	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1 (1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Jesús Duby Carrillo Páez Wilfrido Peña Montejo		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Civil		
DIRECTOR	Haidee Yulady Jaramillo		
TÍTULO DE LA TESIS	Comportamiento físico-mecánico de los bloques de concreto con reemplazo del 15% y 25% de neopreno triturado en el agregado fino de acuerdo a la NTC 4076.		
TITULO EN INGLES	Physical-mechanical behavior of concrete blocks with 15% and 25% replacement of crushed neoprene in the fine aggregate according to NTC 4076.		
RESUMEN			
El análisis de los bloques de concreto con adición de neopreno triturado place las iniciativas de analizar el comportamiento físico mecánico que estos presentan en dosificaciones del 15% y 25%, la relación con la resistencia a la compresión, costos y comportamiento a nivel microscópico, todo lo anterior bajo la norma NTC 4076, y en miras a disminuir el impacto ambiental mediante el reciclaje y uso de este material.			
RESUMEN EN INGLES			
The analysis of the concrete blocks with the addition of crushed neoprene is based on the initiatives of analyzing the physical-mechanical behavior of these blocks in dosages of 15% and 25%, the relationship with the compressive strength, costs and behavior at a microscopic level, all under the NTC 4076 standard, and in order to reduce the environmental impact through the recycling and use of this material.			
PALABRAS CLAVES	Bloques de concreto, ensayos físicos mecánicos, neopreno, análisis de microscopia, desecho de llantas, impacto ambiental.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Concrete blocks, physical-mechanical testing, neoprene, microscopy analysis, scrap tires, environmental impact.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 93	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 42	CD-ROM: 0



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
 atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

Comportamiento físico-mecánico de los bloques de concreto con reemplazo del 15% y 25% de neopreno triturado en el agregado fino de acuerdo a la NTC 4076

Jesús Duby Carrillo Páez

Wilfrido Peña Montejo

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Ingeniería civil

Mag. Haidee Yulady Jaramillo

22 de Marzo del 2022

Índice

1. Comportamiento físico-mecánico de los bloques de concreto con reemplazo del 15% y 25% de neopreno triturado en el agregado fino de acuerdo a la NTC 4076	8
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2 Formulación del problema.....	11
1.3 Objetivos.....	11
1.3.1 Objetivo general	11
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificación.....	12
1.5 Delimitaciones.....	17
1.5.1 Delimitación operativa	17
1.5.2 Delimitación conceptual.....	18
1.5.3 Delimitación geográfica	18
1.5.4 Delimitación temporal	19
2. Marco referencial.....	20
2.1 Marco histórico.....	20
2.2 Marco conceptual	21
2.2.1 Concreto	21
2.2.2 Agregados.....	21
2.2.3 Resistencia a la compresión.....	22
2.2.4 Resistencia a la tracción	22
2.2.5 Retracción de fraguado.....	22
2.2.6 Modulo de elasticidad.....	23
2.2.7 Ensayo de asentamiento del concreto (slump)	23
2.2.8 Resistencia a la abrasión.....	23
2.2.9 Dureza.....	23
2.2.10 Tenacidad	24
2.2.11 Ductilidad	24
2.2.12 Peso específico del concreto.....	24
2.2.13 Durabilidad del concreto	24
2.2.14 Neopreno	25
2.3 Marco teórico.....	25

