D	Ficha Técnica SLEL
Anexo E	Ensayo de flexión Muestra S1-A1
Anexo F	Ensayo de flexión Muestra S1-A2
Anexo G	Ensayo de flexión Muestra S1-A3
Anexo H	Ensayo de flexión Muestra S1-B1
Anexo I	Ensayo de flexión Muestra S1-B2
Anexo J	Ensayo de flexión Muestra S1-B3
Anexo K	Ensayo de compresión Muestra S1-A1
Anexo L	Ensayo de compresión Muestra S1-A2
Anexo M	Ensayo de compresión Muestra S1-A3
Anexo N	Ensayo de compresión Muestra S1-B1
Anexo O	Ensayo de compresión Muestra S1-B2
Anexo P	Ensayo de compresión Muestra S1-B3

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue sintetizar y caracterizar un compuesto de elastómero y tereftalato de polietileno que además de ser económico presente también excelentes propiedades mecánicas que le permita sustituir al hormigón en el recubrimiento de cunetas promoviendo de esta manera la construcción de estas estructuras. Para esto se planteó varias combinaciones del material reciclado con el cual se elaboraron diferentes probetas, unas fueron realizadas con Tereftalato de Polietileno (PET) funcionalizado tomando en cuenta que se busca con este procedimiento es mejorar la afinidad interfacial de los elementos compuestos ya que estos son inmiscibles y otras sin el material funcionalizado para tener una mejor referencia de los beneficios de utilizar sustancias tensoactivas, por otro lado se elaboraron probetas con Polietileno de alta densidad (HDPE), las muestras obtenidas fueron sometidas a pruebas de compresión, flexión y % de absorción. Con los resultados de las diferentes pruebas se puede determinar fácilmente que el material compuesto sintetizado presenta propiedades mecánicas adecuadas para el fin propuesto. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza para determinar si había diferencias significativas entre muestras, en tal sentido podemos afirmar que cualquiera de las muestras diseñadas cumple con los requerimientos físico mecánicos para su aplicación. Una vez analizados los datos se pudo observar que el uso de PET y caucho permiten obtener un material resistente, pero para mejorar las propiedades mecánicas y poder usarlo como alternativa al hormigón es preciso adicionar también polietileno de alta densidad en la composición, además de las óptimas propiedades mecánicas es importante mencionar el bajo costo que supone la fabricación de un metro cúbico de cuneta con material reciclado. Por lo antes descrito se puede concluir que la utilización de material reciclado para revestimiento de cunetas es técnica y económicamente viable.

PALABRAS CLAVES: CUNETAS, RECICLAJE, TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET), CAUCHO, POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE).

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente
por LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
DN: cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS,
o=CIIC-INDUSAMBA
Motivo: Soy el autor de
este documento
Uso: aut
Fecha: 2021.12.15
16:17:05-06



0129-DBRAI-UPT-IPEC-2021

ABSTRACT

The objective of this research was to synthesize and characterize an elastomer and polyethylene terephthalate compound that, in addition to being economical, also presents excellent mechanical properties that allow it to replace concrete in the lining of gutters, thus promoting the construction of these structures. For this, various combinations of recycled material were proposed with which different test tubes were made, some were made with functionalized Polyethylene Terephthalate (PET) taking into account that this procedure is intended to improve the interfacial affinity of the composite elements since these are immiscible and others without the functionalized material to have a better reference of the benefits of using surface-active substances, on the other hand, test tubes were made with high-density polyethylene (HDPE), the samples obtained were subjected to compression, bending and% absorption tests. With the results of the different tests, it can easily be determined that the synthesized composite material has adequate mechanical properties for the proposed purpose. The results were subjected to an analysis of variance to determine if there were significant differences between samples, in this sense, we can affirm that any of the designed samples meet the physical-mechanical requirements for its application. Once the data had been analyzed, it was observed that the use of PET and rubber allows obtaining a resistant material, but to improve the mechanical properties and be able to use it as an alternative to concrete, it is also necessary to add high-density polyethylene in the composition, in addition to the optimal ones. mechanical properties It is important to mention the low cost involved in manufacturing a cubic meter of a ditch with recycled material. From the foregoing, it can be concluded that the use of recycled material for gutter lining is technically and economically Viable.

Key Words: COTTAGES, RECYCLING, POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET), RUBBER, HIGH-DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

En el presente trabajo de investigación se plantea el estudio de la viabilidad que tendría el desarrollo de un material para su aplicación en el revestimiento de cunetas en vías de segundo y tercer orden, pues son estas las que no presentan una adecuada estructura debido principalmente a los costos de construcción, sin embargo este problema conlleva a la corta duración de las estructuras viales provocando una afectación directa en la calidad de vida y economía de los sectores afectados, en tal virtud se ha tomado en cuenta varios estudios que se han realizado alrededor de las propiedades que presenta el caucho de neumáticos reciclados como agregado asfáltico (Mohajerani et al., 2020). Así como también aquellas propiedades del tereftalato de polietileno presente en las botellas plásticas.

1.1.1. *Situación Problemática*

El alto costo de construcción de la red vial y los limitados recursos que se destina para ello, han hecho que no todos los sectores cuenten con carreteras de calidad, es necesario indicar que el desarrollo y avance de un país se manifiesta por la infraestructura vial que posee y es lo que Ecuador ha logrado en los últimos 5 años, de manera que la tecnología para acrecentar la vida útil de las vías avanza constantemente (Revelo, 2014), conociendo que la región cuenta con gran cantidad de vías terciarias que comunican veredas y diferentes centros poblados, y estas son utilizadas para transportar productos y el comercio en general; de esta manera se intentan proponer nuevas alternativas en la construcción de cunetas. (Esguerra & Castro, 2018)

Sin embargo, estas vías de segundo y tercer orden no cuentan con cunetas revestidas, lo cual es un problema en el tiempo de vida de las carreteras ya que permiten la filtración de las escorrentías, estas dañan las diferentes capas de la carpeta asfáltica, encareciendo los costos de mantenimiento, y generando problemas de tráfico.

Desde hace algunos años en el país se ha implementado asfaltos modificados con polímeros que de manera general no son ecológicos y no contribuyen a la mitigación de la contaminación, por tal motivo este proyecto pretende sustituir la utilización de materiales convencionales con materiales reciclados, tratando de mantener y mejorar las propiedades

mecánicas a menor costo.

Otro punto importante que se ha considerado para el proyecto que se presenta es que la construcción de vías es uno de los sectores que más impacto genera al medio ambiente, y considerando que tiene influencia directa en el desarrollo de la economía, involucra una gran cantidad de recursos, por lo que presenta una dinámica de innovación ciertamente acelerada, que en la actualidad se combina con iniciativas que buscan disminuir sus efectos negativos en el entorno (Berrío Alzate, 2017). Estamos en un período en el que uno de los objetivos principales es reducir la contaminación del medio ambiente y cada vez aumentan los proyectos de reciclaje, tratamiento y reutilización de desechos.

Para este proyecto se busca emplear dos de los desechos más peligrosos no biodegradables como son el caucho de llanta y el plástico reciclado (RPET) que reducen la vida útil de los rellenos sanitarios puesto que su tamaño no permite el drenaje correcto y aporta a la emisión de lixiviados.(Revelo, 2014)

Uno de los retos más grandes de ingeniería, es la optimización de recursos que causen a su vez, un menor impacto al medio ambiente, esto nos ha puesto la mirada directa al reciclaje, a la reutilización de materiales de uso común.(Almeida et al., 2018) Mediante el trabajo de investigación se evaluó muestras sintetizadas de estos materiales bajo condiciones de laboratorio como alternativa de composición para la fabricación de cunetas en vías de segundo y tercer orden, determinando la viabilidad técnica y económica.

1.1.2. *Formulación del problema*

¿Qué efectos tiene la utilización de elastómero y PET reciclados cuando se combinan en una mezcla asfáltica y como cuantificar esos efectos para usarlos en el diseño óptimo de construcción de cunetas resistentes e impermeables en vías de segundo orden?

1.1.3. *Problemas Específicos*

¿Cuáles son las propiedades mecánicas que garantizan el tiempo de vida estándar para la estructura vial de las carreteras de segundo y tercer orden?

¿Cuál es el costo beneficio que se obtendrá con este proyecto?

1.2. Justificación del proyecto

El presente trabajo de investigación ha sido trazado como una alternativa para diseñar un nuevo material con excelentes propiedades mecánicas y con un bajo costo de construcción, que permita sustituir al hormigón en el revestimiento de las cunetas, para que de esta manera las vías de segundo y tercer orden de cuenten con estas estructuras para prolongar su tiempo de vida, mediante la utilización de materiales reciclados para obtener características determinadas que garanticen el éxito del proyecto, ya que se busca dotar a la población de los sectores rurales mejores condiciones de vialidad conforme a lo estipulado en el Art. 8 del Reglamento a la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Infraestructura Vial del Transporte Terrestre, en el que se indica que las cunetas son parte integrante de la infraestructura vial. (Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador, 2018)

Lo que se busca es determinar el porcentaje de mezcla perfecta para obtener un material resistente e impermeable, con alto grado de adherencia al suelo, para elaborar cunetas, teniendo en cuenta que son obras transversales de gran importancia en una vía y ayudándole al pavimento a mejorar el comportamiento de la misma (Esguerra & Castro, 2018). Una de las obras de arte de la vía, es la cuneta que es la parte más importante para poder impermeabilizar las diferentes capas de la carpeta asfáltica, y de esta manera garantizar el mantenimiento de la misma.

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, el tereftalato de polietileno PET y el elastómero reciclados, que han sido probados en la industria y acogidos por los fabricantes, dentro y fuera del Ecuador, permiten obtener materiales como por ejemplo el novedoso asfalto Plastisoil que está fabricado con botellas de plástico (tereftalato de polietileno PET) pulverizadas mezclado con tierra, que al calentarse forma una sustancia dura similar al cemento, es importante recalcar que el presente proyecto busca desarrollar nuevas tecnologías que cumplan con características específicas en función de las necesidades de cada sector, que permita la construcción de vías con alta durabilidad.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. *Objetivo General*

- Sintetizar y caracterizar un compuesto de elastómero y tereftalato de polietileno reciclados para elaboración de cunetas en vías de segundo y tercer orden en la parroquia el Rosario del cantón Guano.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Identificar la formulación adecuada de la mezcla para construir cunetas, que pueda sustituir al hormigón.
- Determinar la resistencia al agua que presenta el material.
- Evaluar la resistencia a la fractura, que presenta el material y hacer una comparación con los valores del hormigón.
- Medir las propiedades de desgaste de las diferentes mezclas obtenidas, y realizar un análisis de los resultados obtenidos.
- Validar técnico y económicamente las mezclas obtenidas, mediante comparación con los valores del hormigón.

1.4. Hipótesis

1.4.1. *Hipótesis General*

- La utilización de caucho y tereftalato de polietileno reciclados en proporciones específicas, permitirá obtener un material con óptimas propiedades mecánicas, que sustituyan al hormigón, en la construcción de cunetas en vías de segundo y tercer orden.

1.4.2. *Hipótesis Específicas*

- La formulación adecuada de la mezcla polimérica de elastómero y PET reciclados permitirán sustituir el uso de hormigón para el revestimiento de cunetas en vías de segundo y tercer orden.

- El material obtenido a partir del elastómero y el tereftalato de polietileno reciclados, presenta una alta impermeabilidad de las cunetas.
- El material obtenido a partir del elastómero y el tereftalato de polietileno reciclados, presenta un alto grado de resistencia al fracturamiento.
- La aplicación de materiales poliméricos en la mezcla permitirá obtener mayor resistencia al desgaste.
- La mezcla obtenida presentará beneficios técnicos y económicos en la construcción de cunetas en vías de segundo y tercer orden.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Generalmente el alto costo que representa la construcción de cunetas hace que en el caso de las vías de segundo y tercer orden se prescindiera de su recubrimiento, la humedad en el asfalto siempre ha sido un dolor de cabeza para los ingenieros que tienen que lidiar con las consecuencias producidas por el agua, que es uno de los elementos que más daño causa a las estructuras viales, pues en general el agua disminuye la resistencia de los suelos, presentándose fallas en la estructura que conforma una vía de tránsito.

Por este motivo para diseñar un buen proyecto de vialidad se debe considerar en primer lugar el drenaje, de tal forma que el agua se aleje a la mayor brevedad posible del mismo. Es evidente que al construirse un camino se modifican las condiciones naturales de escurrimiento en esa zona, lo cual puede conllevar a problemas de erosión e inundación.

Por lo antes descrito y para garantizar la alta durabilidad de un proyecto vial, se precisa un adecuado funcionamiento del drenaje, pues por naturaleza del material con que se forman los terraplenes o los taludes de los cortes, cualquier exceso de agua o humedad generan deslaves y esto a su vez ocasiona problemas de funcionamiento del camino.

Es importante también conocer que estos deslaves, asentamientos, oquedades y desprendimientos de material generan un alto costo en la conservación de las vías, además de graves problemas en el tránsito que incluso pueden generar accidentes.

Sabemos que el desarrollo vial en nuestro país cada día tiene un mayor alcance y para continuar esta evolución es necesario el buen desempeño de la infraestructura vial. Tomando en cuenta que las cunetas son parte fundamental de las vías ya que permiten el escurrimiento de las aguas lluvias de la calzada, hay que considerar que la permeabilidad de estas provoca el deterioro de las carreteras, motivo por el cual, es importante enfocarse en el diseño de un material que permita la permeabilización de estas estructuras garantizando de esta manera mayor tiempo de vida de las carreteras.

Lo que se pretende con este proyecto investigativo es la modificación de mezclas asfálticas, que cumplan con varios requerimientos a la hora de garantizar que su

aplicación permitirá la durabilidad de una vía.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Infraestructura vial

Integra la vía y todos los soportes que conforman la estructura de las carreteras y caminos, que constituyen la Red Vial Nacional agrupándolas en vías de primer segundo y tercer orden (Castro et al., 2019).

2.2.1.1. Carpeta asfáltica

La carpeta asfáltica también denominada pavimento se define como la capa o conjunto de capas de materiales, colocadas entre la cota de subrasante y la superficie de rodadura, es un elemento estructural que se halla apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundición llamado subrasante (Herrera, 2014).

Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un período de tiempo determinado su principal función, es distribuir las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva, además dicha superficie debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella de forma que influya positivamente en el estilo de vida de las personas (Farinango, 2014).

2.2.1.2. Elementos

Para Jorge Sanchez, el pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura (Sánchez, 2019).

Tabla 1-2 Elementos de la capa asfáltica

Capa de Rodadura	Base	Subbase
Es la parte superior de un pavimento, que puede ser	Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene	Es una capa de material especificado y con un

de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.	como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR \geq 80%) o será tratada con asfalto, calo cemento.	espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta . Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR \geq 40%) o tratada con asfalto, calo cemento.
---	---	--

Fuente: (Sánchez, 2019)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.1.3. Vías secundarias y terciarias

La Red Vial Nacional de Ecuador está constituida por el conjunto de carreteras y caminos de propiedad pública subyugados a la normatividad y marco institucional vigente. La Red Vial Nacional está compuesta por la Red Vial Estatal (vías primarias y vías secundarias), la Red Vial Provincial (vías terciarias), y la Red Vial Cantonal (caminos vecinales) (Betancourt, 2014).

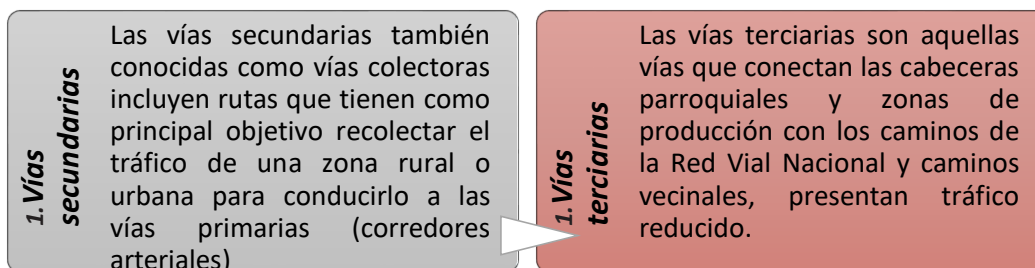


Figura 1-2 Definición de vías secundarias y terciarias

Fuente: (Betancourt, 2014)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.2. *Hormigón*

El hormigón, conocido también como concreto se obtiene al mezclar un material aglutinante (cemento portland hidráulico), un material que sirva como relleno (agregados o áridos), agua y de manera ocasional aditivos, que al endurecerse forma una matriz compacta (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión (Isidro 2020).

2.2.2.1. *Hormigón de uso no estructural*

Se definen, como hormigones de uso no estructural a los que no contribuyen responsabilidad estructural en la construcción pero que favorecen al mejoramiento de las condiciones durables del hormigón estructural, dentro de estos podemos citar los hormigones para aceras, bordillos y cunetas (Paula et al., 2019).

Los hormigones no estructurales deberán presentar una resistencia mínima de 15 N/mm². El tamaño máximo del árido debe ser inferior a 40 mm, al en función de facilitar la puesta en obra de este tipo de hormigones (Berrío Alzate, 2017).

2.2.2.2. *Propiedades del Hormigón endurecido*

Hablamos de hormigón endurecido cuando el cemento ya se ha fraguado y ha perdido la propiedad de plasticidad y la capacidad de ser moldeado:

- a) **Resistencia:** una de las propiedades más importantes del hormigón, cuando se excede la capacidad de resistencia se genera la fractura de la estructura.
- b) **Durabilidad:** esta propiedad le permite al hormigón resistir la intemperie, desgaste y la acción de agente físicos, químicos y biológicos a los cuales tendrá que estar expuesto durante su vida útil (Ampuerto & Romero, 2020).
- c) **Porosidad:** de esta propiedad depende la resistencia, densidad y permeabilidad del hormigón y se la conoce como la correlación que existe entre los vacíos del hormigón y su masa total (K. Andrade & Flores, 2016).
- d) **Permeabilidad:** es la capacidad que tiene un cuerpo para ser atravesado por ciertos fluidos como el agua sin cambiar su estructura interna (Ampuerto & Romero, 2020).

