



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MATERIAL RECICLADO Y REDUCCIÓN DEL AGRIETAMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS”:
UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA
2009 – 2019.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Civil

Autores:

Ferrer Esquivel Eloiza Vanessa
Soliz Díaz Sandra Eloisa

Asesor:

Ing. Alberto Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Con todo el amor y cariño a nuestros padres, por el apoyo incondicional, familiares y amigos que creyeron en la realización de la siguiente investigación.

AGRADECIMIENTO

Primero, agradecer a Dios por habernos dado la existencia, a nuestros padres por inculcarnos la capacidad de superación y por forjar las personas que ahora somos.

A nuestros maestros y amigos, por la enseñanza y motivación de nuestros sueños y las esperanzas en consolidar un mundo más justo y humano.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN.....	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS	11
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....	19
REFERENCIAS.....	21

ÍNDICE DE TABLAS

Haga clic o pulse aquí para escribir texto.

Tabla 1: Matriz de registro de artículos.....	11
<i>Tabla 2: Productividad atendiendo al tipo de documento</i>	13
Tabla 3:Productividad atendiendo al año de publicación del documento	13
Tabla 4:Productividad atendiendo a la revista de publicación del artículo ...	14
Tabla 5: Inducción de Categorías	14

RESUMEN

Los pavimentos rígidos se ejecutan a base de concreto, y debido a factores naturales este tiende a agrietarse, uno de los casos, es la retracción que sufre por pasar de un estado plástico a endurecido, también se pueden deber a factores como las cargas soportadas en estado endurecido, debido a esto, se han venido realizando diversas investigaciones con el fin de obtener mejores resultados en cuanto a su resistencia y disminución del agrietamiento del concreto. La situación actual en cuanto al medio ambiente entra a tallar en esta investigación, cuando en la búsqueda de soluciones ante dicha problemática se pretende utilizar materiales reciclables, aportando así a la disminución de la contaminación del medio ambiente que estos generan. Para el desarrollo de la siguiente revisión sistemática se revisó diversos artículos científicos de fuentes confiables, encontrando así, que existen materiales reciclables que dándoles uso ya sea como sustitución, adición y reforzamiento, de las materias primas utilizadas en la elaboración del concreto, pueden aportar a su resistencia y también evitar su agrietamiento.

PALABRAS CLAVES: Material reciclado, agrietamiento, contracción, pavimentos rígidos, concreto.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Debido a la alta demanda del concreto en la construcción, se ha ido realizando diversos estudios para poder mejorar sus propiedades a través de la adición de residuos sólidos no biodegradables, que han presentado un incremento considerable en las últimas décadas debido a la creciente fabricación de productos para satisfacer las nuevas demandas del mercado (Judson y Newton, 2014); produciendo impactos ambientales negativos, los cuales se busca mitigar dándoles un uso en la mejora de la rama de Ingeniería civil. El pavimento rígido está compuesto por concreto hidráulico que, como sabemos, cumple con las demandas necesarias para la construcción, pero no asegura la durabilidad de dicha estructura por diversos factores que se pueden presentar como la tendencia del concreto a agrietarse cuando su baja resistencia a la tensión es superada por los esfuerzos generados (Mendoza y Dávila, 2011).

Dentro de las principales fallas de un pavimento rígido está el agrietamiento en el concreto que suele presentarse mayormente en el proceso de retracción del concreto, este se da en estado plástico, pues al atravesar el concreto por el proceso de deshidratación, genera una pérdida de volumen, lo que origina la formación de grietas, las cuales se forman dentro de las primeras seis horas posteriores a la colocación del concreto, con lo cual la estructura se vuelve vulnerable a factores ambientales como la humedad, la erosión y la temperatura (Santos, 2013), pero también puede deberse a causas como el deterioro del concreto o la falta de acoplamiento entre el apoyo y la losa o la fragilidad del apoyo (Mendoza y Dávila, 2011). Para poder asegurar la durabilidad del pavimento del concreto se tiene que proveer de mayor espesor o dotar de mayor capacidad a dicha estructura; este tipo de pavimentación tiene una

alta demanda económica, por lo mismo que se debe priorizar la mejora de las propiedades de dicho concreto (Pablo, 2017).