2.3.1 El concreto.....	25
2.3.2 Bloques de concreto	26
2.3.3 Utilización de bloques en los diversos tipos de mampostería	26
2.3.4 Los agregados y su clasificación	27
2.3.5 Materiales usados en la elaboración de bloques de concreto	28
2.3.6 Cauchos	29
2.3.7 El Caucho natural	30
2.3.8 Principales ensayos en el concreto	31
2.3.9 Ensayo de microscopia de barrido en materiales	32
2.4 Marco legal.....	32
3. Diseño metodológico.....	35
3.1 Tipo de investigación	35
3.2 Población y muestra	35
3.3 Recolección de la información	36
3.4 Análisis y procesamiento de datos	37
4. Administración del proyecto	39
4.1 Recursos humanos.....	39
4.2 Recursos institucionales	39
4.3 Recursos financieros.....	39
4.4 Cronograma de actividades	40
5. Resultados.....	41
5.1 Determinar el diseño de mezcla para la realización de bloques de concreto con porcentajes de neopreno del 15% y 25% en reemplazo del agregado fino, con medidas: ancho de 10 cm, alto 20 cm y largo 40cm (10x20x40)	41
5.2 Evaluar los ensayos físicos mecánicos de flexo-compresión realizados a los bloques fabricados con neopreno triturado en dosificaciones del 15% y 25%, el cual reemplaza el agregado fino en la mezcla	50
5.3 Identificar los costos de producción de un bloque con incorporación de neopreno vs los costos de un bloque de concreto tradicional.....	66
5.4 Realizar análisis de microscopía de la mezcla que tendrá el bloque con neopreno para determinar las características internas de las partículas.....	71
6. Conclusiones.....	82
7. Referencias	84

Lista de Figuras

Figura 1. Análisis granulométrico para el agregado fino usado en la mezcla	42
Figura 2. Valores de los límites líquido y plástico del agregado fino.....	42
Figura 3. Valores de la gravedad específica para el material en estudio	43
Figura 4. Ensayo de masa unitaria compacta del agregado fino	43
Figura 5. Procedimiento de mezclado de concreto, sin inclusión de neopreno triturado.	45
Figura 6. Molde industrial de compactación manual.....	45
Figura 7. Prensa utilizada para realizar las perforaciones a los bloques de concreto.	46
Figura 8. Bloque de concreto terminado, sin inclusión de neopreno triturado.....	46
Figura 9. Grupo de 9 especímenes de bloques correspondientes al diseño de mezclas 1:4.	48
Figura 10. Peso de la muestra 1 dosificación 1:4.5 ensayada a los 28 días, sin inclusión de neopreno triturado.....	48
Figura 11. Bloque ensayado a los 28 días con dosificación 1:4.5, sin inclusión de neopreno triturado.....	49
Figura 12. Resistencia a la compresión de la muestra 1 dosificación 1:4.5 ensayada a los 28 días, sin inclusión de neopreno triturado.	49
Figura 13. Mezclado manual del agregado con el neopreno triturado.....	51
Figura 14. Muestra del caucho triturado utilizado para la fabricación de los bloques de concreto.....	52
Figura 15. Primer molde utilizado para la fabricación de bloques de concreto, de procedencia artesanal.....	53
Figura 16. Vista superior del primer molde utilizado para la fabricación de bloques de concreto, de procedencia artesanal.	54
Figura 17. Intento fallido de fabricación de bloque con molde artesanal.....	54
Figura 18. Molde industrial de compactación manual elegido para la fabricación de los especímenes a fallar de concreto y neopreno triturado.....	55
Figura 19. Lote de muestras junto al molde industrial de compactación manual.....	55
Figura 20. Peso de la muestra 2 con 15% de caucho triturado, a ensayar a los 28 días. ..	56

Figura 21. Muestra 2 con 15% de caucho triturado, en ensayo de compresión a los 28 días.....	57
Figura 22. Valor de la resistencia en MPa de la muestra 2 con 15% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.....	57
Figura 23. Morfología de falla a flexión de la muestra 2 con 15% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.....	57
Figura 24. Peso de la muestra 1 con 25% de caucho triturado, a ensayar a los 28 días. ..	58
Figura 25. Valor de la resistencia en MPa de la muestra 1 con 25% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.....	59
Figura 26. Morfología de falla a flexión de la muestra 1 con 25% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.....	59
Figura 27. Prueba de resistencia para el bloque común, sin caucho triturado.....	64
Figura 28. Ensayo de resistencia para el bloque con inclusión del 15% caucho triturado.....	65
Figura 29. Ensayo de resistencia para el bloque con inclusión del 25% de caucho triturado.....	65
Figura 30. Inspección visual de la muestra del material creado a partir de la inclusión de neopreno triturado en bloques de concreto, instalada en el soporte para su posterior uso en el microscopio.....	72
Figura 31. Preparación de la muestra antes de ser instalada en la columna de vacío.....	73
Figura 32. Muestra fijada al soporte con pegantes especiales en carbono.....	74
Figura 33. Muestra en la columna de vacío en preparación para la interacción provocada por la diferencia de potencial.....	74
Figura 34. Muestra de concreto con inclusión de neopreno triturado en interacción con el haz de electrones.....	75
Figura 35. Estado final de la muestra luego de realizar el Análisis de Microscopía SEM.....	76
Figura 36. Morfología superficial de la muestra en la Toma 1 con Scanning Electron Microscope SEM.....	77