2.2.3. Drenaje longitudinal

Drenaje longitudinal se define como el conjunto de elementos que se ejecutan de manera paralela al eje de la carretera, cuyo principal objetivo es captar las escorrentías procurando que no lleguen al camino o permanezcan en la vía (Robles, 2019).

2.2.3.1. Cuneta

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial (Robles 2019). Se reviste in situ con hormigón, colocado sobre un lecho de asiento convenientemente preparado.

2.2.3.2. Tipos de cunetas

La sección transversal de una zanja longitudinal puede variar conforme a la sección del diseño, siendo la estructura más usual la triangular, ya que permite una fácil limpieza mediante medios mecánicos; también se pueden construir estructuras de tipo trapezoidal y cuadrada, como se muestra a continuación (Robles, 2019).

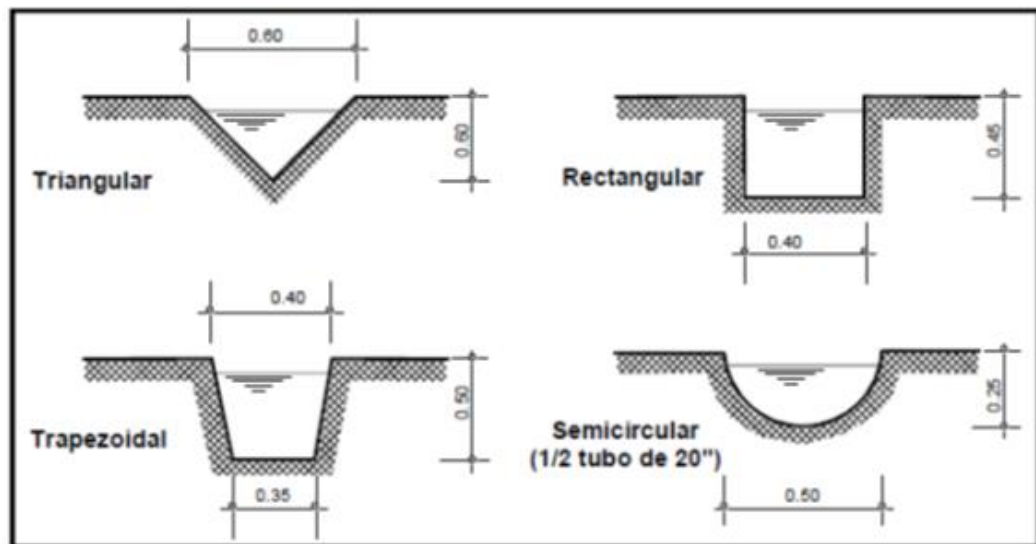


Figura 2-2 Tipos y dimensiones de las cunetas

Fuente: (Robles 2019)

Se pueden encontrar una gran diversidad de secciones utilizadas en la construcción de cunetas, es importante recalcar que existen algunas secciones que hidráulicamente son mejores que otras, pero no es éste el único componente que debe ser tomado en cuenta en la

geometría de una cuneta (Rodríguez & Calle, 2013).

Sección hidráulica apropiada

- para garantizar la evacuación del caudal máximo

Garantizar seguridad

- evitar a toda costa pendientes abruptas y puntos angulosos

Durabilidad

- garantizar su operatividad con bajos costos de mantenimiento y reparación

Simplicidad

- que posea una estructura geométrica

Figura 3-2 Factores con los que debe cumplir una cuneta

Fuente: Rodríguez y Calle 2013

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.3.3. *Parámetros y normas de diseño*

Las cunetas se pueden construir utilizando diferentes materiales en base a la velocidad de circulación del agua, esta magnitud depende directamente de la inclinación longitudinal de la cuneta, que suele coincidir con la adoptada para la vía. Una velocidad superior a la tolerable (4.5 m/s en hormigón MTOP 2003) causaría arrastres de partículas y erosiones de la superficie de la cuneta (Rodríguez & Calle, 2013).

2.2.3.4. *Revestimiento de cunetas*

El revestimiento de las cunetas es importante para disminuir la rugosidad de la cuneta y de esta manera garantizar el escurrimiento del caudal en el caso de que la pendiente longitudinal sea muy leve (Sánchez, 2019).

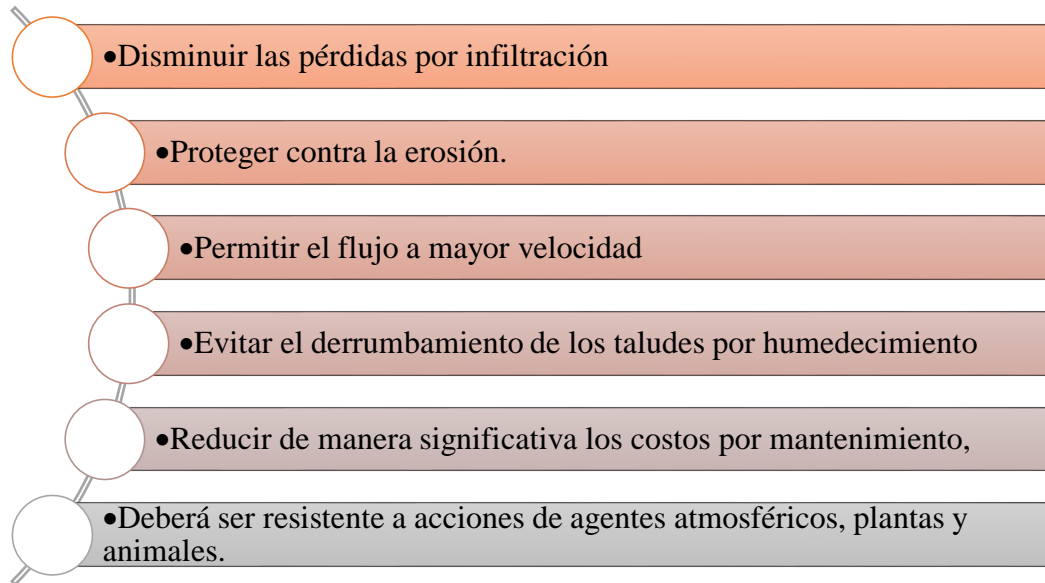


Figura 4-2 Requerimientos que debe satisfacer el revestimiento de cunetas

Fuente (Sánchez, 2019)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.4. *Polímero*

Los polímeros son sustancias de alto peso molecular formada por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas llamadas monómeros (compuestos químicos con moléculas simples) (Palma et al. 2016). Se forman así moléculas gigantes que toman formas diversas: cadenas en forma de escalera, cadenas unidas, largas y sueltas.

Los que más se usan para modificar los asfaltos, son los termoplásticos, porque al ser sometidos a procesos de reutilización con aplicación de altas temperaturas mantienen una gran parte de sus propiedades físicas y químicas (Asociación de Asfalto de Virginia, 2015).

Es importante mencionar que además de los polímeros termoplásticos existen los polímeros termoestables su principal caracterizan es que al ser sometidos a la acción del calor estos se endurecen de manera irreversible y no se funden, además se degradan químicamente y pierden muchas de sus propiedades físicas (Camacho et al., 2019).

2.2.4.1. *Tereftalato de polietileno*

El tereftalato de Polietileno, también conocido como PET, es un termoplástico polímero cuya estructura es de tipo alicíclica, semicristalina y hace parte de la familia de los poliésteres. Su

denominación oficial es polioxitereftaloila de oxietileno.

Cuando los termoplásticos son sometidos a alta temperatura suelen convertirse en fluidos y después de un proceso de enfriamiento, estos vuelven a su estado inicial sin ninguna alteración en sus propiedades. Esa particularidad permite que los termoplásticos sean moldeados y reciclados sin afectar sus propiedades físicas. Algunas ventajas del PET sobre otros tipos de termoplásticos son: la estabilidad térmica, la facilidad de procesamiento, la estabilidad química y la estabilidad hidrolítica, causada por la presencia de anillos aromáticos, alta resistencia mecánica a temperaturas elevadas, su baja densidad, brillo, transparencia y bajos costos de producción (Berrío Alzate, 2017).

2.2.4.2. *Composición química del PET*

El tereftalato de polietileno es una molécula sencilla, no polar, en la cual las cadenas diferentes se atraen entre sí por fuerzas intermoleculares débiles de tipo London (dipolo inducido-dipolo inducido). En consecuencia, el polietileno es un material blando y tiene una temperatura de fusión baja, pero en el PET, la introducción en la cadena principal de grupos aromáticos que son grupos voluminosos y polarizables como se muestra en la siguiente ilustración, permite una mayor rigidez de además el anillo bencénico también proporciona una mayor resistencia química a la saponificación (Suasnavas, 2017).

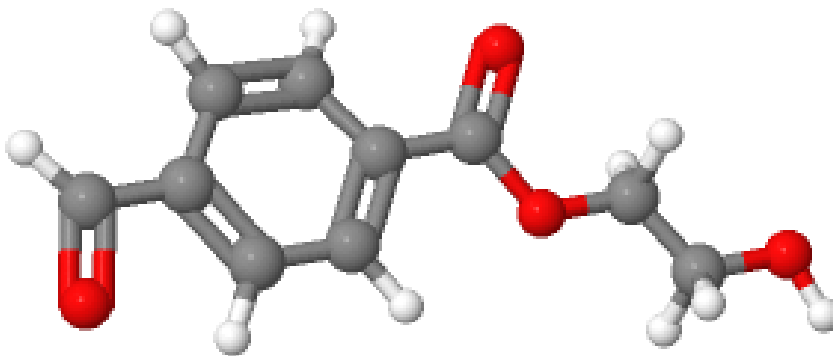


Figura 5-2 Estructura química del PET

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.4.3. *Propiedades del PET*

El tereftalato de polietileno en el campo de la ingeniería es uno de los plásticos más empujados esto se debe a las excelentes propiedades que presenta, entre las principales

podemos mencionar que es un material ligero, transparente, hermético, resistente, no tóxico de alta pureza, resistencia y tenacidad (Palma & Tenesaca, 2020).

Tabla 2-2 Propiedades del Tereftalato de polietileno

	PROPIEDADES	VALOR	UNIDAD
Propiedades Mecánicas	Peso específico	139	g/cm ³
	Resistencia a la tracción	900	Kg/cm ²
	Resistencia a la flexión	1450	Kg/cm ²
	Alargamiento a la rotura	15	%
	Módulo de elasticidad (tracción)	37000	Kg/cm ²
	Resistencia al desgaste por roce	Muy buena	
Propiedades Eléctricas	Absorción de humedad	0,25	%
Propiedades Térmicas	Temperatura de fusión	255	°C
	Conductividad térmica	Baja	
	Temperatura de deformidad al calor	170	°C
Propiedades Químicas	Resistencia a álcalis débiles - temperatura ambiente	Buena	

	Resistencia a ácidos débiles - temperatura ambiente	Buena
	Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad
	Propagación de llama	Mantiene la llama
	Comportamiento al quemado	Gotea

Fuente (Palma & Tenesaca, 2020)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.4.4. *Funcionalización PET*

La funcionalización del tereftalato de polietileno busca incrementar la adherencia interfacial en el material compuesto, para ello es necesario tratar el componente con mayor hidrofiliabilidad¹ (PET) con una solución al 1% de lauril éter sulfato de sodio, elaborado con agua destilada.

El PET deberá ser sumergido en la solución de tensioactivo al 1% (lauril éter sulfato de sodio) durante 1 h, una vez transcurrido este tiempo deberá secarse en un rango de temperatura de 80 a 100 °C durante 60 min, previo a su utilización para obtener la composición (Cazan et al., 2017).

2.2.4.5. *Polietileno de alta densidad (HDPE)*

El Polietileno de alta densidad, presenta estructura lineal con escasas ramificaciones, lo que genera una alta cristalinidad. Este material se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas; es incoloro, inodoro, no tóxico y resistente tanto a esfuerzos como a agentes químicos (A. Andrade, 2017).

Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) y mejor

¹ Propiedad física de las moléculas que tienen tendencia a interactuar con el agua o disolverse en ella o en otra sustancia polar.

resistencia química y térmica que el polietileno de baja densidad, debido a su mayor densidad. Además, es resistente a las bajas temperaturas, impermeable, inerte (al contenido), con poca estabilidad dimensional y no tóxico (Albán, 2019).

- ***Composición química del HDPE***

El polietileno de alta densidad conocido como HDPE es un polímero cuyo grado de ramificación varía entre 1 y 10 ramas por cada 1000 átomos de carbono, lo cual genera que tenga un alto grado de cristalinidad además de una elevada densidad y resistencia. Estas características lo convierten en un polímero de gran dureza, sin embargo, frente al impacto y elongación presenta muy baja resistencia (García-Velázquez et al., 2019).

El polietileno de alta densidad presenta propiedades mecánicas superiores a las del polietileno de baja densidad o LDPE, mejor resistencia química y térmica. Además de tener buena resistencia a la abrasión, presenta facilidad de procesamiento, es impermeable, inerte al contenido y no tóxico, razón la cual se utiliza para elaborar recipientes y contenedores, además en la producción de tuberías, recubrimientos para conductores y la industria automotriz y aeronáutica; en función a su bajo costo, y excelentes propiedades (Garzón, 2015).

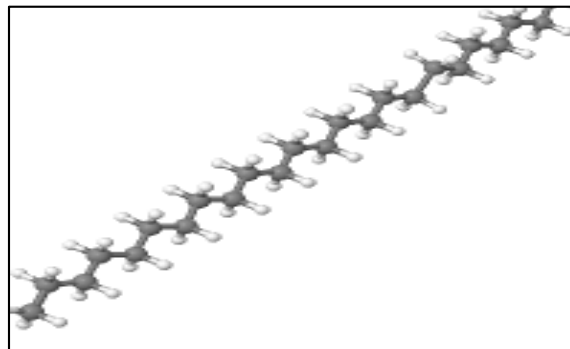


Figura 6-2 Estructura química del DHPE

Realizado por Ruiz C. 2021

- ***Propiedades del HDPE***

Las propiedades del Polietileno de alta densidad como las de cualquier otro polímero dependen fundamentalmente de su estructura:

Tabla 3-2 Propiedades del HDPE

	PROPIEDADES	VALOR	UNIDAD
Propiedades Físicas	Densidad	0.941 – 0.965	g/cm ³
	Absorción de agua	< 0,5	mg a 96 h
	Contracción	1.5 – 3	%
	Resistencia a la tensión	18 – 35	N/mm ²
	Elongación punto de ruptura	1000	%
	Temperatura de deflexión 1.86 N/mm ²	50	°C
Propiedades Químicas	Resistencia a álcalis	Buena	
	Resistencia a ácidos concentrados	Buena	
	Resistencia a ácidos diluidos	Buena	
	Alcoholes	Buena	
	Cetonas	Buena	
	Hidrocarburos aromáticos	Aceptable – buena	
Propiedades Mecánicas	Coefficiente de fricción	0,29	
	Dureza - Rockwell	D60-73 – shore	
	Módulo de tracción	0,5 – 1.2	GPa
	Relación de Poisson	0,46	
	Resistencia a la tracción	15 – 40	MPa
	Resistencia al Impacto Izod	20 – 210	Jm ⁻¹

Propiedades Térmicas	Calor específico	1.9	KJ.Kg ⁻¹ .K ⁻¹
	Conductividad térmica a 23 °C	0.45 – 0.52	Wm ⁻¹ K ⁻¹
	Dilatación térmica	100 – 200	X10 ⁻⁶ K ⁻¹
	Temperatura máx. de utilización	55 – 120	°C
	Temperatura de deflexión en caliente	75	°C
Propiedades Eléctricas	Constante dieléctrica a 1 MHz	2.2 – 2.4	
	Factor de disipación a 1 MHz	1-10x10 ⁻⁴	
	Resistencia dieléctrica	22	kV.mm ⁻¹
	Resistividad superficial	10 ¹³	(Ohm/sq)
	Resistividad de volumen	10 ¹⁵ – 10 ¹⁸	(Ohm.cm)

Fuente (Roca, 2005)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.4.6. *Elastómero*

Los elastómeros se definen como polímeros naturales o sintéticos, también conocidos como cauchos, son materiales poliméricos que destacan por su elevada elasticidad (A. González, 2017), además son capaces de soportar elongaciones reversibles sin presentar alteración considerando la gran variedad de estructuras posibles los elastómeros tienen una masa molar comprendida entre 10⁴ y 10⁶ g/mol (Alcuri, 2019).

Los elastómeros están constituidos por moléculas reticuladas de amplia malla, formados por sustancias naturales o sintéticas dotadas de una elasticidad uniforme. Permite grandes deformaciones, recobrando su forma original una vez que se deja de aplicar el esfuerzo que origina la deformación (Botet, 2019).

Tabla 4-2 Características de un elastómero termoplástico

Un material puede ser clasificado como elastómeros termoplástico si cumple las siguientes características:	Sus cadenas moleculares poseen una configuración de ovillo que proporciona una estructura amorfa al elastómero, donde por lo general interesa obtener altos pesos moleculares.
	Los enlaces en la molécula del elastómero están relativamente libres para poder rotar o extenderse en respuesta a una fuerza aplicada
	Su temperatura de transición vítrea es inferior a la temperatura ambiente, de manera que tenga un comportamiento viscoelástico
	Un grado de entrecruzamiento bajo, obtenido a través del proceso de vulcanización

Fuente (A. González, 2017)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.4.7. *Composición química del caucho*

El látex de caucho natural es una suspensión coloidal acuosa, en la que el caucho, posee partículas de estructura esféricas cuyo diámetro medio es inferior a una micra, se encuentra disperso de manera relativamente estable en la fase acuosa continua. La estabilidad de dicha suspensión se obtiene ya que cada partícula de caucho se encuentra rodeada de una capa de sustancias naturales surfactantes, dado que el caucho es hidrófobo y, por lo tanto, inmisible con el agua (Urrego et al., 2018).