Día tras día, se generan residuos de los distintos productos y artículos de consumo en el mundo, se reporta que cada habitante produce aproximadamente 1.43 kilos de residuos sólidos diariamente (Hernandez y Arias, 2017), lo que genera una acumulación de desechos en corto tiempo, que terminan en los rellenos sanitarios o en depósitos a cielo abierto. En el ámbito industrial, también se generan residuos y en mayor cantidad, generando así una vasta acumulación de desechos en el mundo. Muchos de estos materiales pueden ser reciclados y reutilizados, aportando no solo así a la búsqueda de alternativas sostenibles en ayuda del medio ambiente, sino también a la optimización de gastos en un proyecto, ya que los recursos reciclables están al fácil alcance de todos (Gozales y Gomez, 2017).

Dentro de las principales fallas de un pavimento rígido está el agrietamiento en el concreto (Santos, 2013) y para poder asegurar la durabilidad del pavimento del concreto se tiene que proveer de mayor espesor o dotar de mayor capacidad a dicha estructura; este tipo de pavimentación tiene una alta demanda económica, por lo mismo que se debe priorizar la mejora de las propiedades de dicho concreto (Pablo, 2017). Para solución de dicho problema podemos analizar diversos materiales de desecho que pueden ser reciclados y reutilizados, aportando no solo así a la búsqueda de alternativas sostenibles en ayuda del medio ambiente, sino también a la optimización de gastos (Gozales y Gomez, 2017).

El agrietamiento del concreto en pavimentos representa un grave problema en la sociedad, por lo que se busca mejorar las propiedades mecánicas del concreto con el fin de evitar dichas fallas, adicionando materiales reciclables, analizando su viabilidad y comportamiento como alternativa de solución ante este problema; buscando obtener una

buena compatibilidad entre elementos sintéticos y naturales, aportando así al avance del nivel constructivo.

Partiendo del problema y luego de plantear una alternativa de solución nos preguntamos: ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE UTILIZAR MATERIAL RECICLADO EN LA REDUCCIÓN DEL AGRIETAMIENTO EN PAVIMENTOS RÍGIDO, ENTRE 2009 - 2019? Con esto se pretende analizar la información que tenemos al alcance, para hallar la viabilidad de la utilización de materiales reciclados en la reducción del agrietamiento en pavimentos rígidos y así aportar al desarrollo de alternativas de mejora en el ámbito de la Ingeniería Civil.

Actualmente los problemas de agrietamiento en algunos lugares donde se tiene pavimento rígido son severos, es por eso que se exigen desarrollar nuevas tecnologías o soluciones ante esto y si con ellos se logra también una reducción de los costos, podría tener un mejor impacto. A través de este proyecto de investigación se desea mejorar el comportamiento mecánico de los pavimentos de concreto, así como contribuir con el medio ambiente a través de la utilización de productos obtenidos a partir del reciclaje.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Partiendo de la pregunta de interés formulada se realizó una revisión sistemática de estudios científicos con ciertos criterios de inclusión, evaluación de calidad, y la extracción y síntesis de información. La pregunta planteada es ¿Cuáles son los beneficios de utilizar material reciclado en la reducción del agrietamiento en pavimentos rígidos entre 2009 – 2019? En el proceso de búsqueda se tomó como principal criterio que los artículos tengan una estructura IMRD para poder contar con la información necesaria para la matriz de base de datos, también se tomó en cuenta la fecha de publicación de dicha información, ya que se está realizando una revisión sistemática de los últimos 10 años. Se encontraron en total 38 artículos relacionados con el tema de estudio, donde se descartaron algunos por la falta de confiabilidad de las fuentes y bases de datos de donde se obtuvo la información, seleccionando así un total de 23 artículos científicos

Las fuentes que se utilizaron para la revisión sistemática se eligieron por ser bases de datos con gran contenido de artículos de investigación con alusión al tema previamente seleccionado, las cuales fueron: GOOGLE ACADÉMICO, donde se pudo obtener 7 artículos científicos relacionados al tema propuesto; PROQUEST donde se seleccionaron 12 artículos; Y SCIELO, de donde se obtuvo 4 artículos para el desarrollo de la pregunta en cuestión.