Figura 37. Morfología superficial de la muestra en la Toma 1, zoom 100x con Scanning Electron Microscope SEM.....	78
Figura 38. Morfología superficial de la muestra en la Toma 1, zoom 410x con Scanning Electron Microscope SEM.....	78
Figura 39. Morfología superficial de la muestra en la Toma 1, zoom 410x con Scanning Electron Microscope SEM.....	79
Figura 40. Morfología superficial de la muestra en la Toma 2 con Scanning Electron Microscope SEM.	79
Figura 41. Morfología superficial de la muestra en la Toma 2, zoom 360x con Scanning Electron Microscope SEM.....	80
Figura 42. Morfología superficial de la muestra en la Toma 3 con Scanning Electron Microscope SEM.	80

Lista de Tablas

Tabla 1. Recursos financieros para la ejecución del proyecto	39
Tabla 2. Cronograma de actividades.....	40
Tabla 3. Resultado de los ensayos realizados a los bloques comunes.	60
Tabla 4. Resultado de los ensayos realizados a los bloques con inclusión de caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 7 días después del vaciado del concreto.....	61
Tabla 5. Resultado de los ensayos realizados a los bloques con inclusión de caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 14 días después del vaciado de concreto.....	61
Tabla 6. Resultado de los ensayos realizados a los bloques con inclusión de caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 28 días después del vaciado de concreto.....	62
Tabla 7. Resistencia promedio para el bloque común y los que incorporan caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 7, 14 y 28 días	62
Tabla 8. Porcentajes que cumplen con la resistencia mínima establecida por la NTC vs a los que no cumplen	63
Tabla 9. Diferencia porcentual de peso entre la muestra de bloques comunes vs los que contienen la adición de caucho triturado	64
Tabla 10. Lista de materiales y costos para la fabricación de los bloques en estudio.	67
Tabla 11. Cálculo del costo unitario del bloque de concreto fabricados sin incorporación de neopreno triturado.	68
Tabla 12. Determinación del costo unitario del bloque de concreto con incorporación de neopreno triturado en porcentajes del 25%.....	69
Tabla 13. Determinación del costo unitario del bloque de concreto con incorporación de neopreno triturado en porcentajes del 15%.....	70

1. Comportamiento físico-mecánico de los bloques de concreto con reemplazo del 15% y 25% de neopreno triturado en el agregado fino de acuerdo a la NTC 4076

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años el uso de automóviles y motocicletas ha ido creciendo exponencialmente, y es que, según La Superintendencia de Industria y Comercio (2012) durante la primera década del siglo XXI la fabricación a nivel mundial de vehículos ha presentado un incremento del 37% pasando de 58,3 millones de unidades en el año 2000 a una producción récord que superó los 80 millones de unidades en 2011, y esta tendencia ha seguido en aumento hasta la actualidad. (pág. 9). De la mano de dicho crecimiento también ha aumentado la compra y el posterior desecho de las llantas utilizadas por los mismos; esto genera un gran problema de alto riesgo de contaminación ambiental. (Olaya, 2016, pág. 8). “los neumáticos son considerados desechos especiales, pues su combustión emite gases peligrosos (como los hidrocarburos aromáticos policíclicos) y promueven la propagación de epidemias transmitidas por mosquitos y otros vectores”. (Sorgato, 2016)

Según Vásquez (2011) lo alarmante es que dicho proceso de descomposición natural, puede tardar hasta 100 años y que cada año solamente en Colombia, se desechan aproximadamente entre 4,5 y 5,5 millones de llantas en todo el país, eso sin tener en cuenta el número de enfermedades que provocan el almacenamiento inapropiado de estos residuos.