Las moléculas de estos surfactantes naturales constan, como es lógico, de una parte, hidrófoba y por lo tanto afín al caucho y, de una parte, hidrófila que, por su afinidad con el agua, retiene sobre la superficie de las partículas una o varias capas de moléculas de agua, denominada agua de solvatación. Esta agua de solvatación impide que, en el caso de un eventual choque entre dos partículas de caucho, puedan ponerse en contacto directo y coalescer² (Brasero, 2017).

Los elastómeros conforme a su origen se clasifican en: natural o sintético, los más utilizados en la manufactura de neumáticos son: caucho natural (NR), polibutadieno (BR), y estireno-butadieno (SBR), aplicando un proceso llamado vulcanización (Meza, 2014).

² La coalescencia es la posibilidad de que dos o más materiales se unan en un único cuerpo.

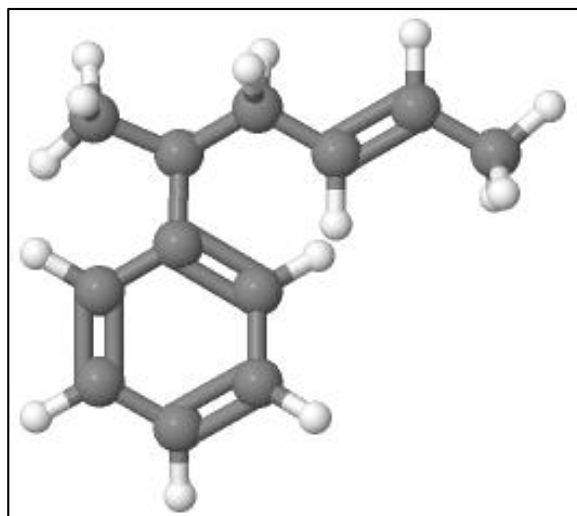


Figura 7-2 Fórmula condensada del SBR

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.4.8. *Propiedades físico – químicas del caucho*

Las propiedades intrínsecas de los elastómeros permiten dar solución a un gran número de problemas que generalmente se presentan en el campo de la construcción complementando a otros materiales en ciertas funciones o desempeñando funciones exclusivas en relación con el comportamiento fisicoquímico de esos cuerpos de estructura compleja y ajustable en un ancho espectro (Alcuri, 2019).

Las propiedades físicas del caucho bruto varían con la temperatura. A bajas temperaturas, se torna rígido, y cuando se congela en estado de extensión alcanza una estructura fibrosa. Por el contrario, cuando se somete el caucho a temperaturas mayores a los 100 °C, se ablanda y sufre alteraciones permanentes (Fuentes, 2014).

2.2.4.9. *Propiedades del caucho vulcanizado.*

El proceso de vulcanización permite modificar considerablemente las propiedades de un caucho. El módulo, la dureza, las propiedades elásticas y la resistencia al hinchamiento con solventes se modifican ampliamente en función al grado de vulcanización, este procedimiento forja los enlaces químicos cruzados de una cadena a otra, de tal modo que lo que era un enredo de cadenas separadas, se convierte en una red tridimensional unificada (Fuentes, 2014).

2.2.5. *Tensoactivos*

Los compuestos tensioactivos son moléculas anfipáticas³ es decir que constan de una porción hidrófoba y una hidrofílica; la primera es no polar llamada “cola” normalmente una recta o cadena ramificada de hidrocarburo o fluorocarbono que contiene de 8 a 18 átomos de carbono, la segunda una porción polar o iónica llamada “cabeza”, estos además tienen la capacidad de formar agregados micelares en presencia de cantidades variables de agua (Hernández, 2017).

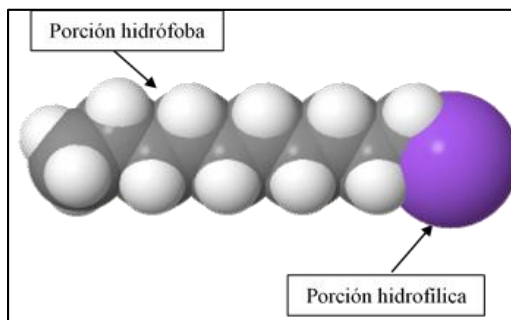


Figura 8-2 Estructura típica de un tensioactivo

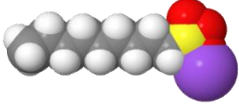
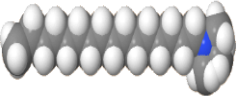
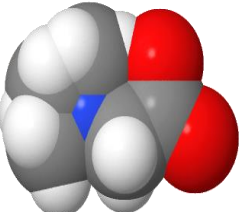
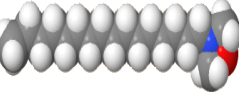
Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.5.1. *Clasificación de los tensioactivos*

Tabla 5-2 Clasificación de sustancias tensioactivas

Tipo de Tensoactivos	Descripción	Estructura
No iónicos	El grupo hidrófilo no tiene carga, de modo que obtiene la solubilidad en el agua por grupos altamente polares como el polioxietileno o grupos poli-ol.	

³ Se dice de la molécula con grupos hidrófilos e hidrófobos.

Aniónicos	En solución acuosa no se ionizan, puesto que ellos poseen grupos hidrófilos del tipo alcohol, fenol, éter o amida.	
Catiónicos	Los surfactantes catiónicos se disocian en solución acuosa en un catión orgánico anfífilico y un anión generalmente del tipo halogenuro.	
Anfóteros	Son aquellos cuya molécula puede presentar características de tipo catiónico o aniónico, como por ejemplo los aminoácidos, las betaínas o los fosfolípidos; algunos anfóteros no reaccionan al pH, otros son de tipo catiónico a pH ácido y de tipo aniónico a pH básico.	
Zwitteriónicos	La cabeza polar puede adquirir carga eléctrica dependiendo del pH del solvente en que se encuentre, por ejemplo, a pH ácido, cuando existe alta presencia de iones H ⁺ , cuando el pH es alcalino y no hay exceso de iones H ⁺ , la cabeza polar no modifica su carga y permanece neutra	

Fuente (Hernández, 2017)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.5.2. *Tensoactivos polimerizables*

Son aquellos que en su estructura molecular presentan un grupo polimerizable ya sea en el extremo de la porción hidrofóbica o en el contraión, lo que hace que estos compuestos aun teniendo la funcionalidad de un tensoactivo convencional pueden ser modificados al

adicionarse en su estructura un grupo funcional con insaturaciones que permite le permitan ligarse (Hernández, 2017).

2.2.5.3. *Propiedades de los tensoactivos*

Al ser los tensoactivos sustancias de carácter anfipático poseen la capacidad de absorberse en la interfase de solventes polares y no polares dando paso a la formación de varias fases. Las moléculas de tensoactivos se agrupan minimizando la energía de interfase y maximizando la entropía en función de la temperatura, la concentración y de su geometría (Barros, 2016).

El efecto hidrófobo es el factor principal para la formación de micelas en una solución, es decir, desde el punto de vista energético las partes apolares de las moléculas de tensoactivo se juntan quedando fuera de contacto con las moléculas de agua, lo cual genera una disminución de la tensión interfacial promoviendo así la ruptura de una interfase lográndose la micelanización a la CMC (Gómez, 2017).

La CMC se define como un rango de concentración, a partir de la formación de los agregados moleculares en función de las moléculas que se encuentran libres en la disolución. De tal forma que el valor de la CMC indica el comienzo del proceso de micelanización.(Hernández, 2017).

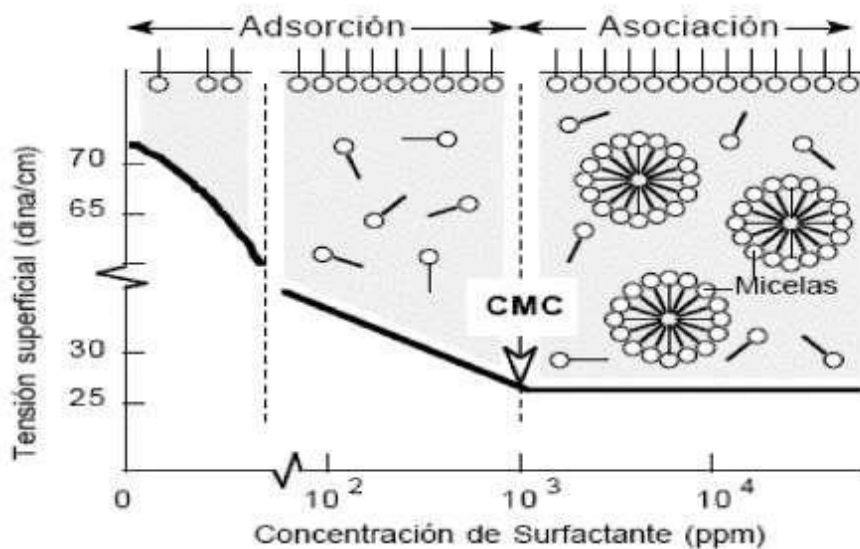


Figura 9-2 Evolución de la tensión superficial en la interfase aire-agua en función de la concentración

Fuente (Gómez, 2017)

2.2.5.4. Lauril éter sulfato de sodio (SLES)

El lauril éter sulfato de sodio (SLES) es el tensioactivo aniónico comúnmente utilizado en la mayoría de los agentes espumantes como principal componente químico sintético (Finizio et al., 2020). El SLES tiene buen poder de humectación, reduce la tensión superficial del líquido, también tiene la capacidad de aumentar la viscosidad de algunos productos (Paulo et al., 2017).

El SLES es preparado por etoxilación del alcohol dodecílico o dodecanol, el cual es convertido en un éster del ácido sulfúrico, que se neutraliza convirtiéndolo en la sal de sodio (Xu et al., 2019).

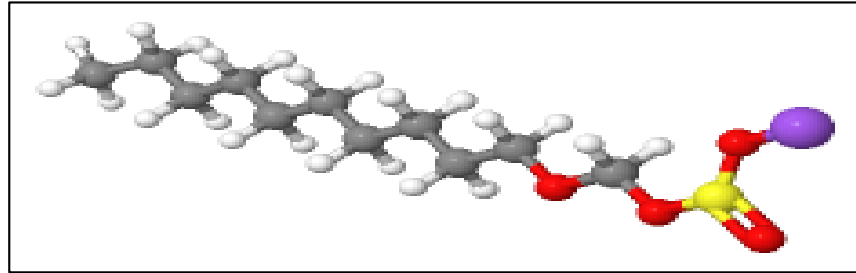


Figura 10-2 Estructura química SLES

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.6. Emulsiones

Se denomina emulsión, a aquel sistema que está conformado por dos fases líquidas inmiscibles, una dispersa en la otra, donde dicha estructura es estabilizada por un agente surfactante. La fase que se encuentra en forma de gotas se denomina fase dispersa o interna mientras que la otra fase se denomina continua o externa (Gómez, 2017).

El proceso de polimerización en emulsión es uno de los más importantes, ya que permite obtener una amplia gama de polímeros con diferentes propiedades y aplicaciones. El proceso de polimerización comienza a partir de una emulsión líquido/líquido, en cuya formulación es de trascendental importancia, el tamaño y distribución de las gotas ya que de esto va a depender el tamaño de las partículas del polímero, así como sus propiedades fisicoquímicas y por ende sus aplicaciones (Celis, 2020).

2.2.6.1. *Interacción entre tensoactivo – polímero*

En los sistemas polímero – tensoactivo, generalmente no hay asociación cuando las especies tienen carga de igual signo, mientras que cuando las especies presentan carga opuesta dichas asociaciones son de carácter fuerte. Las mezclas de poliones y tensoactivos con carga opuesta tienden a asociarse para formar complejos. Estos complejos son insolubles en agua para cantidades estequiométricas de tensoactivo y monómeros (basadas en la equivalencia de carga/carga, es decir el punto isoeléctrico). Es importante indicar que los complejos pueden precipitar flocular incluso lejos del punto isoeléctrico⁴.

Los sistemas de polímero-tensoactivo es su capacidad para controlar la estabilidad y la reología en una amplia gama de composiciones (Castaño, 2019).

Las emulsiones además de poder estabilizarlas por agentes tensoactivos, también se estabilizan por polímeros anfífilicos como el PVA (polivinil alcohol). Estas emulsiones muestran mayor viscosidad que las anteriores y se suelen comportar como geles. La alta viscosidad de la fase continua acuosa impide el movimiento de las gotas dispersas y, por lo tanto, la probabilidad de que dos gotas se acerquen y se agreguen incluso se fusionen es mucho menor (González 2017).

2.2.7. *Extrusión de plásticos*

La extrusión es la operación unitaria en la cual, mediante la aplicación de presión, se hace pasar de forma continua un plástico o material fundido a través de una “matriz” o “boquilla”. El material obtenido es recogido por un sistema de arrastre, cuya velocidad es regulable, este adquiere las dimensiones y consistencia necesaria mientras se enfría (Moya, 2016).

El proceso de extrusión de material polimérico sólido consta de las siguientes etapas:

⁴ Es el punto en el cual la carga neta en una molécula es cero.

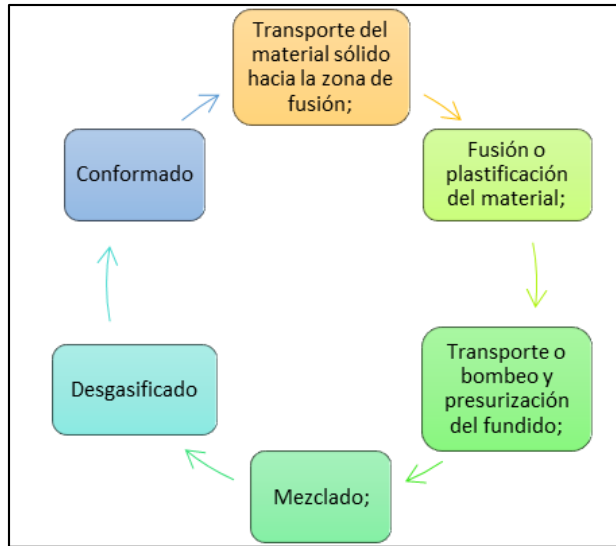


Figura 11-2 Proceso de extrusión

Fuente (Moya, 2016)

Realizado por: Ruiz C. 2021

Una maquina extrusora debe contar con un sistema de alimentación del material, un sistema de fusión-plastificación del mismo, un sistema de bombeo y presurización, que además genera un efecto de mezclado, así también cuenta con un dispositivo para dar lugar al conformado del material fundido (Karaoglan, 2021).

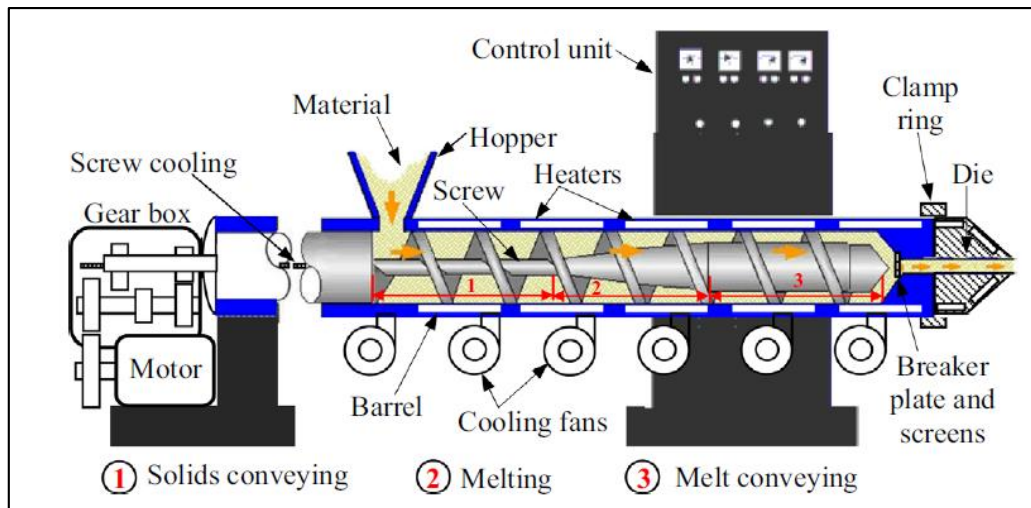


Figura 12-2 Componentes básicos de una extrusora de un solo tornillo

Fuente (Abeykoon, 2016)

2.2.8. Reciclaje

Al término reciclaje se lo emplea para definir al proceso físico, biológico o químico por el cual un determinado objeto, desecho, se convierte en materia prima para un nuevo implemento (Vaca, 2016).

El reciclaje consiste en una medida ecológica para favorecer la reutilización que lleva consigo la disminución de residuos en los rellenos sanitarios y botaderos, mediante la reutilización del plástico y la reducción del consumo de recursos naturales (Delgado et al., 2020)

2.2.8.1. Reciclaje de los Neumáticos

Generalmente los neumáticos que están fuera de uso suelen ser desechados a orillas de las vías, caminos o en vertederos clandestinos su acumulación representa un alto grado de probabilidad de que se generen incendios y emanación de gases tóxicos, además se produce la propagación de vectores⁵ que son perjudiciales para la salud de los seres humanos (Mejía & Pachacama, 2018).