Las palabras o términos que sirvieron para obtener información de trabajos de investigación relacionados al tema fueron en español, portugués e inglés, esto debido a que se encuentra bastante información sobre el tema no solo en español, sino también en dichos idiomas.

De un total de 23 Artículos científicos se descartó 3 por no responder a la pregunta en cuestión y no contener ambas variables y el rubro con el que se va a trabajar. Se realizaron algunos prototipos de ecuaciones de búsqueda, agregando términos y configurando algunos operadores, con la finalidad de conseguir valiosa información con estrecha relación al tema de investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Una vez seleccionados los 20 artículos de investigación que contaban con la información necesaria para el desarrollo de la investigación, se procedió a registrar los datos principales en la matriz de base de datos, para mayor organización y una facilitación de obtención del contenido de cada uno de las investigaciones.

Tabla 1: Matriz de registro de artículos

N°	Base de datos	Autor / Autores	Año	Título de artículo de investigación
1	Engineering Source	Rostislav Drochytka, Matej Leddl, Jiri Bydzovsky, Nikol Zizkova y Johannes Bester	2019	Uso de cristalización secundaria y las cenizas en materiales impermeabilizantes para aumentar la resistencia de hormigón para gases y líquidos agresivos
2	ProQuest	Nelson Ricardo Pérez, Camargo Sandoval y Carlos Hernando Higuera	2017	Concreto hidráulico modificado con sílice obtenido de la cascarilla de arroz.
3	ProQuest	Sergio Márquez Domínguez, Edgar Mejía Sánchez, Jesús Antonio Arenzano, Gerson Omar Martínez Guevara y Dante Tolentino	2018	Perfiles de PET ligeramente pretensados como fibras de refuerzo en elementos estructurales de concreto
4	ProQuest	Fabio Castro Guzmán y Luis Rodríguez Patiño	2019	Evaluación del comportamiento de concreto hidráulico con adición de fibras de PET
5	ProQuest	Karen Viviana Hernandez Fabara, Carlos Alberto Arias Flórez, Hanny Juliet Reyes Callejas y Paola Cristina Daza Cajas.	2017	Aprovechamiento de subproductos de origen carbonatado en la industria del cemento y el concreto: Una revisión para evaluar su aplicación en el departamento del Huila
6	ProQuest	Eduardo Jaramillo Botero, Liliana Ossa y Miguel Romo	2014	Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas

7	ProQuest	Rodrigo André Klamt, Priscilla Fontoura Rodrigues, Jaelson Budny y Fladimir Dos Santos Fernandes.	2018	Estudio sobre el uso del reciclaje de concreto de asfalto como capa de suelo
8	ProQuest	Sergio Márquez Domínguez, Edgar Mejía Sánchez, Jesus Arenzano Altaif, Gerson Omar Martínez y Tolentino Guevara Dante.	2018	Perfiles PET pretensados suaves como fibras de refuerzo en elementos estructurales de hormigón
9	ProQuest	Andrés, Mafla B	2009	Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción
10	ProQuest	Natalia Molina Fuentes, Oscar Iván Tarifa Fragozo y Lissette Mendoza Vizcaino.	2015	Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto estructural
11	ProQuest	Yee Wan Yung Vargas, Jorge Eliécer Cordoba Maquilón y Hugo Alexander Rondón Quintana.	2016	Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR)
12	ProQuest	Ricardo Cruz Hernández, Carlos Pico Cortés, y Ludwing Pérez Bustos.	2015	Durabilidad y acústica del concreto con escoria de cubilote como reemplazo del agregado fino
13	ProQuest	Andrés David Ortega Sánchez y Harveth Gil	2019	Estudio del comportamiento mecánico de morteros modificados con fibras de aserrín bajo esfuerzos de compresión
14	ProQuest	Laura Victoria Gonzales Peñaranda, Sandra Patricia Gomez Montenegro y Paula Andrea Abad Giraldo.	2017	Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia
15	ProQuest	José Eduardo Gonçalves, Rebeca Paixão Manesco; Ricardo Ribeiro Judson da Silva, Cesar Feltrim Newton Aquotti y Paulo Da Silva Sérgio	2014	Caracterización física y mecánica de ladrillos de cemento de suelo con incorporación de residuos varios
16	Redalyc	Eduardo Botero Jaramillo, Liliana Muñoz, Alexandra Ossa y Miguel Romo	2014	Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas
17	Researchgate	Raymundo Silva Herrera Gil y Humberto Ochoa Gonzales	2018	Integración de PET reciclado a flexión en un elemento constructivo de concreto