Por lo cual se plantea dar otro uso a estos materiales y de esta manera disminuir el impacto ambiental y sanitario que provocan. En Colombia por medio de políticas gubernamentales, entre ellas, la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos, la Política de Gestión Ambiental Urbana, la Política Nacional de producción y Consumo Sostenible, y la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos emitidas por el Gobierno Nacional en los años 2005, 2008, 2011 y 2016 respectivamente, han iniciado esfuerzos con el objetivo de dar un mejor manejo al material que no cuenta con un plan de disposición final, y que dicho plan sea apto de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.)

Actualmente la determinación está en apoyar a empresas y sectores de la sociedad que realicen prácticas de este tipo, muchas organizaciones como la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) han tomado el liderazgo de la recolección de esos residuos a partir de recursos de sus afiliados, y los resultados son alentadores. (Suárez R. , 2016). Aunque se ha progresado, aún existen situaciones que no hacen pensar lo mismo, “anualmente en Colombia se desechan 61 mil toneladas de neumáticos, de los cuales gran parte terminan arrojados en vías, lugares deshabitados y ríos” (CESVI COLOMBIA, 2018), Situación que representa el estado actual de este problema en Colombia.

La industria de la construcción según el Proyecto de Investigación del Sector de la Construcción de Edificaciones en Colombia, llevado a cabo por la Cámara Colombiana de la Construcción comúnmente conocida como Camacol y el Servicio Nacional de Aprendizaje

(SENA), funciona como un catalizador para el progreso de la sociedad. (CAMACOL, 2015, pág.7)

CAMACOL (2015) también afirma que la industria de la construcción además de generar empleo, implícitamente ayuda y contribuye al crecimiento económico; al igual, tiene uno de los aportes más importantes sobre la mitad del aparato productivo industrial y comercial del país, éstos factores han hecho de la construcción un foco de inversión pública y privada, tanto así que actualmente constituye una de las bases fundamentales para el desarrollo nacional. (pág. 7)

Al igual que otras industrias, entre ellas la de asfaltos para carreteras, las cementeras y de energía, la industria de la construcción ha dirigido esfuerzos por contribuir al mejoramiento de las condiciones ambientales actuales. Martín (2018) afirma: “La construcción deberá incorporar además eficiencia, ahorro y materiales alternativos frente al uso de aislantes procedentes de derivados del petróleo, tóxicos: corcho, celulosa, morteros de cal en lugar de cemento, pinturas ecológicas minerales, cáñamo o fibras vegetales, son buenos ejemplos”.

Los bloques usados para las divisiones en las construcciones, representan un porcentaje del peso total de la estructura, y aunque no tengan igual relevancia comparada con elementos estructurales como las losas, si incide en el comportamiento sísmico de la edificación; además, la instalación en obra de bloques con mayor peso por unidad, incrementa las cargas que se transmiten en primera instancia a las vigas, y mayores cargas representan un mayor dimensionamiento para elementos estructurales de mayor importancia como columnas y losas, lo que implica mayores costos de ejecución de obra. (Almeida, 2011, pág. 2)