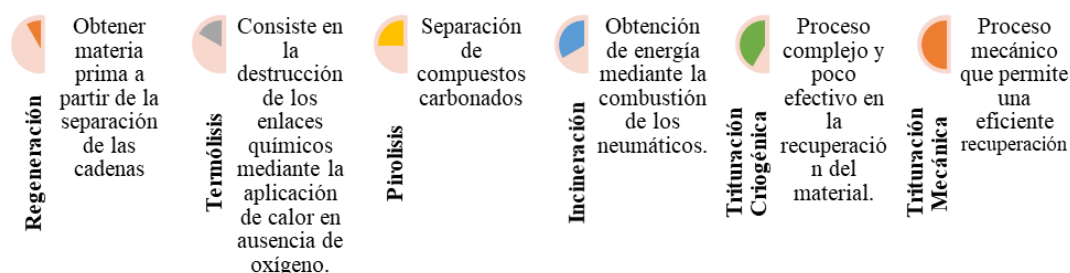


Figura 13-2 Procesos utilizados para reciclar caucho

Fuente (Canta & Vivas, 2018)

Realizado por: Ruiz C. 2021

2.2.8.2. Reciclaje del Tereftalato de polietileno

La gestión de residuos es cada vez más difícil a medida que la disponibilidad de vertederos se vuelve insuficiente y los costos de tratamiento de los residuos aumenta (Cotto-Ramos et al., 2020). Se considera que en la actualidad el consumo de polímeros tiene un crecimiento

⁵ Organismos vivos que pueden transmitir enfermedades infecciosas entre personas, o de animales a personas

del 4%, es así que el consumo mundial de este material ha variado desde el año de 1978 de 10 M de Tm a 60 M de Tm en la actualidad (Aguilar, 2016).

El PET es un material termoplástico formado por moléculas de cadena larga con una estructura amorfa según su cristalización (Meza de Luna & Shaikh, 2020). Razón por la cual, estos plásticos son más reciclables que otros, por la facilidad que tiene de adoptar nuevas formas al fundirse y en su gran mayoría se componen de envases desechables mismos que a nivel industrial se generan de forma masiva, representando una dificultad al medio ambiente es importante contribuir de todas las formas posibles a su reutilización, recuperación y reciclaje para evitar su esparcimiento en el entorno (Chicaiza & Gonzalez, 2016).

2.2.8.3. Explotación de PET y caucho bajo marco legal

Quirola en su trabajo de investigación hace referencia a lo estipulado en las políticas industriales verdes, en las que se menciona la producción eficiente y ambientalmente responsable. Por otro lado se cuenta con el Acuerdo Ministerial 098, “Instructivo para la gestión integral de neumáticos usados”, que tiene como principal objetivo promover la reducción, reutilización, y reciclaje de neumáticos usados mediante el planteamiento de requisitos, procedimientos y especificaciones ambientales (Quirola, 2019).

2.2.8.4. Impacto ambiental

Se define al impacto ambiental como la alteración del medio ambiente, ocasionada directa o indirectamente por la acción del hombre o de la naturaleza (Julio, 2020).

Según (Ortiz, 2013) en, (Erika Aguirre, 2016) a nivel mundial se acumulan anualmente en el ambiente alrededor de 25 millones de toneladas de plástico, y pueden permanecer en este, entre 100 y 500 años, esto se debe principalmente a que la degradación de sus partículas más pequeñas es muy lenta. Por lo antes mencionado se puede indicar que es común encontrar en el paisaje residuos plásticos, lo que conlleva a que haya contaminación en el aire, el agua y el suelo, y por supuesto, a que haya un impacto negativo en el ambiente.

2.2.8.5. Impacto económico

El reciclaje de una materia prima podría constituir una fuente de ahorro en costos y recursos, la producción de nuevos productos a partir de este material reciclado permite ver nuevos nichos de mercado, actualizar formas de recolección, y producción (Julio, 2020). De acuerdo

al Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) se prevé que al aplicar el modelo de economía verde la industria del reciclaje sería la que presente un mayor impacto en la economía (Ampuerto & Romero, 2020).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología

3.1.1. *Tipo y Diseño de la Investigación*

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.

3.1.2. *Método de investigación*

Para el desarrollo del proyecto se utiliza el método de investigación deductivo:

- **Método deductivo:** se aplica este método debido a que se hace un análisis comparativo entre las propiedades mecánicas del hormigón con las propiedades mecánicas de las diferentes mezclas elaboradas.

3.2. Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se obtendrán datos a partir de pruebas físico-mecánicas y costos de producción del material, con los cuales se realizará su respectiva interpretación y análisis.

3.3. Identificación de las variables

3.3.1. *Variables independientes*

- Proporción másica A: B
- Temperatura
- Presión

3.3.2. *Variables dependientes*

- Impermeabilidad
- Resistencia al desgaste
- Resistencia al fracturamiento

3.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1-3 Operacionalización de variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Ítems	Instrumentos
Proporción másica A: B: C	Se define como mezcla polimérica a aquella mezcla de dos o más especies diferentes de polímero de carácter homogéneo y estable a nivel macroscópico, mientras que a nivel microscópico se pueden presentar características de una mezcla heterogénea (Mancera, 2015).	Proporción másica A: B: C	Porcentaje	Composición % p/p	Máquina de extrusión
Impermeabilidad del material	La permeabilidad o impermeabilidad es la capacidad de un material para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.	Absorción de humedad	Porcentaje	% Absorción de humedad	Balanza
Resistencia al desgaste	Cuando los polímeros se someten a un gran número de ciclos de deslizamiento, puede aparecer un mecanismo de desgaste por fatiga mediante propagación de grietas.	Resistencia	Presión	Resistencia a la compresión (MPa)	Maquina Universal de Ensayos WAW600B
Resistencia al fracturamiento	Uno de los tipos de daño superficial al que son más susceptibles los polímeros es el rayado y	Resistencia	Presión	Resistencia a la flexión	Maquina Universal de

	el desgaste abrasivo.			(MPa)	Ensayos WAW600B
Costo – beneficio	La relación costo-beneficio es una herramienta financiera que compara el costo de un producto versus el beneficio que esta entrega para evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar en términos de compra.	costo-beneficio	(C/B)	-	-

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

3.3.4. Matriz de consistencia

Tabla 2-3 Matriz de consistencia

Formulación del problema		Objetivo General			Hipótesis General	
¿Es factible la utilización de elastómero y tereftalato de polietileno reciclados para elaborar un material que permita la construcción de cunetas resistentes e impermeables, que además presenten un alto grado de adherencia al suelo, y que puedan sustituir al hormigón?		Sintetizar y caracterizar un compuesto de elastómero y tereftalato de polietileno reciclados para elaboración de cunetas en vías de segundo y tercer orden en la parroquia el Rosario del cantón Guano.			La utilización de elastómero tereftalato de polietileno reciclados en proporciones específicas, permitirán obtener un material con óptimas propiedades mecánicas, que sustituye al hormigón, en la construcción de cunetas.	
Preguntas directrices	Objetivo Específico	Hipótesis Específica	Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
¿Cuál será el porcentaje de material reciclado que se utilizará?	Identificar la formulación adecuada de la mezcla para construir cunetas prefabricadas, que pueda sustituir al hormigón	La formulación adecuada de la mezcla polimérica de elastómero y PET reciclados permitirán sustituir el uso de hormigón para el revestimiento de cunetas en vías de segundo y tercer orden.	Proporción másica A: B: C	Porcentaje	ASTM D3641 - 15	Máquina de extrusión

¿Qué tan factible es obtener un material de características impermeables para la elaboración de cunetas en vías de segundo y tercer orden?	Determinar la resistencia que presenta la mezcla polimérica frente al agua	El material obtenido a partir del elastómero y tereftalato de polietileno reciclados, presenta una alta impermeabilidad de las cunetas.	Absorción de humedad	Porcentaje	ASTM D570 - 98	Balanza
¿Cuál será la variación en función de la resistencia a la fractura, que presente al material frente al hormigón?	Evaluar la resistencia a la fractura, que presenta el material y hacer una comparación con los valores del hormigón.	El material obtenido a partir del elastómero y tereftalato de polietileno reciclados, presenta un alto grado de resistencia al fracturamiento.	Resistencia al fracturamiento	Presión	ASTM D790	Maquina Universal de Ensayos WAW600B
¿Cuál será el efecto de los polímeros utilizados en función de la resistencia al desgaste y las	Medir las propiedades de desgaste de las diferentes mezclas obtenidas, y realizar un análisis de los resultados	La aplicación de materiales poliméricos en la mezcla permitirá obtener mayor resistencia al desgaste.	Resistencia al desgaste	Presión	ASTM D1621 - 10	Maquina Universal de Ensayos WAW600B

propiedades mecánicas?	obtenidos.					
¿Cuál es el costo beneficio que se obtendrá con este proyecto?	Validar técnico y económicamente las mezclas obtenidas, mediante comparación con los valores del hormigón.	La mezcla obtenida presentará beneficios técnicos y económicos en la construcción de cunetas en vías de segundo y tercer orden.	-	-	-	-

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

3.4. Diseño de la investigación

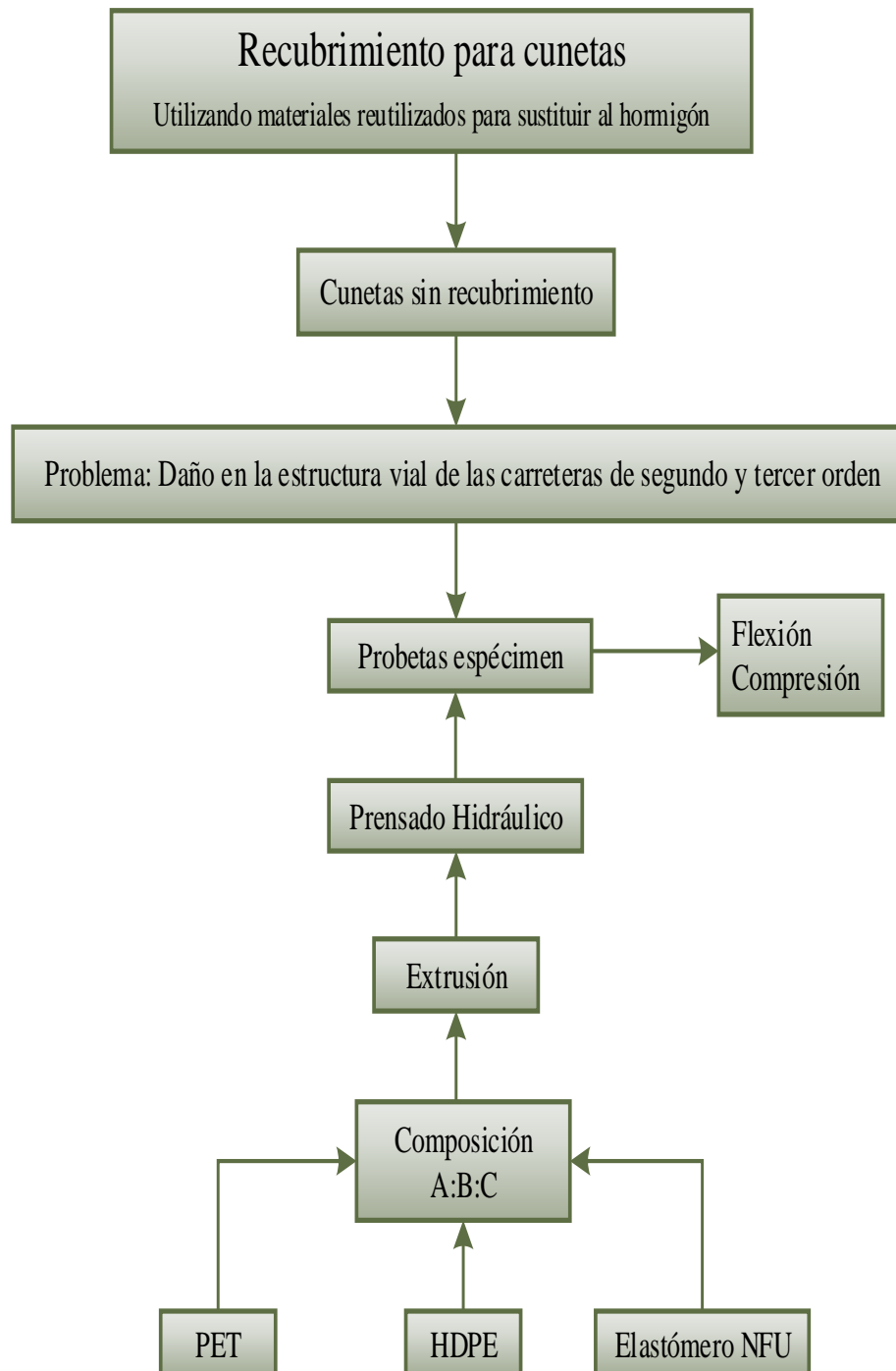


Figura 1-3 Representación esquemática del diseño de la investigación

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

3.5. Población de estudio

Se utilizarán 54 probetas, para lo cual se establecerán 3 combinaciones en función al porcentaje de materiales utilizados en relación al peso, a lo que se le denominara S1, dentro de esta serie se analizara la interacción tensoactivo – polímero, por tal razón tendremos muestras tipo A para PET no funcionalizado y B para el material funcionalizado con el tensoactivo aniónico lauril éter sulfato sódico, es decir que tendremos desde S1-A1 hasta S1-A3 y S1-B1 hasta S1-B3 (6 probetas), se trabajara 3 muestras por cada composición, 18 probetas para pruebas de flexión 18 probetas para pruebas de compresión y 18 para determinar el % de absorción.

3.6. Unidad de análisis

Se utilizarán muestras a base de elastómero y tereftalato de polietileno y en unos casos con HDPE, que serán elaborado con diferentes porcentajes de los materiales reciclados para medir y evaluar las propiedades mecánicas logradas con las diferentes mezclas.

3.7. Selección de la muestra

Considerando que se va a elaborar una mezcla de tereftalato de polietileno y caucho reciclados, y tomando en cuenta que lo que se pretende es encontrar la formulación adecuada que brinde altas propiedades mecánicas para la fabricación de cunetas, se plantea hacer seis composiciones con diferentes porcentajes del material reciclado, y por cada composición 4 muestras para poder medir los parámetros necesarios.

3.8. Tamaño de la muestra

La investigación se aplicará al 100% de la muestra

3.9. Técnica de recolección de datos

Para la recolección de datos se aplicará el método de observación experimental, mediante un conjunto de procedimientos y operaciones de control, para obtener información veraz de las condiciones de la variable dependiente a partir de la manipulación de las variables independientes.

Además, se utilizará una bitácora para llevar un registro de las diferentes muestras obtenidas con la combinación de los materiales reciclados en diferentes porcentajes. Por

otro lado, los valores obtenidos en las distintas pruebas, se registrarán en hojas de Excel para su posterior interpretación y análisis.

3.10. Tratamiento y diseño experimental

Para poder determinar si el material desarrollado para reemplazar al hormigón en el recubrimiento de las cunetas en estructuras viales de segundo y tercer orden es necesario comparar los valores obtenidos al medir las propiedades mecánicas, con aquellos valores que presenta el hormigón, así como también con los valores establecidos en la norma.

Se plantea realizar un análisis de varianza a los datos obtenidos en las pruebas mecánicas de flexión para determinar si la modificación de la composición altera de manera significativa las propiedades mecánicas del material

3.10.1. *Elaboración de las muestras*

Los principales factores que pueden influir en la viscosidad del PET durante el proceso de extrusión es la degradación del material en función a la temperatura, razón por la cual se debe mantener un estricto control de este parámetro (Asensio et al., 2020).

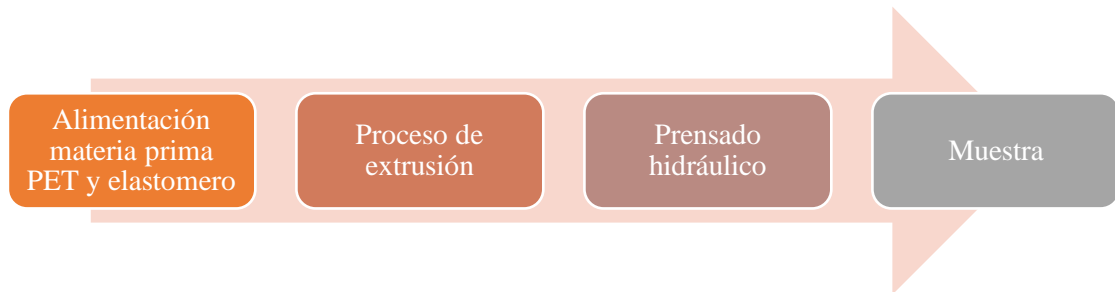


Figura 2-3 Proceso de elaboración de muestras

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Para la elaboración de estas muestras se alimenta PET, caucho y HDPE triturados en diferentes proporciones de acuerdo al 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 comparativo a nivel molecular de las diferentes probetas.

Tabla 3-3 Pasos para elaborar una probeta

<i>Alimentar</i>	Para esta etapa se debe acondicionar el material previo al proceso de moldeo, esto en función de las propiedades y necesidades del mismo. Evite exponer el material a una atmósfera con temperaturas significativamente inferiores a la temperatura ambiente para evitar la condensación de humedad sobre el material plástico.
<i>Configuración de las condiciones de moldeo</i>	Los parámetros de moldeo más críticos son la temperatura de fusión, la temperatura del molde y la velocidad de inyección promedio.
<i>Temperatura de fusión</i>	Es preciso medir la temperatura de manera constante en el precalentamiento a fin de alcanzar la adecuada para el material con el que vamos a trabajar.
<i>Recolección de la muestra</i>	Se empezará a recolectar muestras solo después del que el ciclo de moldeo haya alcanzado el equilibrio.
<i>Deje enfriar las probetas extraídas del molde</i>	El proceso de enfriamiento de las probetas debe ser de forma gradual y uniforme a temperatura ambiente para evitar diferencias en los resultados de las pruebas debido al tratamiento de muestras individuales.

Fuente ASTM 3641 -15

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Para la elaboración de las probetas prensadas se utilizó el material reciclado en diferentes proporciones, con pruebas piloto lo cual permitió determinar que porcentajes mayores de PET conlleva a que las probetas se tornen frágiles, en la Tabla 4-1, se detallan los porcentajes con los que se elaboraron las probetas espécimen. Para comparar datos se realizaron 6 probetas por cada composición.