18	SCielo	Carlos Javier Mendoza, Carlos Aire y Paula Dávila	2011	Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido
19	SCielo	A. Oliveira	2009	Evaluación de concreto de cemento Portland que contiene desechos de PET
20	SCielo	Carlos Bedoya y Luis Dzul	2015	El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana

Nota :Lista de 20 artículos seleccionados de las bases de datos PROQUEST, SCIELO y GOOGLEACADÉMICO. Los criterios que se consideran en la tabla son: n° (orden), año de publicación y nombre de artículo. Estos artículos permitirán analizar la viabilidad de la utilización de materiales reciclados en la reducción del agrietamiento en pavimentos rígidos.

Tabla 2: Productividad atendiendo al tipo de documento

Tipo de documento	F	%
Artículos científicos	14	70%
Artículos de revisión	6	30%
TOTAL	20	100

Nota : Lista de 20 artículos seleccionados de las bases de datos

Tabla 3:Productividad atendiendo al año de publicación del documento

Año de publicación	F	%
2009	2	10%
2011	1	5%
2014	3	15%
2015	3	15%
2016	1	5%
2017	3	15%
2018	4	20%
2019	3	15%
TOTAL	20	100%

Nota : Lista de 20 artículos seleccionados de las bases de datos

Tabla 4: Productividad atendiendo a la revista de publicación del artículo

Revista de Publicación del artículo	F	%
Engineering Source	1	5%
ProQuest	14	70%
Redalyc	1	5%
Researchgate	1	5%
SCielo	3	15%
TOTAL	20	100%

Nota: Lista de 20 artículos seleccionados de las bases de datos

Tabla 5: Inducción de Categorías

Categorías	Aportes
	<p>La construcción ecológica es la oportunidad de reutilizar productos tóxicos, desarrollando nuevas técnicas de construcción de tal manera que los productos contaminantes se pueden integrar en las construcciones, incluso pueden mejorar los procesos de construcción y contribuir a las propiedades mecánicas de la estructura. (Márquez et al., 2018).</p> <p>El uso a gran escala de importantes cantidades de envases de PET, es una alternativa que contribuye a crear conciencia de su reuso y la necesidad de la existencia de canales adecuados de recolección de material para reciclar. (Jaramillo et al., 2014).</p>
APORTES A LA REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	<p>Se emplean residuos del arroz como aditivos en la elaboración de bloques de concreto no estructural; lo que permite disminuir el alto consumo energético y emisiones de gases producto de su elaboración. (Gonzales, Gomez y Abad, 2017).</p> <p>La aplicación de residuos sólidos como ceniza de bagazo de caña de azúcar y aserrín, en la producción de ladrillos presentan una alternativa viable e integra en los beneficios de la producción de ladrillo con la reducción de los insumos sólidos con alto impacto ambiental debido a la cantidad grande generada y la falta de disposición apropiada. (Gonçalves et al., 2017).</p> <p>Las mezclas confeccionadas con agregados reciclados presentan un costo muy parecido a la mezcla de referencia, dado que si bien consumen más cemento, el costo del agregado reciclado es menor que el natural. En tal caso se recomienda invertir el ahorro generado en un aumento de cemento en la mezcla, para incrementar la resistencia al esfuerzo de la compresión y la durabilidad. (Bedoya y Dzul, 2015).</p>

ALTERNATIVAS DE
SUSTITUCIÓN DEL
CEMENTO POR
MATERIALES
RECICLADOS

La sustitución del cemento por adiciones minerales inertes como calizas, o adiciones químicamente activas, tales como puzolanas (humo de sílice, ceniza volante, ceniza de cascarilla de arroz) pueden presentar buenas características en función de la calidad y cantidad de la adición. Ventajas técnicas tales como menor demanda de agua, ahorro de energía, menor porosidad capilar y buen comportamiento frente a medios agresivos. (Hernández, Arias y Reyes, 2017).