La fabricación de bloques partir del uso de neopreno triturado place las iniciativas de buscar analizar el producto generado y verificar las condiciones físico-mecánicas que este presenta, y que además a partir de dicho análisis en el laboratorio, tomando como ensayos necesarios la prueba de absorción y flexo-compresión, comúnmente conocida como módulo de rotura de acuerdo a la NTC 4076, se pueda verificar si se observan mejoras en sus cualidades como lo es la resistencia, obteniendo también así, una alternativa de reciclaje a los neumáticos desechados en vista de encontrar enlaces hacia al desarrollo sostenible.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento físico-mecánico que presentan los bloques de concreto con inclusión del 15% y el 25% de neopreno triturado en reemplazo del agregado fino teniendo presente la NTC 4076?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar el comportamiento físico-mecánico de los bloques de concreto con inclusión del 15% y el 25% de neopreno triturado el cual va reemplazar el agregado fino teniendo presente la NTC 4076.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar el diseño de mezcla para la realización de bloques de concreto con porcentajes de neopreno del 15% y 25% en reemplazo del agregado fino, con medidas: ancho de 10 cm, alto 20 cm y largo 40cm (10x20x40).

Evaluar los ensayos físicos mecánicos de flexo-compresión realizados a los bloques fabricados con neopreno triturado en dosificaciones del 15% y 25%, el cual reemplaza el agregado fino en la mezcla.

Identificar los costos de producción de un bloque con incorporación de neopreno vs los costos de un bloque de concreto tradicional del bloque.

Realizar análisis de microscopia de la mezcla que tendrá el bloque con neopreno para determinar las características internas de las partículas.

1.4 Justificación

El crecimiento acelerado que actualmente presentan las ciudades, está acompañado de una oferta laboral amplia. Miles de puestos de trabajo distribuidos en las grandes urbes, implica que los trabajadores deban cubrir grandes distancias para llegar hasta ellos, por lo cual se hace necesario acceder a un medio de transporte que lo haga posible. Según un estudio realizado por

la Facultad de Ingeniería de La Universidad Libre de Bogotá, en dicha ciudad, para viajes con duraciones estimadas mayores a 15 minutos, el uso de buses con el 27% es el más utilizado por los capitalinos para llegar a sus puestos de trabajo, seguidos por los recorridos a pie con el 21%, el Transmilenio con el 17%, el carro particular con el 14%, las motocicletas y los taxis con 5,5% y las bicicletas con un 4,5%. (Universidad Libre, 2018).

Es necesario para el sector automotor encontrar alternativas de reciclaje para aquellos residuos que se producen al realizar sus actividades económicas. “El país tiene capacidad para procesar 10 millones de llantas al año, pero se llega solo al 20 por ciento porque los subproductos obtenidos no están cumpliendo con su cuota de comercialización”. (El Tiempo, 2016). La solución reside en buscar nuevas formas de aprovechamiento de estos materiales, que contribuyan a ampliar las cantidades de productos comercializados.

La industria con origen en la ciudad de Barcelona dedicada a la producción, transformación y distribución de materiales a partir de elastómeros (Erica), y diversas industrias de cauchos y plásticos con reconocimiento en el continente europeo, coinciden en que el caucho que compone los neumáticos de los vehículos, tienen muy buenas características físicas y mecánicas a flexión, tracción y compresión, resistencia a la abrasión, sobresalientes condiciones de resistencia a fenómenos atmosféricos, muy buena intransigencia dieléctrica y características aislantes termo acústicas, que pueden aportar nuevas soluciones a la industria de la construcción. (Erica, 2015)

Años atrás ya se había dado inicio al estudio de la viabilidad de la utilización de fibras de neopreno en elementos estructurales de concreto reforzado, ya que se pudo connotar que “la combinación de refuerzo en el hormigón del armado tradicional, junto con las fibras resulta una solución muy interesante y puede llegar a representar una solución muy competitiva”. (Pujadas, 2008, pág. 108)

En el sector de la construcción es frecuente observar la utilización de llantas en estructuras de contención, pero el uso de las fibras de neopreno triturado en la fabricación de mampuestos de concreto, es algo reciente pero que ha despertado interés en investigadores de diversas universidades en el mundo, como lo afirma Pujadas (2008) en su trabajo doctoral “Durabilidad del Hormigón con Fibras de Polipropileno”, en el que resalta que “Una posible línea a investigar es la cuantificación de la contribución de la adición de fibras a la sostenibilidad de las estructuras analizando cómo minimizar el consumo de recursos así como cerrar el ciclo de consumo de los materiales” (pág. 108).