Tabla 4-3 Diseño de mezclas

Materiales para el compuesto:	Gránulos de caucho reciclado	Se van a preparar mezclas de caucho – PET y caucho – PET – HDPE con distintas composiciones mediante moldeo por compresión a la temperatura de 200 °C y con tiempo de moldeo de 15 min.		
	PET reciclado triturado			
	HDPE (Polietileno de alta densidad)			
Las materias primas para los compuestos se utilizarán en relación de masa (en % en peso):		El efecto de los aditivos funcionalizantes se investigarán de acuerdo a lo siguiente: a) PET funcionalizado en solución Lauril éter sulfato de sodio: muestras tipo A b) PET no funcionalizado: muestras tipo B		
<i>Denominación de la muestra</i>	<i>SERIE</i>	<i>Denominación de la muestra</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Tiempo moldeo (min)</i>
Muestras Tipo A	Serie 1	S1-A1	200	15
		S1-A2		
		S1-A3		
Muestras Tipo B		S1-B1	200	15
		S1-B2		
		S1-B3		

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Una vez pesados los materiales estos fueron mezclados y fundidos a 200°C, se colocó de forma manual la mezcla en el molde al cual previamente se le cubrió con aceite para facilitar el desmolde, se llenó el molde con la misma cantidad cubriendo toda el área, posterior a ello se llevó el molde con el material a la prensa hidráulica.



Figura 3-3 PET fundido a 200 °C

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Después de haber prensado las probetas, se dejó que estas enfriaran al ambiente durante 15 minutos, finalmente se desmoldo obteniendo el siguiente resultado.



Figura 4-3 Probeta espécimen terminada

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

3.10.2. *Análisis de las muestras*

La resistencia de un material depende de la capacidad que esta presenta para soportar una carga sin deformación excesiva o falla. Dicha propiedad es inherente al material y se determina por experimentación.

A las muestras elaboradas se les aplicará tres tipos de ensayo:

- ***Flexión***

Estos ensayos se realizan para obtener información de las propiedades de flexión de los materiales, es decir cuando se desea comprobar la resistencia a la flexión de los materiales (Toapanta, 2016).

Durante el ensayo de flexión se produce un esfuerzo de tracción en el lado convexo de la probeta y un esfuerzo de compresión en el lado cóncavo de la misma, lo que crea una zona de tensión de cizallamiento⁶ a lo largo de la línea media. Se registran los valores de la fuerza de flexión y la deformación, mismos que son presentados en una gráfica tensión – deformación, que permiten determinar las características del material (Martos, 2018).

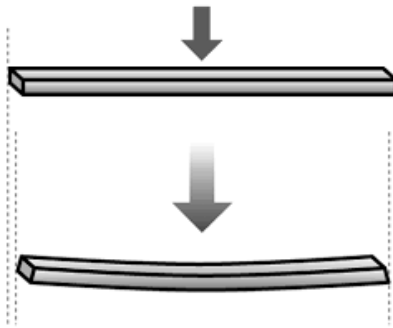


Figura 5-3 Esfuerzo de flexión

Fuente (Vanessa & Perez, 2019)

Se colocó el espécimen en la máquina universal. Posteriormente se aplica la carga al espécimen hasta su punto de ruptura. Este proceso se realizó con 18 probetas espécimen con un promedio de carga máxima de ruptura de 227,12 N.

- ***Compresión***

La compresión es el esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de fuerzas que actúan en el mismo sentido, y tienden a acortarlo. Consiste en hacer que se aproximen las diferentes partículas de un material, tendiendo a producir acortamientos o aplastamientos, es decir, que la compresión es el resultado de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiene a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección (González

⁶ Es la acción o el estrés resultante de fuerzas aplicadas que causa que dos partes contiguas de un cuerpo o dos cuerpos se deslicen uno con respecto al otro en dirección paralela a su plano de contacto.

2017).

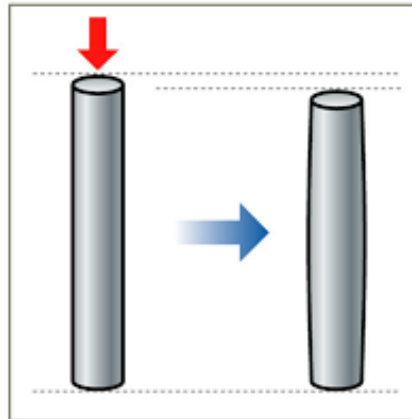


Figura 6-3 Esfuerzo de compresión

Fuente (Vanessa & Perez, 2019)

- **Absorción** (%)

Para la determinación de absorción o contenido de humedad total interna se aplica la norma ASTM D570 – 98 para esto se analizó tres unidades muestrales de cada combinación, cuanto mayor sea la absorción de la unidad significa que será más porosa y por ende menos resistente a la intemperie (Farfan, 2019). Este test nos permite establecer la absorción de agua de probetas plásticas de dimensiones definidas expuestas a inmersión o humedad, en condiciones controladas por un periodo de tiempo determinado (Ricardo et al., 2019).

3.10.3. *Costo – beneficio*

La comparación entre los beneficios y costos en términos monetarios que genera el proyecto a lo largo del tiempo, tiene por objeto la toma de decisiones fundamentadas en la apreciación objetiva acerca del provecho económico que este representa (Emilio Aguirre et al., 2017).

Tabla 5-3 Costos del material reciclado

Material reciclado	Costo saco de (50 Kg)	Costo de 1 Kg
PET triturado	\$ 8.00	\$ 0.16

HDPE triturado	\$ 10.00	\$ 0.2
Caucho granulado	\$ 10.00	\$ 0.2

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Un punto importante dentro de este trabajo investigativo es determinar si el material sintetizado es económicamente viable, ya que en muchos casos se prescindieron de estas estructuras viales por el alto costo que implica su construcción.

El coste de producción está dado en función de la composición, pero como podemos ver los costos de operación son relativamente bajos, ya que se trabaja con material reciclado, lo que nos lleva a tener una ligera idea de que la propuesta planteada desde el punto de vista económico puede ser viable.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de los resultados

Una vez elaboradas las probetas, estas fueron enviadas al laboratorio de ensayo de materiales LenMav de la ciudad de Riobamba, en el cual se ejecutaron las pruebas de flexión y compresión.

4.1.1. Pruebas de flexión en probetas con PET funcionalizado

Tabla 1-4 Pruebas de flexión - probetas con PET funcionalizado

<i>Designación del material</i>	<i>Espesor (mm)</i>	<i>Anchura mayor (mm)</i>	<i>Anchura menor (mm)</i>	<i>Sección Transversal (mm²)</i>	<i>Mód. Aparente elastic. (MPa)</i>	<i>Carga Máxima (N)</i>	<i>Esfuerzo Máximo (MPa)</i>	<i>Flecha Máxima (mm)</i>
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

Fuente LenMav

Las probetas elaboradas fueron sometidas a pruebas de flexión y compresión para determinar las propiedades mecánicas de cada una de las mezclas propuestas.

De acuerdo con los datos obtenidos una vez concluidas las correspondientes pruebas podemos 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 parejos es decir con una pequeña diferencia, lo cual se puede apreciar en la

siguiente gráfica.

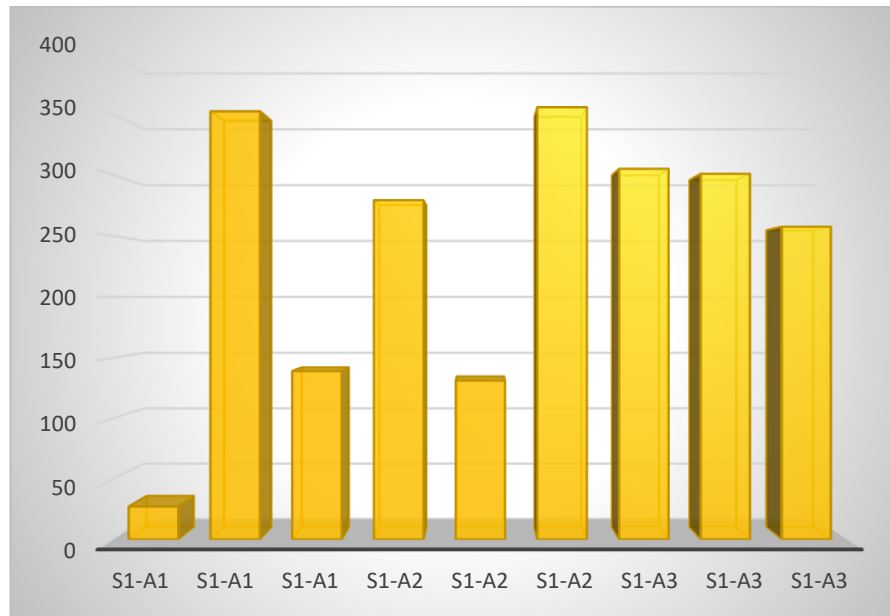


Gráfico 1-4 Carga máxima (N) prueba de flexión en probetas con PET funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

En cuanto a la relación entre el esfuerzo máximo y la flecha máxima⁷ podemos observar en la siguiente grafica 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.

⁷ Distancia entre la fibra neutra de la viga inicial (no sometida a cargas) y la fibra neutra de la viga deformada.

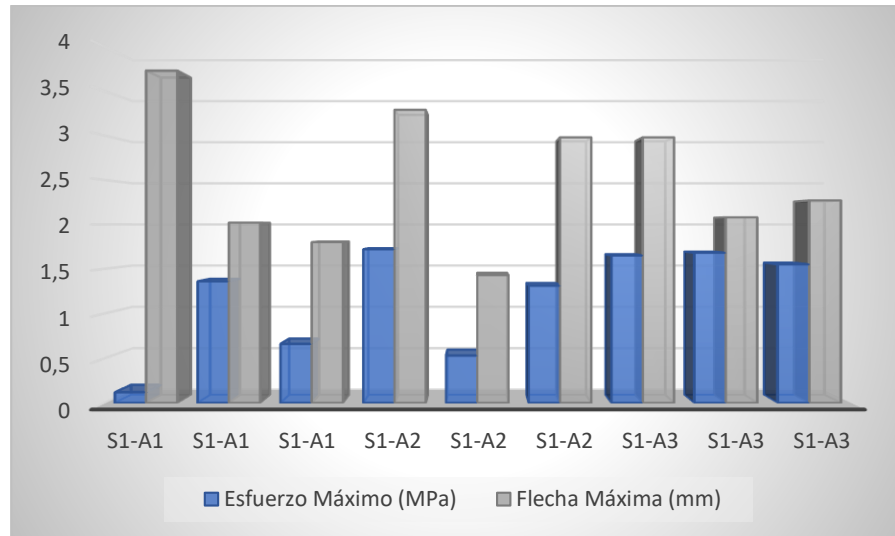


Gráfico 2-4 Esfuerzo máximo vs. Flecha máxima, prueba de flexión en probetas con PET funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

4.1.2. Pruebas de flexión en probetas con PET no funcionalizado

Tabla 2-4 Pruebas de flexión - probetas con PET no funcionalizado

Designación del material	Espesor (mm)	Anchura mayor (mm)	Anchura menor (mm)	Sección Transversal (mm ²)	Mód. Aparente elastic. (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

Fuente LenMav

De los datos obtenidos en las pruebas realizadas a las probetas en las que se utilizó PET no funcionalizado con el emulsificante podemos ver que las probetas 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 visualiza en el siguiente gráfico.

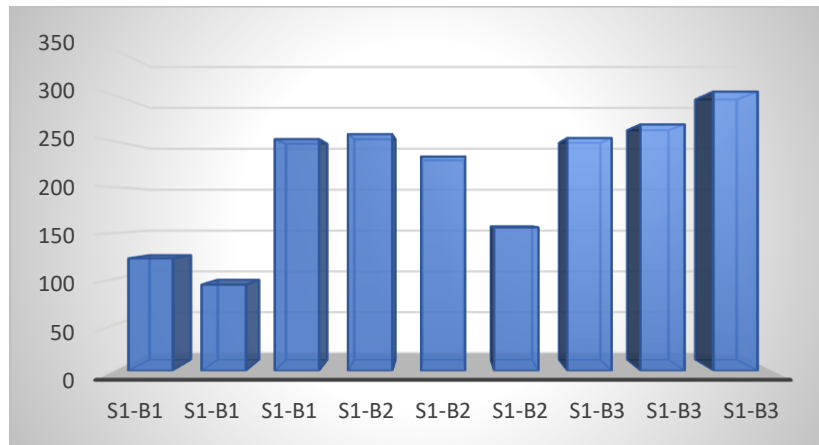


Gráfico 3-4 Carga máxima (N) prueba de flexión en probetas con PET no funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

En la siguiente gráfica de esfuerzo máximo y flecha máxima 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.

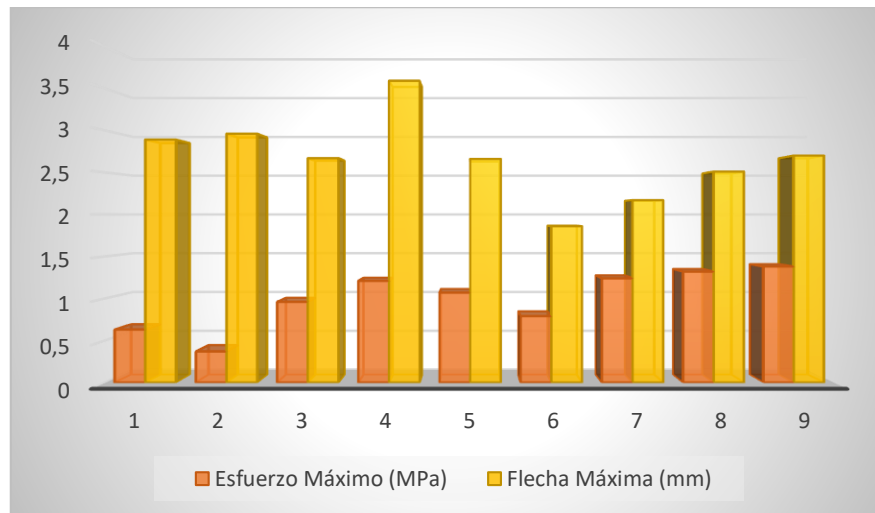


Gráfico 4-4 Esfuerzo máximo vs. Flecha máxima en probetas con PET no funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

4.1.3. Pruebas de compresión en probetas con PET funcionalizado

Tabla 3-4 Pruebas 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

Fuente LenMav

De acuerdo a lo que se visualiza en la siguiente gráfica podemos ver claramente que las probetas de la serie S1-A1 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.

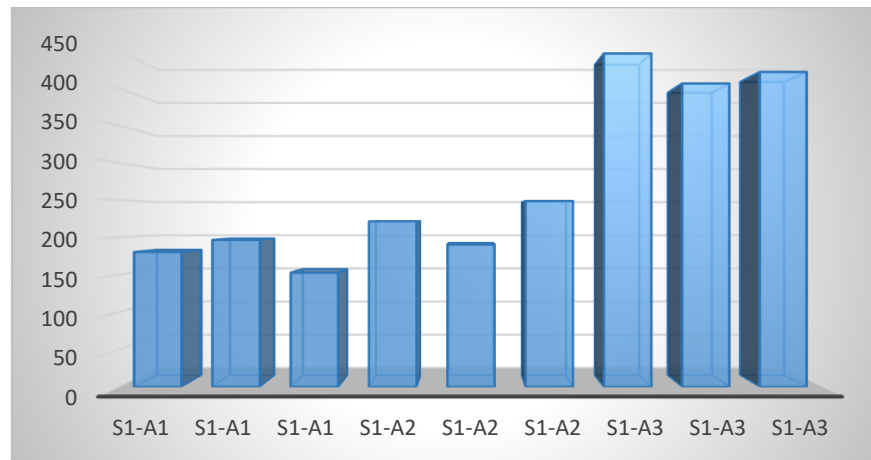


Gráfico 5-4 Carga máxima (N), prueba de compresión en probetas con PET funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Si hacemos referencia al esfuerzo máximo vs., la deformación máxima los resultados más óptimos los tenemos de la serie S1-A3, en la cual tenemos 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.

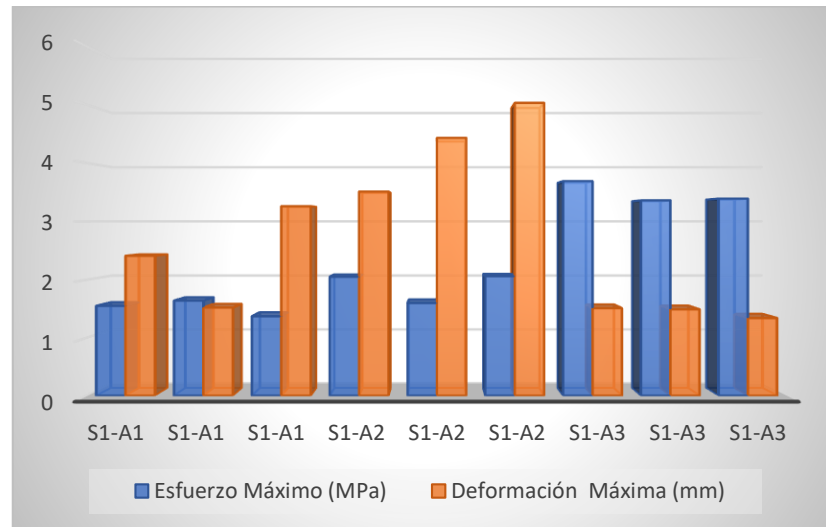


Gráfico 6-4 Esfuerzo máximo vs. Deformación máxima, prueba de compresión en probetas con PET funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

4.1.4. Pruebas de compresión en probetas con PET no funcionalizado

Tabla 4-4 Pruebas 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

Fuente LenMav

Podemos ver 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.