Hay factibilidad técnica de utilizar la ceniza de la cascarilla del arroz como reemplazo de cemento en la producción de concreto hidráulico para pavimento rígido, con una sustitución del 5% ya que presenta un comportamiento mecánico superior a las muestras patrón en los ensayos de resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión. (Perez et al. 2017).

La incorporación de la ceniza del bagazo de caña de azúcar y aserrín en el ladrillo de suelo-cemento, asociado a la disminución de porcentaje de cemento en la mezcla, mostró que la resistencia de los materiales producidos es de más de 2 MPa y la absorción de agua por debajo del valor máximo de 20% recomendado por la norma. Así, por consideraciones tanto económicas como ambientales los ladrillos de suelo-cemento reciclado pueden fabricarse y aplicarse en la construcción civil sin función estructural. (Gonçalves et al., 2017).

Es viable utilizar los materiales cenizas de termoeléctrica y cenizas de cascarilla de arroz como aglomerante puzolánico desde el punto de vista mecánico, para sustituir parcialmente el cemento Portland, ya que presenta valores cercanos y hasta mayores en la mayoría de los casos en relación con el bloque patrón. (Molina, Tarifa y Mendoza, 2015).

COMPORTAMIENTO
DEL CONCRETO
CON ADICIONES DE
MATERIAL
RECICLADO

La ceniza de la cascarilla del arroz es un material puzolánico y altamente reactivo, que al mezclarse con el cemento afectan las reacciones químicas en la fase de hidratación mejorando la resistencia del concreto. (Pérez, Camargo y Sandoval, 2017).

Los bloques construidos a base de ceniza de cascarilla de arroz no cumplen con la norma; sin embargo, pueden ser empleados en construcciones livianas, ya que presentan un comportamiento aceptable en cuanto a resistencia, compresión y tensión. (Gonzales, Gomez y Abad, 2017).

Los agregados obtenidos del reciclaje de escombros, pueden emplearse como materias primas en un nuevo material para la construcción como el concreto; es factible confeccionar concretos de uso estructural, ya que la mezcla con sustituciones del 25 % se mantiene prácticamente igual en su resistencia, porosidad y costos. (Bedoya y Dzul, 2015).

La adición de fibras PET en el concreto, no modifica en forma significativa la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson y la deformación unitaria a la falla por compresión. La resistencia a tensión por flexión se modifica, aunque la tendencia no queda definida totalmente ya que en algunos casos la incrementa y en otros la reduce. (Mendoza, Aire y Davila, 2011).

EN PAVIMENTOS RÍGIDOS":

Los bloques ecológicos diseñados con cenizas industriales de las centrales térmicas están por encima del patrón en lo que respecta a resistencia a la compresión, lo que indica que es factible reutilizar estos materiales para la elaboración de bloques de concreto no estructurado, otorgando solución a los problemas ambientales generados por estos residuos. (Molina, Tarifa y Mendoza, 2015).

La fibra de aserrín en los morteros mejora el comportamiento posfalla de los compuestos gracias a su morfología fibrosa, estos morteros al ser fallados a compresión conservaron su núcleo. (Ortega y Harveth, 2019).

La condición de 3% de fibra de aserrín permite una mejora en la ductilidad de los morteros, lo que se observa en los resultados de su resistencia a la compresión y su módulo de elasticidad. (Ortega y Harveth, 2019).

Los envases de PET representan una alternativa potencial para su uso como material de reemplazo, aligeramiento y nivelación en áreas extensas que vayan a ser utilizadas para construcciones livianas. Su resistencia química ante la acción de agentes externos promedio, hacen que su durabilidad supere en gran medida la vida útil de la vivienda que se construya sobre ellos. (Jaramillo et al., 2014).

En la actualidad se elabora concreto con agregado de caucho para pavimento en carreteras, pero no para darle una utilidad estructural, es decir no es útil para la parte estructural de una vivienda o un edificio. (Villahermosa, 2015).

REFORZAMIENTO
EN SUELOS Y
PAVIMENTOS A
BASE DE MATERIAL
RECICLADO

El uso de material molido de pavimentos de asfalto en capas base de pavimentos minimiza el uso de recursos naturales, además de evitar la disposición inapropiada de las fresadoras, así como la sílice de cáscara de arroz y las cenizas volantes, materiales que causan impactos negativos en el medio ambiente. (Klamt et al., 2018).

La adición de 5% de cemento y 5% de sílice de la cáscara de arroz en capas base de pavimentos aumentó la resistencia a la tracción por compresión diametral. Su aplicación más indicada sería en lugares donde hay un aumento de la capa freática o fuertes lluvias, combinado con un drenaje ineficiente. (Klamt et al., 2018).

La mezcla para pavimentos que tuvo la mejor respuesta a las adiciones químicas con mayor resistencia fue la mezcla que tiene 80% de material molido, 20% de polvo de piedra, 5% de sílice de la cáscara de arroz y 5% de cemento. (Klamt et al., 2018).

Debido a la demanda de ciertos productos, materiales o elementos de la población, es que se generan desechos que terminan yendo al vertedero, generando impactos negativos en el medio ambiente. Diversos autores han realizado investigaciones sobre el uso de diferentes materiales reciclados en el ámbito de la ingeniería civil, con el fin de crear una construcción ecológica de tal manera que se pueda disminuir el nivel de contaminación ambiental. Según los estudios revisados se pueden utilizar productos tóxicos como desechos de la minería; material PET, encontrado en el plástico, que por cierto es un material muy utilizado a diario alrededor del mundo, generando residuos y contaminación en gran cantidad, así también, se pueden utilizar desechos como la cascarilla de arroz, aserrín y bagazo de caña de azúcar. Luego de profundas investigaciones se evidenció su eficiencia en la construcción, generando de una manera u otra también, disminución de los costos y, por ende, ahorro.

El cemento es uno de los elementos principales para la elaboración del concreto, pero sus materias primas y su método de fabricación pueden llegar a ser muy dañinos para el medio ambiente, otra desventaja del cemento es que puede llegar a ser muy costosos, por lo que a través de investigaciones se ha buscado su reemplazo con diversos materiales de bajo costo, que se puedan obtener fácilmente y que su uso aporte a la disminución de la contaminación ambiental. En las investigaciones se puede ver el uso de materiales calizas, puzolanas, tales como humo de sílice, ceniza volante, ceniza de cascarilla de arroz, ceniza de bagadazo de caña de azúcar, ceniza de termoeléctricas; y aserrín. Encontrando viabilidad en la utilización de dichos materiales como sustitución del cemento, ya que traen ventajas técnicas como menor demanda de agua, ahorro de energía, menor porosidad capilar y buen comportamiento frente a medios agresivo, en su utilización se puede observar un comportamiento igual o hasta superior a las muestras patrón del concreto convencional.

Como aporte a la disminución de la contaminación ambiental se ha planteado el uso de adiciones de materiales reciclables en la elaboración del concreto y análisis del comportamiento de este, sometiéndolo a pruebas y ensayos, que garanticen un comportamiento aceptable y sea de uso adecuado en el ámbito de la ingeniería civil. Se realizaron investigaciones experimentales sobre el uso de cenizas y fibras de aserrín, observando una mejora de la resistencia del concreto cumpliendo con las Normas constructivas, así mismo, se estudió la utilización de material reciclado de escombros para fabricar nuevo material constructivo. También se analizó el comportamiento de la adición de fibras PET, encontrando que se puede incrementar su resistencia, disminuyendo su deformación.