Es preciso recordar que las probetas S1-B3, tienen en su composición no solo PET y elastómero, sino también HDPE, además el tereftalato de polietileno fue tratado con un tensoactivo aniónico, con lo cual se pretendía mejorar la fusión de todos los componentes, mediante la formación de una micro emulsión.

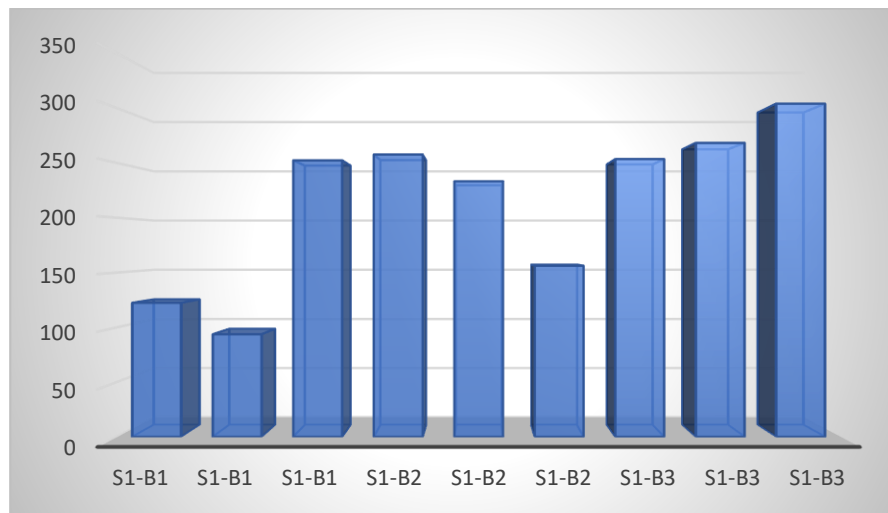


Gráfico 7-4 carga máxima (N), prueba de compresión en probetas con PET no funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Si revisamos los valores obtenidos en esfuerzo máximo vs., la deformación máxima podemos decir que los de la S1-B3 son los más aceptables, 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.

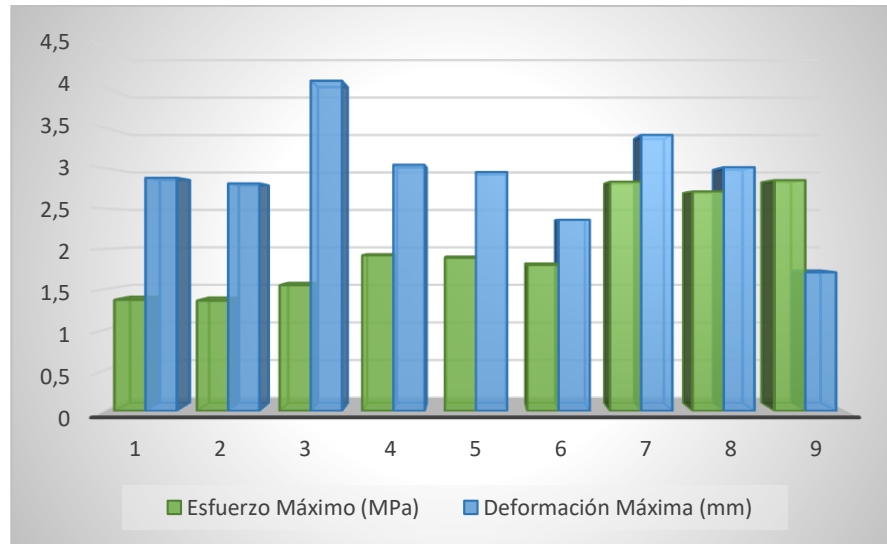


Gráfico 8-4 Esfuerzo máximo vs. Deformación máxima, prueba de compresión en probetas con PET no funcionalizado

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

4.1.5. % Absorción

Para determinar la impermeabilidad del material se realiza un test de absorción por inmersión durante 24 horas, los resultados obtenidos se observan en la siguiente tabla:

Tabla 5-4 Determinación del % de absorción

<i>Designación del material</i>	<i>Peso seco</i>	<i>Peso después de la inmersión</i>	<i>% Absorción</i>
S1-A1	397,6	397,6	0,00
S1-A1	385,6	385,7	0,03
S1-A1	338,9	338,9	0,00
S1-A2	298,8	298,8	0,00
S1-A2	283,6	283,6	0,00
S1-A2	409,4	409,5	0,02
S1-A3	320,1	320,1	0,00
S1-A3	317,3	317,3	0,00
S1-A3	306,6	306,7	0,03
S1-B1	356,6	356,6	0,00

S1-B1	369,1	369,3	0,05
S1-B1	409,6	409,6	0,00
S1-B2	369,1	369,1	0,00
S1-B2	368,7	368,7	0,00
S1-B2	345,1	345,1	0,00
S1-B3	347	347	0,00
S1-B3	329,6	329,7	0,03
S1-B3	354	354	0,00

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

En función de los datos obtenidos podemos indicar que el % de absorción es relativamente bajo, razón por la cual el material puede ser considerado como impermeable.

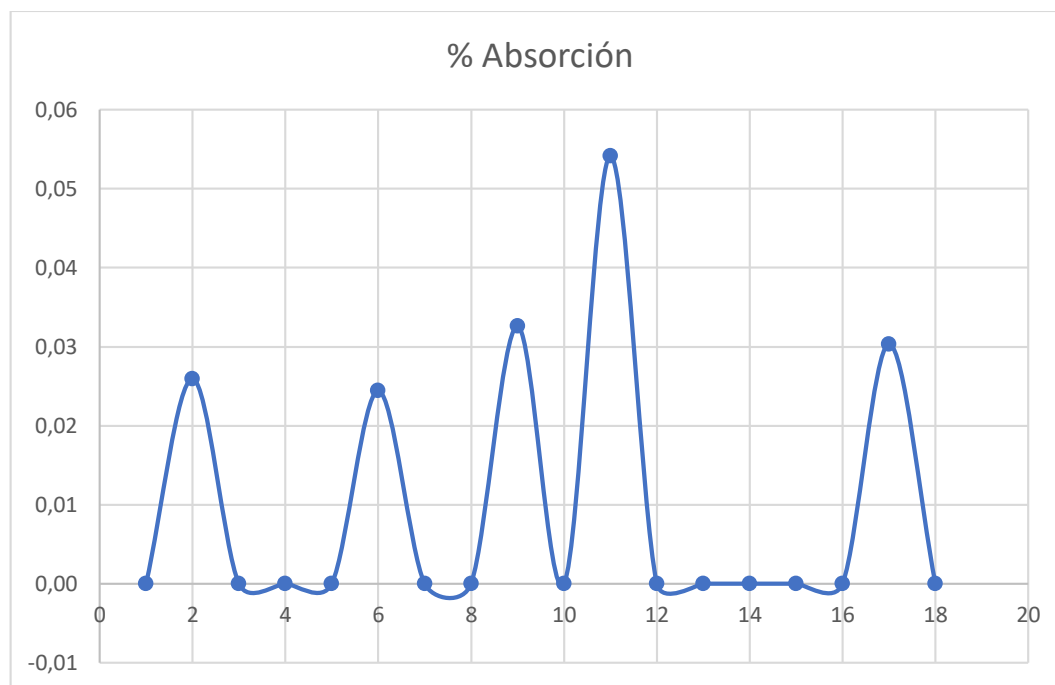


Gráfico 9-4 % de absorción por inmersión

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

4.1.6. Costo – beneficio

Tabla 6-4 Costo del metro cúbico de cuneta

<i>DETALLE</i>	<i>COSTO</i>
Metro cúbico de cuneta de hormigón	\$ 127,88
Metro cúbico de cuneta material compuesto	\$ 2,70

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

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.

De lo antes descrito se evidencia que el costo de construcción de cunetas con el material compuesto está muy por debajo del costo de las cunetas de hormigón, lo cual puede ser una garantía para que en los proyectos viales dichas estructuras puedan ser revestidas y de esta manera garantizar la durabilidad de las obras.

4.1.7. Análisis de la varianza (ANOVA)

Se aplica el análisis de varianza ANOVA para determinar si existe diferencia entre las medias de los valores obtenidos para carga máxima en las pruebas de flexión de las probetas elaboradas, y así saber si la resistencia a la carga máxima se ve afectada por la composición de las probetas espécimen

- Hipótesis nula Todas las medias son iguales
- Hipótesis alterna No todas las medias son iguales
- Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Tabla 7-4 Obtención de valores para análisis de varianza

PRUEBAS DE FLEXIÓN							
	SI-A1	SI-A2	SI-A3	SI-B1	SI-B2	SI-B3	
	27,7	279,19	304,89	122,43	257,62	253,39	
	351,98	131,45	300,77	93,78	233,18	268,11	
	139,2	355,32	257,51	252,22	156,18	303,82	Suma totales
<i>Promedio</i>	173,0	255,3	287,7	156,1	215,7	275,1	1362,9
<i>Suma de datos T_c</i>	518,88	765,96	863,17	468,43	646,98	825,32	4088,7
<i>Numero de observaciones n_c</i>	3	3	3	3	3	3	18
<i>Suma de cuadrados</i>	144033,9	221478,5	249731,9	87398,7	145133,2	228396,1	1076172,2
T_c^2/n_c	89745,5	195564,9	248354,1	73142,2	139527,7	227051,0	973385,5

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

Suma de cuadrados entre grupos

$$SST = \sum (T_c^2/n_c) - \frac{(\sum X)^2}{2}$$

$$SST = 44619,1$$

Suma de cuadrados dentro de grupos

$$SSE = \sum X^2 - \sum (T_c^2/n_c)$$

$$SSE = 102786,7$$

Grados de libertad entre grupos

$$K - 1$$

$$6 - 1$$

$$5$$

Grados de libertad dentro de grupos

$$N - K$$

$$18 - 6$$

$$12$$

Tabla 8-4 Análisis de varianza

<i>FUENTE DE VARIACION</i>	<i>SUMA DE CUADRADOS</i>	<i>GRADOS DE LIBERTAD</i>	<i>CUADRADOS MEDIOS</i>
ENTRE GRUPOS	44619,1	5	8923,8
EN LOS GRUPOS	102786,7	12	8565,6
		F	1,04

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

- El valor $F = 1,04$ es la función de prueba
- Grados de libertad = 5 en el numerador y 12 en el denominador
- El valor $F_{\left(\frac{5}{12}\right)} = 3,11$ es el valor crítico de la función

INTERPRETACIÓN

De acuerdo a los valores obtenidos en el análisis de varianza podemos determinar claramente que el valor de la función de prueba es menor que el valor crítico de la función, dado esto aceptamos la hipótesis nula que dice que las medias de los valores de la carga máxima obtenidas en las pruebas de flexión para cada uno de los grupos no presenta diferencias significativas, es decir que ninguna de las variables tiene relación con nuestra variable regresora.

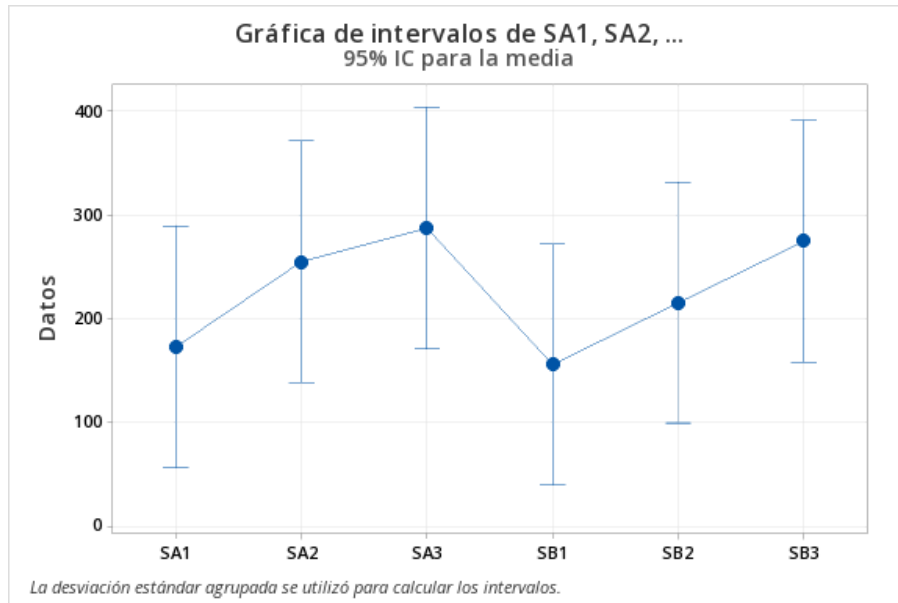


Gráfico 10-4 Intervalo de confianza del 95%

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

En función de la gráfica obtenida para el intervalo de confianza de 95% se puede indicar que no existe una diferencia estadística significativa entre muestras, esto quiere decir que cualquiera de las muestras presenta excelentes propiedades mecánicas que permitan sustituir al hormigón en el recubrimiento de cunetas.

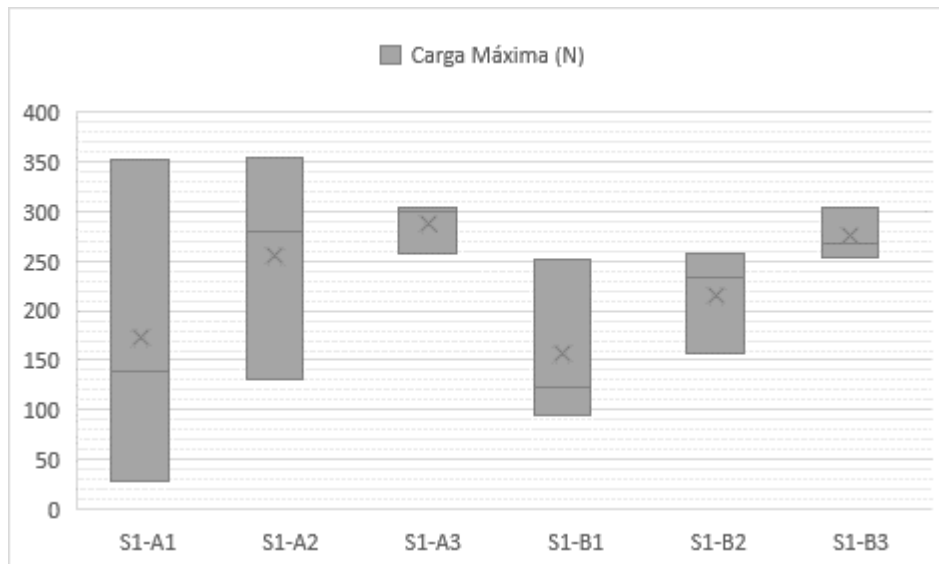


Gráfico 11-4 Diagrama de cajas

Realizado por: Ruiz Clara Isabel 2021

De los resultados obtenidos en el diagrama de cajas podemos decir que en las muestras del tipo A existe mayor variabilidad y que dicha condición disminuye en aquellas muestras que contienen en su composición HDPE y que además el PET no ha sido funcionalizado.

4.2. Comprobación de Hipótesis

4.2.1. Hipótesis General

De conformidad con los resultados experimentales puedo argumentar que la utilización de elastómero y tereftalato de polietileno reciclados en proporciones específicas, nos permite obtener un material con buenas propiedades mecánicas, sin embargo, para que estas sean optimas y se pueda sustituir por el hormigón en la construcción de cunetas en vías de segundo y tercer orden, es necesario adicionar también HDPE.

4.2.2. Hipótesis Especificas

- Una vez analizadas las diferentes probetas se puede aseverar que la combinación adecuada de elastómero y PET reciclados permiten sustituir el uso de hormigón para el revestimiento de cunetas en vías de segundo y tercer orden, siempre y cuando la mezcla contenga además HDPE.
- El material compuesto obtenido a partir del elastómero y el tereftalato de polietileno reciclados y que además contenga HDPE, presenta una alta impermeabilidad lo que supone también impermeabilización de las cunetas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en las pruebas mecánicas de flexión podemos determinar que el material obtenido a partir del elastómero y el tereftalato de polietileno reciclados, junto con HDPE presenta un alto grado de resistencia al fracturamiento.
- Lo mismo ocurre con el ensayo de compresión, tras la valoración de las probetas podemos confirmar que la aplicación de materiales poliméricos en la mezcla permitirá obtener mayor resistencia al desgaste.
- Debido a las buenas propiedades mecánicas y a los bajos costos del material reciclado, se confirma que la mezcla obtenida presenta no solo beneficios técnicos, sino también económicos en la construcción de cunetas en vías de segundo y tercer

orden.

4.3. Discusión de resultados

En primer aspecto es importante 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 (Association, 2017).

Respecto a los resultados alcanzados tras las pruebas mecánicas realizadas a las probetas espécimen, 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.

CONCLUSIONES

- Es importante hacer énfasis en que el recubrimiento de las cunetas es necesario para garantizar la durabilidad de las vías y de esta manera mejor la calidad de vida de la población circundante, de aquí la importancia de procurar que las cunetas sean revestidas sin embargo por el costo de construcción que esta supone en las vías de segundo y tercer orden se prescinde de dichas estructuras.
- Todo lo planteado hasta ahora nos permite concluir que la propuesta que se traza en este trabajo de investigación es viable, ya que a bajo costo se puede obtener un material que permite sustituir al hormigón y así poder dotar a las vías de segundo y tercer orden de cunetas revestidas, para preservar la carpeta asfáltica.
- El resultado de las pruebas mecánicas permitió identificar que la formulación S1-A3 es la más adecuada de las mezclas que pueda sustituir al hormigón en el revestimiento de cunetas,
- Se determinó que el material compuesto no absorbe el agua, lo que garantiza la impermeabilidad que se busca.
- Mediante las pruebas de flexión se pudo evaluar la resistencia a la fractura, que presenta el material y mediante un análisis comparativo con los valores del hormigón, se estableció que tiene mayor resistencia.
- De manera similar tras efectuar el análisis del test de compresión se pudo concluir que las probetas de la serie S1-A3 son mucho más resistentes.
- Finalmente, mediante un análisis comparación con los valores del hormigón, se valida la viabilidad técnica y económica de reemplazar el hormigón por un material compuesto elaborado a partir de PET, caucho y HDPE.