El suelo ya sea para la construcción de viviendas, edificios o carreteras, necesita ser lo suficientemente resistente para evitar hundimientos y deformaciones, como aporte se han realizado diferentes estudios para el reforzamiento en suelos y pavimentos a base de materiales reciclados, estableciendo un control de calidad adecuado para su correcto funcionamiento. Dentro de las investigaciones tenemos el uso de material PET como reemplazo, aligeramiento y nivelación de terreno. En cuanto al reforzamiento en material para pavimentos observamos que se puede utilizar agregado de caucho, sílice de cascarilla de arroz y hasta material molido de pavimentos de asfalto, aumentando su resistencia, lo cual se recomienda utilizar en lugares con aumento de la capa freática, fuertes lluvias y drenaje ineficiente.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

La revisión de la literatura permitió analizar los efectos que causa en el concreto la utilización de diferentes materiales reciclados como material PET, fibra de aserrín, cáscara de arroz, material molido de pavimentos, cenizas industriales, caucho, ceniza del bagazo de caña de azúcar, los cuales a partir del análisis de resultados obtenidos en pruebas y ensayos se observa que se puede obtener una resistencia similar e incluso mayor a los patrones, cumpliendo con la normativa, lo que quiere decir que se puede utilizar estos diferentes materiales en el ámbito de la construcción ya sea como sustitución, adición y reforzamiento, de las materias primas utilizadas en la elaboración del concreto, aportando así a su resistencia y a la disminución de su agrietamiento. Por lo que se concluye que es una alternativa viable en la construcción de pavimentos rígidos ya que también se aportaría a la reducción de la contaminación del medio ambiente.

Una limitación para la elaboración de la siguiente revisión sistemática es la fidelidad y veracidad de los datos obtenidos en las pruebas y ensayos realizados en cada una de las investigaciones.

Otra limitación la constituye la cantidad de estudios analizados, ya que por la amplitud del tema se necesita tener mayor información, por lo que no es oportuno generalizar los resultados obtenidos.

Se recomienda analizar el porcentaje de las adiciones o el reemplazo de dichos materiales, ya que influye en el comportamiento mecánico del concreto y este tiene que tener las cantidades exactas con el fin de cumplir con la normativa y los patrones mínimos.

De igual manera, se recomienda no utilizar materiales reciclados con fines estructurales sin antes haber hecho un estudio experimental previo de la eficacia de su uso, ya que se pudo observar que algunos materiales disminuyen su resistencia.

REFERENCIAS

- Andrés, M.,B. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. *Revista Inventum*, 4(6), 74-78.
doi:<http://dx.doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.4.6.2009.74-78>
- Bedoya, Carlos, & Dzul, Luis. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. *Revista ingeniería de construcción*, 30(2), 99-108. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732015000200002>
- Castro, F. & Rodriguez, L. (2019). Evaluación del comportamiento de concreto hidráulico con adición de fibras de PET.Re-Pilo Unipiloto. [do:http://35.227.45.16/bitstream/handle/20.500.12277/6476/MONOGRAFIA%20FINAL.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://35.227.45.16/bitstream/handle/20.500.12277/6476/MONOGRAFIA%20FINAL.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Cruz Hernández, R. A., Pico Cortés, C. M., & Ludwing Pérez Bustos. (2015). Durabilidad y acústica del concreto con escoria de cubilote como reemplazo del agregado fino. *Tecnura*, 19(43), 37-45.
doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.1.a02>
- Drochytka, R., Ledl, M., Bydzovsky, J., Zizkova, N., & Bester, J. (2019). Use of Secondary Crystallization and Fly Ash in Waterproofing Materials to Increase Concrete Resistance to Aggressive Gases and Liquids. *Advances in Civil Engineering*, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2019/7530325>
- Gonçalves, J. E., Paixão, R. M., Judson Ricardo Ribeiro, d. S., Newton Cesar, F. A., da Silva, P. S., Maria de los Angeles,Perez Lizama, . . . Armando Alberto de, M. F. (2017). CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DIVERSOS. *Informe GEPEC*, 21(2), 182-196. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/2016451172?accountid=36937>
- Gonzalez, L. V. P., Gómez, S.,Patricia Montenegro, & Abad, P. A. G. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en colombia. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 141-150. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1963138129?accountid=36937>
- Hernández, K.,Viviana Fabara, Arias, C. A. F., Reyes, H. J. C., & Daza, P. C. C. (2017). Aprovechamiento de subproductos de origen carbonatado en la industria del cemento y el concreto: Una revisión para evaluar su aplicación en el departamento del huila. *Informador Técnico*, 81(2), 151-159.
doi:<http://dx.doi.org/10.23850/22565035.880>

- Herrera, R. S., & González, G. H. O. (2019). Integración de PET reciclado a flexión en un elemento constructivo de concreto. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (6), 99-117.
- Jaramillo, E. B., Muñoz, L., Ossa, A., & Romo, M. P. (2014). Comportamiento mecánico del polietileno tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas/Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET) and geotechnical applications. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (70), 207-219. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1612545704?accountid=36937>
- Jaramillo, E. B., Muñoz, L., Ossa, A., & Romo, M. P. (2014). Comportamiento mecánico del polietileno tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas/Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET) and geotechnical applications. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (70), 207-219. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1612545704?accountid=36937>
- Klamt, R. A., Fontoura, P. R., Budny, J., & dos Santos, F. F. (2018). ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA RECICLAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO COMO CAMADA DE PAVIMENTO. *Revista De Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 7(3), 539-553. doi:<http://dx.doi.org/10.5585/geas.v7i3.782>
- Márquez-Domínguez, S., Mejía-Sánchez, E., Arenzano-Altaif, J., Gerson Omar Martínez-Guevara, & Tolentino, D. (2018). Soft pre-stressed PET profiles as reinforcing fibers in structural elements made of concrete. *Dyna*, 85(206), 162-170. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n206.71805>
- Márquez-Domínguez, S., Mejía-Sánchez, E., Arenzano-Altaif, J., Gerson Omar Martínez-Guevara, & Tolentino, D. (2018). Soft pre-stressed PET profiles as reinforcing fibers in structural elements made of concrete. *Dyna*, 85(206), 162-170. doi:<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v85n206.71805>
- Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 2(2), 35-47
- Modro, N., Modro, N., & Oliveira, A. P. N. (2009). Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 14(1), 725-736
- Molina, N. F., Tarifa, O. I. F., & Mendoza, L. V. (2015). RESIDUOS AGROINDUSTRIALES COMO ADICIONES EN LA ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO NO ESTRUCTURAL/AGRO-INDUSTRIAL WASTE AS ADDITIONS IN DEVELOPMENT OF CONCRETE BLOCKS NO STRUCTURAL: SCIENCE AND ENGINEERING NEOGRANADINA SCIENCE AND ENGINEERING NEOGRANADINA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 99-116. doi:<http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1434>

- Ortega, A. D., & Gil, H. (2019). Estudio del comportamiento mecánico de morteros modificados con fibras de aserrín bajo esfuerzos de compresión. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 20-35. doi:<http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.1.620>
- Pérez, N., Ricardo Camargo, & Sandoval, C. H. H. (2017). CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON SÍLICE OBTENIDA DE LA CASCARILLA DEL ARROZ/CONCRETE HYDRAULIC MODIFIED WITH SILICA OBTAINED OF THE RICE HUSK: SCIENCE AND ENGINEERING NEOGRANADINA SCIENCE AND ENGINEERING NEOGRANADINA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(1), 91-109. doi:<http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1907>
- Yee Wan, Y. V., Jorge Eliécer Cordoba Maquilón, & Hugo Alexánder Rondón Quintana. (2016). Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR). *Tecnura*, 20(50), 106-118. doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a08>
- Villahermosa, Y. (2015) Investigadora analiza uso de caucho triturado en construcción. *Notimex* Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1652185605?accountid=36937>
- Klamt, R. A., Fontoura, P. R., Budny, J., & dos Santos, F. F. (2018). ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA RECICLAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO COMO CAMADA DE PAVIMENTO. *Revista De Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 7(3), 539-553. doi:<http://dx.doi.org/10.5585/geas.v7i3.782>