RECOMENDACIONES

- Utilizar HDPE en la mezcla para mejorar las propiedades mecánicas, pues de acuerdo a las pruebas realizadas son las que poseen polietileno de alta densidad las que presentan mayor resistencia.
- Para futuros trabajos de investigación se recomienda estudiar una variedad más amplia de combinaciones de PET, HDPE y caucho para tener mayor información respecto de las propiedades y realizar una comparación minuciosa.
- Se recomienda probar la funcionalización del PET con un tensoactivo catiónico para conocer qué efecto tiene este sobre la mezcla.
- Realizar pruebas a nivel microscópico para conocer la microestructura que forman los compuestos al fusionarse.
- Promover el reciclaje mediante la síntesis de nuevos compuestos que permitan satisfacer las diversas necesidades de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abeykoon, C. (2016). Single screw extrusion control: A comprehensive review and directions for improvements. *Control Engineering Practice*, 51, 69–80.
<https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2016.03.008>
- Aguilar, P. (2016). Ladrillos elaborados con plásticos reciclado (PET), para mampostería no portante. In *El Escorial*.
- Aguirre, Emilio, Baraldo, J., & Durán, V. (2017). *Evaluación costo beneficio ex-ante del proyecto DACC Adicional 1*.
- Aguirre, Erika. (2016). *Aporte al análisis sobre el impacto ambiental y el impacto social que genera el reciclaje de tapas plásticas en la Fundación Sanar*.
- Albán, L. (2019). *Elaboración de madera plástica a partir de polímero post consumo*.
- Alcuri, G. (2019). *Elastomers in building industry: applications and environmental valorization*.
<http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/294/353>
- Almeida, A. R. de, Silva, C. L. da, & Santoyo, A. H. (2018). Cita sugerida (APA, sexta edición). *Universidad y Sociedad*, 10(3), 134–141. <https://doi.org/10.3182/20120611-3-IE-4029.00015>
- Ampuerto, A., & Romero, P. (2020). *Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para construcción*.
- Andrade, A. (2017). *Selección de material con método MCDM, para manija de apertura interior de puerta de vehículo y comprobación de resultados con simulación computacional y experimental*.
- Andrade, K., & Flores, K. (2016). Propiedades Físico-Mecánicas Del Hormigón Al Complementar La Mezcla Con El Compuesto Del Residuo De Factor De Craqueo Catalítico. *Universidad Central Del Ecuador*, 114.
- Asamblea Nacional Constituyente del Ecuador. (2018). *Reglamento Ley Sistema Infraestructura Vial Del Transporte Terrestre*. 23.
- Asensio, M., Nuñez, K., Guerrero, J., Herrero, M., Merino, J. C., & Pastor, J. M. (2020).

- Rheological modification of recycled poly(ethylene terephthalate): Blending and reactive extrusion. *Polymer Degradation and Stability*, 179, 109258.
<https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109258>
- Asociación de Asfalto de Virginia. (2015). *Concreto Asfáltico*. 2–4.
<http://www.vaasphalt.org/asphalt-concrete/>
- Association, N. R. M. C. (2017). *CIP 16-Resistencia a Flexión del concreto*. www.nrmca.org.
- Barros, S. (2016). *Modelización de la tensión superficial de surfactantes no iónicos*.
- Berrío Alzate, A. (2017). *Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo*. 101.
<http://bdigital.unal.edu.co/63583/1/1128439758.2017.pdf>
- Betancourt, L. (2014). *Elaboración de un manual que sirva como guía para realizar la señalización vertical vial en cruces de línea férrea*.
- Botet, A. (2019). *Estudio de los plásticos como material reciclado para la obtención de material de construcción*.
- Brasero, J. (2017). *Desarrollo de nuevas formulaciones de látex de caucho natural libres de n-nitrosaminas, hipoalergénicas y ecológicas, y su caracterización por RMN de campo bajo*.
- Camacho, Y., Espinosa, L., & López, L. J. (2019). *Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de PET*. 39915587.
- Canta, F., & Vivas, K. (2018). *Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018*. *Ucv*, 358.
- Castaño, J. (2019). *Influencia de los tensoactivos en las variables de secado y en las características de alimentos para mascotas* (Vol. 87, Issue 1,2).
- Castro, B., Walter, J., Asesor, E., Silva Sánchez, I., & William, M. (2019). *Construcción de una infraestructura vial y transpirabilidad en las vías asociación de vivienda “Las Américas” distrito de Vegueta – Huaura – Lima*.
- Cazan, C., Cosnita, M., & Duta, A. (2017). Effect of PET functionalization in composites of rubber–PET–HDPE type. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(3), 300–312.

<https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.10.005>

Celis, M. T. (2020). Emulsiones, surfactantes y polímeros: algunas implicaciones para la ciencia, la tecnología y los negocios. *Visión Gerencial*, 19(2), 287–295.

Chicaiza, J., & Gonzalez, E. (2016). *Análisis De Los Desechos De Botellas Plásticas De Los Habitantes De Bastión Popular De Guayaquil*.

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17450/1/TESIS JOSELYN CHICAIZA Y EVELYN GONZALEZ FINAL PDF.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17450/1/TESIS%20JOSELYN%20CHICAIZA%20Y%20EVELYN%20GONZALEZ%20FINAL%20PDF.pdf)

Cotto-Ramos, A., Dávila, S., Torres-García, W., & Cáceres-Fernández, A. (2020). Experimental design of concrete mixtures using recycled plastic, fly ash, and silica nanoparticles.

Construction and Building Materials, 254, 119207.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119207>

Delgado, P., Flores, B., Palomino, S., & Quispe, M. (2020). *Fabricación de baldosas a base de plástico reciclado*.

Esguerra, A., & Castro, D. (2018). *Basalto como agregado en concreto para construcción de bermas y cunetas en vías terciarias*. *September*, 160–164.

Farfan, J. (2019). Uso de caucho reciclado y tereftalato de polietileno (PET), para la elaboración de ladrillos ecológicos a nivel artesanal en el distrito de Chorrillos. In *Universidad César Vallejo*.

Farinango, D. (2014). Análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible. In *Universidad Central Del Ecuador*.

[http://repositorio.uce.edu.ec/archivos/sebonillaj/INFORMACION 2019-2020/PANEL PRINCIPAL/MANUALES DE PROCESOS/Sistema de para Proyectos de Vinculaci3n.pdf](http://repositorio.uce.edu.ec/archivos/sebonillaj/INFORMACION%202019-2020/PANEL%20PRINCIPAL/MANUALES%20DE%20PROCESOS/Sistema%20de%20para%20Proyectos%20de%20Vinculaci3n.pdf)

Finizio, A., Patrolecco, L., Grenni, P., Galli, E., Muzzini, V. G., Rauseo, J., Rizzi, C., & Barra Caracciolo, A. (2020). Environmental risk assessment of the anionic surfactant sodium lauryl ether sulphate in site-specific conditions arising from mechanized tunnelling. *Journal of Hazardous Materials*, 383(March 2019), 121116.

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121116>

Fuentes, D. (2014). *Obtención de láminas impermeables a partir de caucho reciclado utilizando resina de mortero de uretano*.

- García-Velázquez, Á., Amado-Moreno, M. G., Toscano-Palomar, L., Seufert-García, O. J., & Beltrán-Félix, P. L. (2019). Reciclado de plásticos de tapas de botella y defensas automotrices reforzadas con fibra de vidrio para fabricar alcantarillas domésticas. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 76, 11–18.
<https://doi.org/10.33064/iycaaa2019761787>
- Garzón, A. (2015). *Síntesis y caracterización de un material compuesto a base de polietileno de alta densidad y magnetita pulverizada*.
- Gómez, M. (2017). Síntesis de nanopartículas de sílice a través de emulsiones agua en aceite (w/o). *Вестник Росздравнадзора*, 6, 5–9.
- González, A. (2017). *Materiales elastoméricos con memoria de forma*.
- González, H. (2017). *Diseño teórico del sistema surfactante polímero para la mejora en recuperación del petróleo*.
- González, M. (2017). *Análisis de fractura en ensayos de compresión para materiales compuestos utilizando pruebas ópticas no destructivas*. Centro de Investigaciones en Ópticas A. C.
- Hernández, A. (2017). *Síntesis y caracterización de un tensoactivo polimerizable*.
- Herrera, N. (2014). *Estudio del pavimento de las vías del barrio Salacalle, perteneciente a la parroquia Saquisilí, cantón Saquisilí, provincia de Cotopaxi y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes*. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7422>
- Julio, K. (2020). Creación de una empresa productora y comercializadora de pellets derivados del reciclaje de material plástico polietileno terftalato en la ciudad de Montería. In *Akrab Juara* (Vol. 5, Issue 1). <http://www.akrabjuara.com/index.php/akrabjuara/article/view/919>
- Karaoglan, A. D. (2021). *Optimizing Plastic Extrusion Process via Grey Wolf Optimizer Algorithm and Regression Analysis*. 80(January), 34–41.
- Mancera, K. (2015). *Síntesis de un compatibilizante para poliéster y poliolefinas, con base en redes interpenetradas poliméricas*.
- Martos, C. (2018). *Efecto de la ubicación del puente de adherencia en la resistencia a flexión de vigas simplemente armadas vaciadas en dos etapas*.

http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1147/Tesis-Ronald_Alcántara-Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mejía, J., & Pachacama, N. (2018). *Diseño de bloques para mampostería en obras civiles con agregados de fibras de caucho de neumático y plástico reciclado (PET)*.

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15044/1/T-ESPE-040409.pdf>

Meza de Luna, A., & Shaikh, F. U. A. (2020). Anisotropy and bond behaviour of recycled Polyethylene terephthalate (PET) fibre as concrete reinforcement. *Construction and Building Materials*, 265, 120331. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120331>

Meza, I. (2014). *Diseño de una planta para la obtención de carbón activado a partir de neumáticos de automóvil fuera de uso*.

Mohajerani, A., Burnett, L., Smith, J. V., Markovski, S., Rodwell, G., Rahman, M. T., Kurmus, H., Mirzababaei, M., Arulrajah, A., Horpibulsuk, S., & Maghool, F. (2020). Recycling waste rubber tyres in construction materials and associated environmental considerations: A review. In *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 155, p. 104679). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104679>

Moya, G. (2016). *Estudio, diseño, simulación y optimización de una matriz de extrusión de plástico*. 57. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72723/MOYA - Estudio%2C diseño%2C simulación y optimización de una matriz de extrusión de plástico..pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72723/MOYA_-_Estudio%2C_diseño%2C_simulación_y_optimización_de_una_matriz_de_extrusión_de_plástico..pdf?sequence=1)

Ortiz, M. L. (2013). *El Impacto de los Plásticos en el Ambiente*. La Jornada Ecológica. Centro de Investigación En Biotecnología de La Universidad Autónoma Del Estado de Morelos (UAEM). <https://www.jornada.com.mx/2013/05/27/eco-m.html>

Palma, H., & Tenesaca, F. (2020). *Estudio de la degradabilidad del PET (Polietilen Tereftalato) dosificado con celulosa de la cáscara de cacao*.

Paula, M., Parra, M., & Bosque, U. (2019). *Pavimentos a partir de plásticos de fácil adquisición DEJANDO HUELLA Pavimentos a partir de plásticos de fácil adquisición*.

Paulo, A. M. S., Aydin, R., Dimitrov, M. R., Vreeling, H., Cavaleiro, A. J., García-Encina, P. A., Stams, A. J. M., & Plugge, C. M. (2017). Sodium lauryl ether sulfate (SLES) degradation by nitrate-reducing bacteria. *Appl Microbiol Biotechnol*. <https://doi.org/10.1007/s00253-017->

- Quirola, P. (2019). *Elaboración de materiales compuestos a partir de matriz de resina poliéster, reforzado con partículas de pet y caucho reciclados*.
<https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Revelo, M. (2014). Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con elastómero (caucho) y tereftalato de polietileno reciclados con ligante asfáltico AC-20. *Artículos Académicos - Carrera de Ingeniería Civil, 1*, 195. <https://doi.org/10.1134/S1063783412020126>
- Ricardo, E., Landeo, S., Enrique, H., Mora, G., Joao, A., Oscanoa, C., Jorge, J., & Campusano, G. (2019). Efectos del intemperismo acelerado en la propiedades físico-mecánicas de compuestos plástico-bambú. *Revista Xilema, 29*, 64–76.
- Robles, F. S. (2019). 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. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Roca, I. (2005). Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno de alta densidad (PEAD). In *Journal of Materials Processing Technology* (Vol. 1, Issue 1).
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055>
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024>
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
- Rodríguez, B., & Calle, F. (2013). *Diseño integral del sistema de drenaje vial para obras de arte menor (drenaje longitudinal y transversal) para la carretera Pachon mina Zharo de 7.2 km ubicada en el cantón Suscal en la provincia de Cañar*.
- Sánchez, J. (2019). *Propuesta de mejoramiento a nivel de pavimento rígido y drenaje pluvial de las principales vías de acceso al C.P. La Libertad, distrito de Pinto Recodo – Lamas – San Martín*.
- Suasnavas, D. (2017). *Degradación de materiales plásticos “PET” (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión*.

- Toapanta, J. (2016). *Análisis de las curvas de desempeño de una viga reforzada con fibras de carbono y fibras de vidrio.*
- Urrego, W., Velásquez, S., Giraldo, D., & Posada, J. (2018). Revisión - efecto del sistema de vulcanización en la red entrecruzada y en la reacción química de vulcanización del caucho natural. *Revista EIA*. <https://doi.org/10.24050/reia.v14i28.1144>
- Vaca, C. (2016). *Propuesta de dispositivo comunitario de atención social y capacitación en manejo de desechos sólidos reciclables con recicladores en el Centro Histórico de la ciudad de Quito.*
- Vanessa, S., & Perez, D. (2019). *Informe de compresión. April.*
- Xu, C., Mandal, T., Larson, R. G., Wang, D., & Wang, H. (2019). A molecular dynamics simulation of the structure of sodium lauryl ether sulfate and poly(vinyl alcohol) at the air/water interface. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 563, 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.11.060>

Anexo A: Ficha Técnica Caucho granulado NFU

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO:

GRANULADO DE NEUMATICOS USADOS - CAUCHO GRANULADO

CODIGO DEL PRODUCTO: CGP0051

2. DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Gránulos y polvo de caucho vulcanizado procedente de la trituración mecánica a temperatura ambiental, de neumáticos fuera de uso.

COMPOSICION /COMPONENTE	DESCRIPCION
Caucho vulcanizado (%)	< 0,10 para tamaños de caucho superiores a 6mm.
Materiales ferromagnéticos (%)	< 0,01 para tamaños de caucho inferiores o iguales a 6mm.
Materiales textiles (%)	< 0,05
Otros materiales (%)	< 0,05

3. CAMPOS DE APLICACION.

Asfaltos modificados	Mezclas Bituminosas
Cargas elastoméricas: (Hormigón; másticos bituminosos; poliuretanos)	Relleno de campos de césped artificial de nueva generación
Campos de golf	Losetas
Aislamientos acústicos	Preformados
Bases elásticas para pavimentos deportivos y de seguridad	Hipódromos
Pavimentos en continuo (sin juntas)	Rellenos obra civil
Topes de parqueos	Rompe velocidades
Productos moldeados	Mezclas con caucho
Mezclas con plásticos	Pinturas

FECHA DE CREACION: 2015/11/12
PRIMERA MODIFICACION: 2016/05/09

4. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS.

PROPIEDADES FISICAS	DESCRIPCION
Forma	Sólidos en forma de granulados y polvo.
Color	Negro
Olor	Caucho característico
Densidad (gr/cm ³)	0.7942 – 1.032
Peso específico	1,15 – 1,27
Humedad (%)	< 0.75
Punto de combustión (°C)	300 - 450
PROPIEDADES QUIMICAS	DESCRIPCION
Extracto cetónico (%)	5,00 – 22,00
Contenido en cenizas (%)	7,00 – 11,00
Contenido en polímeros NR/SR (%)	70/30 – 60/40
Contenido de negro de humo (%)	26,00 – 38,00
Contenido de caucho natural (%)	10,00 – 35,00
Contenido en hidrocarburo de caucho (%)	57,00 - 58,00
Contenido de Plomo (mg/kg)	< 0.03
Azufre (%)	1,0 – 7,00
pH (25°C)	8,12 – 8,20
Solubilidad	Insoluble en agua, parcialmente soluble en acetona.

5. TIPO DE PRODUCTO

DENOMINACION COMERCIAL	GRANULOMETRIA (mm)
CAUCHO GRANULADO	2 – 6



6. PRESENTACION

- Sacos de 50 kg

7. TRANSPORTE, MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO

- a Transporte: No peligroso, se deben cumplir con las leyes fijadas por la Agencia Nacional de Tránsito.
- b Manipulación: No son necesarias precauciones especiales.
- c Almacenamiento: A temperatura ambiente, se recomienda almacenar en lugar seco, protegido de la lluvia y el sol

8. EFECTOS SOBRE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE

Los granulados y polvo de neumáticos reciclados, se consideran: no explosivos, no comburentes, no irritantes, no tóxicos oralmente, no tóxicos por contacto con la piel, no cancerígenos, no magnéticos, no mutagénicos, no susceptibles de emitir gases tóxicos excepto en presencia de llama directa, no tóxica para el medio ambiente.

Esta información es presentada sin garantía, representación o licencia de ninguna clase, es real y actualizada a la fecha de la obtención del presente documento.

Sin embargo no garantiza implícita o explícitamente la responsabilidad que tiene el usuario de realizar las pruebas a este producto. La responsabilidad del usuario es asegurarse de cumplir con las regulaciones gubernamentales, estatales y locales.

Antes de usar cualquier producto lea la etiqueta de presentación, la ficha técnica, la Hoja de Seguridad.

CASGUZ S.A., CASA GUZMÁN se reserva el derecho a modificaciones sin previo aviso y no se responsabiliza del uso indebido del producto.

FECHA DE CREACION: 2015/11/12
PRIMERA MODIFICACION: 2016/05/09

Anexo B: Ficha Técnica PET triturado

PET – Tereftalato de Polietileno

Descripción

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termoconformado.

Características

- Alta transparencia, (Admite coloración).
- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Reciclable, Tiende a disminuir viscosidad.
- Aprobado para uso de productos alimentarios.
- Impermeable.

Aplicaciones

- Termoformado.
- Elaboración de envases de bebidas.
- Industria textil.
- Entre otras..

Datos Técnicos

Propiedades	Método de Prueba	Unidad	Valor Típico
Densidad	ISO 1183	g/cm ³	1.40
Temperatura de Servicio	----	°C	-40 +110
Temperatura Máxima de Servicio en Periodos Breves	----	°C	≤160
Esfuerzo en el Punto de Fluencia	ISO 527	Mpa	80
% Elongación en el Punto de Ruptura	ISO 527	%	20
Modulo de Elasticidad a la Tensión	ISO 527	Mpa	3200
Resistencia al Impacto	ISO 179/IeU	KJ/m ²	82
Dureza	ISO 13000-2	Shore D	81
Tiempo Limite de Rendimiento 1/1000 (23°C/50% RH 100 °C)	ISO 899	Mpa	12
Temperatura de Distorsión Térmica (Método A / B)	ISO 75	°C	67 (A)
			165 (B)
Punto de Fusión (Método A)	ISO 3146	°C	255
Coficiente de Expansión Lineal Térmica	DIN 53752	1/K 10 ⁻⁵	6
Constante Dieléctrica (1 MHz)	IEC 250	----	3.3
Factor de Disipación (1 MHz)	IEC 250	----	0.02
Resistencia Dieléctrica	IEC 245	KV/mm	98
Resistividad Volumétrica	IEC 243	Ohm-cm	10 ¹⁶
Absorción de Humedad a 23°C, 50% RH	ISO 62	%	0.23
Absorción de Agua a 23°C	ISO 62	%	- 0.5

Anexo C: Ficha Técnica HDPE



Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

Descripción:

Polietileno de Alto Impacto de
Fácil procesamiento diseñado
Para aplicaciones generales e
Ideal para procesos de
Termoformado

Características Principales:

Alta Densidad
Fácil Procesamiento
Alta Productividad
FDA

Propiedades ASTM e ISO

Físicas	Unidad de Valor Nominal	Unidad	Método de Prueba
Gravedad Específica		0.96	ASTM D792
Flujo de Masa (fundida)			ASTMD1238
	190°C/2.16 Kg	0.8 g/10 min	
	190°C/21.6 Kg	57 g/10 min	
Resistencia al agrietamiento por tensión ambiental			ASTM D 1693
	122 °F, 100% Igepal, F50	20 hr	
Mecánicas	Unidad de Valor Nominal	Unidad	Método de Prueba
Resistencia a la tracción		4600 psi	ASTM D638
Resistencia a la rotura		3500 psi	ASTM D638
Rendimiento de alargamiento a la tracción		7 %	ASTM D638
Rotura de alargamiento por tracción		1000 %	ASTM D638
Módulo de flexión -2% secante		188000 psi	ASTM d790b
Impact	Unidad de Valor Nominal	Unidad	Método de Prueba
Resistencia a la tracción		40 ft-lb/in ²	ASTM D1822
Dureza	Unidad de Valor Nominal	Unidad	Método de Prueba
Durómetro Dureza		66	ASTM D2240
Térmica	Unidad de Valor Nominal	Unidad	Método de Prueba
Temperatura de deflexión bajo carga		169 °F	ASTMD648
Tempratura de fragilidad		< -105 °F	ASTM D746
Temperatura de reblandecimiento Vicat		268 °F	ASTMD1525
Térmica	Unidad de Valor Nominal	Unidad	Método de Prueba
Temperatura de Fusión		271 °F	Interno
Temperatura Pico de Cristalización		248 °F	Interno

Anexo D: Ficha Técnica SLEL

LAURIL SULFATO SODICO

Se trata de una mezcla de alquilsulfatos sódicos, cuyo componente principal es el lauril sulfato sódico.

Sinónimos: Sodio dodecil sulfato.

Descripción: Polvo fino blanco, con débil olor característico.

Fórmula empírica: $C_{12}H_{25}NaO_4S$

Peso molecular: 288.38

Solubilidad:

Agua	Soluble (1:10) (se obtiene una solución opalescente)
Etanol	Parcialmente soluble
Cloroformo	Prácticamente insoluble

Propiedades y Usos: El lauril sulfato sódico es un detergente aniónico que es efectivo tanto en medio ácido como en medio básico y también en agua dura.

Se usa en champúes y para la limpieza de la piel.

También se usa en la preparación de la Cera Emulsionante (alcohol cetosteárico + lauril sulfato sódico en proporción 9:1) con la cual se preparan emulsiones aceite-en-agua añadiéndola sobre bases grasas o parafínicas.

Efectos adversos: Puede producir irritación.

Observaciones: - Interacciona con surfactantes catiónicos, perdiendo actividad.

- Es incompatible con iones metálicos polivalentes y con medio ácido de pH inferior a 2.5.

Reposición: En envases bien cerrados.


Anexo E: Ensayo de flexión Muestra S1-A1



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE FLEXIÓN		Denominación: RG-20-01	
N° 01			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	MOLDES DE SECCIÓN TRAPECIAL		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D790		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	1	2	3
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - A1	S1 - A1	S1 - A1
CARACTERÍSTICA	PROB.TRAPECIAL	PROB.TRAPECIAL	PROB.TRAPECIAL
ESPESOR [mm]	24.40	25.70	23.30
ANCHURA MAYOR [mm]	83	82	81.2
ANCHURA MENOR [mm]	69.2	69	69.2
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1856.84	1940.35	1752.16
MÓD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	3.19E+00	1.14E+02	1.20E+02
CARGA MÁXIMA [N]	27.27	351.98	139.20
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	0.12	1.36	0.66
FLECHA MÁXIMA [mm]	3.73	2.02	1.80
OBSERVACIONES:	Longitud entre apoyos = 140 mm		

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cdla Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvlnan54@lenmav.com
Rlobamba - Ecuador

Anexo F: Ensayo de flexión Muestra S1-A2



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE FLEXIÓN		Denominación: RG-20-01	
		N° 02	
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRIA DE INGENIERIA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	MOLDES DE SECCIÓN TRAPECIAL		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D790		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	4	5	6
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - A2	S1 - A2	S1 - A2
CARACTERÍSTICA	PROB. TRAPECIAL	PROB. TRAPECIAL	PROB. TRAPECIAL
ESPESOR [mm]	20.70	25.70	26.20
ANCHURA MAYOR [mm]	79.3	78.8	83
ANCHURA MENOR [mm]	68.8	68.7	68.8
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1532.84	1895.38	1988.58
MÓD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	9.30E+01	4.46E+01	4.77E+01
CARGA MÁXIMA [N]	279.19	131.45	355.32
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.72	0.53	1.31
FLECHA MÁXIMA [mm]	3.29	1.43	2.98
OBSERVACIONES:	Longitud entre apoyos = 140 mm		

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Anexo G: Ensayo de flexión Muestra S1-A3



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE FLEXIÓN		Denominación: RG-20-01	
N° 03			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	MOLDES DE SECCIÓN TRAPEZIAL		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D790		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	7	8	9
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - A3	S1 - A3	S1 - A3
CARACTERÍSTICA	PROB. TRAPEZIAL	PROB. TRAPEZIAL	PROB. TRAPEZIAL
ESPEJOR [mm]	21.80	21.50	20.80
ANCHURA MAYOR [mm]	81.7	81.4	80.7
ANCHURA MENOR [mm]	69.5	69.3	69.7
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1648.08	1620.03	1564.16
MÓD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	8.60E+01	1.70E+02	2.21E+02
CARGA MÁXIMA [N]	304.89	300.77	257.51
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.65	1.68	1.55
FLECHA MÁXIMA [mm]	2.98	2.08	2.27
OBSERVACIONES:	Longitud entre apoyos = 140 mm		

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES



Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

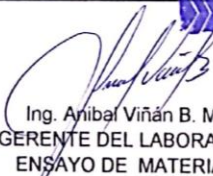
Anexo H: Ensayo de flexión Muestra S1-B1



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE FLEXIÓN		Denominación: RG-20-01	
N° 04			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRIA DE INGENIERIA QUIMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTOMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	MOLDES DE SECCION TRAPECIAL		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D790		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006-	CÓD IDENT: MI	
MUESTRA N°	10	11	12
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - B1	S1 - B1	S1 - B1
CARACTERÍSTICA	PROB. TRAPECIAL	PROB. TRAPECIAL	PROB. TRAPECIAL
ESPESOR [mm]	22.50	25.30	25.80
ANCHURA MAYOR [mm]	80.7	82.4	82.6
ANCHURA MENOR [mm]	68.1	69.4	69.8
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1674.00	1920.27	1965.96
MÓD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1.63E+01	2.21E+01	8.09E+01
CARGA MÁXIMA [N]	122.43	93.78	252.22
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	0.63	0.37	0.96
FLECHA MÁXIMA [mm]	2.89	2.96	2.67
OBSERVACIONES:	Longitud entre apoyos = 140 mm		

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES



Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Anexo I: Ensayo de flexión Muestra S1-B2



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE FLEXIÓN		Denominación: RG-20-01	
SOLICITADO POR:		N° 05	
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	MOLDES DE SECCIÓN TRAPEZIAL		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D790		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: MI	
MUESTRA N°	13	14	15
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - B2	S1 - B2	S1 - B2
CARACTERÍSTICA	PROB. TRAPEZIAL	PROB. TRAPEZIAL	PROB. TRAPEZIAL
ESPESOR [mm]	23.30	23.50	22.60
ANCHURA MAYOR [mm]	82.5	82.7	81.4
ANCHURA MENOR [mm]	68.5	69	68.8
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1759.15	1782.48	1697.26
MÓD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1.17E+02	6.49E+01	1.35E+02
CARGA MÁXIMA [N]	257.61	233.18	156.18
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.21	1.07	0.79
FLECHA MÁXIMA [mm]	3.59	2.66	1.86
OBSERVACIONES:	Longitud entre apoyos = 140 mm		

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

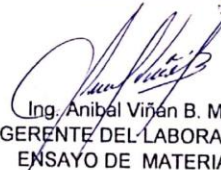
Anexo J: Ensayo de flexión Muestra S1-B3



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE FLEXIÓN		Denominación: RG-20-01	
		N° 06	
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SINTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRIA DE INGENIERIA QUIMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	MOLDES DE SECCION TRAPECIAL		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D790		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006-	CÓD IDENT: MI	
MUESTRA N°	16	17	18
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - B3	S1 - B3	S1 - B3
CARACTERÍSTICA	PROB. TRAPECIAL	PROB. TRAPECIAL	PROB. TRAPECIAL
ESPESOR [mm]	22.90	22.80	23.60
ANCHURA MAYOR [mm]	81.9	82.3	82.7
ANCHURA MENOR [mm]	69.2	68.7	69
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1730.10	1721.40	1790.06
MÓD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1.62E+02	5.63E+01	7.71E+01
CARGA MÁXIMA [N]	253.39	268.11	303.82
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.24	1.32	1.38
FLECHA MÁXIMA [mm]	2.17	2.51	2.70
OBSERVACIONES:	Longitud entre apoyos = 140 mm		

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES



Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

Anexo K: Ensayo de compresión Muestra S1-A1



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE COMPRESIÓN		Denominación: RG-21-01	
N° 01			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERIA QUÍMICA APLICADA IPECH - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	PROBETAS DE SECCIÓN PRISMÁTICA		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D1621 - 10		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: MI	
MUESTRA N°	1	2	3
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - A1	S1 - A1	S1 - A1
CARACTERÍSTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA
ANCHURA A [mm]	11.10	10.90	10.40
ANCHURA B [mm]	10.50	11	10.7
ALTURA [mm]	30.4	30.7	30.7
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	116.55	119.90	111.28
CARGA MÁXIMA [N]	180.41	196.59	152.74
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.55	1.64	1.37
DEFORMACIÓN MÁXIMA [mm]	2.41	1.52	3.26
OBSERVACIONES:			



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Anexo L: Ensayo de compresión Muestra S1-A2



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE COMPRESIÓN		Denominación: RG-21-01	
N° 02			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	PROBETAS DE SECCIÓN PRISMÁTICA		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D1621 - 10		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	4	5	6
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - A2	S1 - A2	S1 - A2
CARACTERÍSTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA
ANCHURA A [mm]	9.80	10.90	10.90
ANCHURA B [mm]	11.00	10.9	11.1
ALTURA [mm]	30.8	30.9	30.9
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	107.80	118.81	120.99
CARGA MÁXIMA [N]	221.51	190.31	248.78
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	2.05	1.60	2.06
DEFORMACIÓN MÁXIMA [mm]	3.51	4.43	5.03
OBSERVACIONES:			

Aprobado por:


LenMav
 LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ríobamba - Ecuador
 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

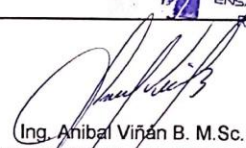
Anexo M: Ensayo de compresión Muestra S1-A3



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE COMPRESIÓN		Denominación: RG-21-01	
N° 03			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	PROBETAS DE SECCIÓN PRISMÁTICA		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D1621 - 10		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	7	8	9
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - A3	S1 - A3	S1 - A3
CARACTERÍSTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA
ANCHURA A [mm]	11.10	11.00	11.20
ANCHURA B [mm]	10.90	11.00	11.1
ALTURA [mm]	30.8	30.8	30.7
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	120.99	121.00	124.32
CARGA MÁXIMA [N]	446.65	406.33	421.83
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	3.69	3.36	3.39
DEFORMACIÓN MÁXIMA [mm]	1.51	1.49	1.34
OBSERVACIONES:			

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES


Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

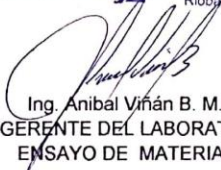
Anexo N: Ensayo de compresión Muestra S1-B1



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE COMPRESIÓN		Denominación: RG-21-01	
N° 04			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	PROBETAS DE SECCIÓN PRISMÁTICA		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D1621 - 10		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	10	11	12
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - B1	S1 - B1	S1 - B1
CARACTERÍSTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA
ANCHURA A [mm]	11.00	12.30	11.10
ANCHURA B [mm]	11.10	11.00	11
ALTURA [mm]	30.6	30.5	30.5
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	122.10	135.30	122.10
CARGA MÁXIMA [N]	167.55	184.72	189.14
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.37	1.36	1.55
DEFORMACIÓN MÁXIMA [mm]	2.88	2.81	4.08
OBSERVACIONES:			

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Anexo O: Ensayo de compresión Muestra S1-B2



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE COMPRESIÓN		Denominación: RG-21-01	
N° 05			
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRÍA DE INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	PROBETAS DE SECCIÓN PRISMÁTICA		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D1621 - 10		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B			
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD			
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	13	14	15
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - B2	S1 - B2	S1 - B2
CARACTERÍSTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA
ANCHURA A [mm]	10.90	11.10	10.90
ANCHURA B [mm]	11.00	11.00	11
ALTURA [mm]	30.4	30.8	30.6
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	119.90	122.10	119.90
CARGA MÁXIMA [N]	229.75	231.22	216.41
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.92	1.89	1.80
DEFORMACIÓN MÁXIMA [mm]	3.04	2.95	2.36
OBSERVACIONES:			

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Anexo P: Ensayo de compresión Muestra S1-B3



Ing. J. Anibal Viñán B. MSc.

INFORME DE RESULTADOS			
ENSAYO DE COMPRESIÓN		Denominación: RG-21-01	
		N° 06	
SOLICITADO POR:	Clara Isabel Ruiz Sánchez		
PROYECTO DE TESIS:	"SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADOS PARA LA ELABORACIÓN DE CUNETAS EN VÍAS DE SEGUNDO Y TERCER ORDEN DE LA PARROQUIA EL ROSARIO DEL CANTÓN GUANO"		
DIRECCION:	MAESTRIA DE INGENIERIA QUÍMICA APLICADA IPEC - ESPOCH		
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE ELASTÓMERO Y TEREFTALATO DE POLIETILENO		
MATERIAL:	PROBETAS DE SECCIÓN PRISMÁTICA		
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04		
NORMA UTILIZADA:	ASTM D1621 - 10		
FECHA DE ENSAYO:	14-may-21		
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B		
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD		
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650006	CÓD IDENT: M1	
MUESTRA N°	16	17	18
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	S1 - B3	S1 - B3	S1 - B3
CARACTERÍSTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA	PROB. PRISMÁTICA
ANCHURA A [mm]	11.10	11.00	11.20
ANCHURA B [mm]	11.10	11.00	11
ALTURA [mm]	30.7	30.6	30.7
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	123.21	121.00	123.20
CARGA MÁXIMA [N]	348.75	328.24	350.71
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	2.83	2.71	2.85
DEFORMACIÓN MÁXIMA [mm]	3.41	3.01	1.71
OBSERVACIONES:			



Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 01 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: Clara Isabel Ruiz Sánchez

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Instituto de Posgrado y Educación Continua

Título A Optar: Magíster en Ingeniería Química Aplicada

f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS
VARGAS
DN: cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS o=IEC
u=CHIMBORAZO
Motivo Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha: 2022.01.10
15:19:02.00



0129-DBRAI-UPT-IPEC-2021