En la actualidad las fibras sintéticas fabricadas con compuestos químicos cuentan con características técnicas de importantes prestaciones, ya que tienen elevados módulos de elasticidad, soportan grandes esfuerzos a tracción y su peso no es tan elevado comparado con otros materiales; en el campo de la construcción su aplicación va desde la utilización como material en el control de la fisuración en concretos y morteros, aunque también se han utilizado en la fabricación de estructuras que resisten fuertes impactos. (Di Marco & León, septiembre de 2017)

Al analizar las características presentes en el bloque, y en general, el comportamiento de este, fabricado a partir del nuevo material creado, porque se debe enfatizar que con la presente investigación de tipo experimental, se está creando un nuevo material con propiedades físicas que aun no se conocen, pero con porcentajes invariables elegidos con valores del 15% y 25% de neopreno triturado proveniente del reciclaje de las llantas de los vehículos, y partiendo de la hipótesis de que se necesitará la aplicación de dichos porcentajes con el fin de obtener la impermeabilización y capilaridad necesaria del bloque fabricado con comportamiento físico-mecánico desconocido, ya que se espera que los bloques fabricados con este nuevo material puedan ser utilizados con fines constructivos; se podrá vindicar todo ello dentro de los parámetros que se exigen en la NTC 4076 y ASTM C129, siendo esta última el documento que soporta la Norma Técnica Colombiana mencionada, y que aprueba realizar dosificaciones con agregados alternativos por debajo del 50% en mezclas de concreto, así, el uso de los mencionados porcentajes utilizados en el estudio de este nuevo material, queda cobijado dentro de la normatividad, y se espera obtener un compilado amplio de información que contribuya en la obtención de materiales para la construcción que promuevan el desarrollo sostenible en el porvenir y la preservación del medio ambiente.

Esta investigación también se apoya en estudios realizados que competen aspectos que se desarrollarán en este trabajo investigativo, como lo constituyen los ensayos realizados en la Universidad Católica de Colombia donde se procedió a adicionar caucho tanto grueso como fino en la mezcla de concreto, que permitió llegar a la conclusión de que el concreto aligerado con dicho material presenta destacadas características frente a las deformaciones, así como un peso menor comparado con la mezcla tradicionalmente usada, posicionándola como una opción viable

para posibles usos en cimentaciones y estructuras, además de ayudar a mitigar los efectos negativos que los desechos del caucho producen al medio ambiente. (Perez & Arrieta, 2017, pág. 77)

En cuanto a mejoras en otras propiedades de mampuestos fabricados específicamente con la inclusión de caucho, se destacan las conclusiones obtenidas por estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia en su trabajo de grado, en el cual dilucidan que los mampuestos que fueron elaborados con la inclusión del 15% de polvo de caucho, presentan una reducción en la temperatura que oscila alrededor del 4% de la temperatura ambiente, así como una baja transmisión de sonido, resultado que apoya su proyecto de investigación, ya que fue dirigido a la fabricación de mampuestos termo-acústicos. (Albañil & Ortega, 2019, pág. 89)

Según Venegas (2016) la inclusión de GCR (grano de caucho reciclado) en mezclas de concreto, solo se puede utilizar como reemplazo en el agregado fino, es decir, en la arena; y aunque todas las cualidades de la mezcla en estado fresco presentan variaciones, siguen preservando los límites prescritos en las normas y por la experiencia. Además, puntualiza que aunque algunas propiedades divergen, el concreto modificado con GCR se podría utilizar comercialmente. (pág. 70)

Con las pruebas de laboratorio de flexo-tracción y absorción según la NTC 4076, que se realicen a los bloques de concreto con inclusión de neopreno triturado según los porcentajes de dosificación del 15% y 25% como reemplazo en el agregado fino, se podrá analizar el comportamiento físico-mecánico del nuevo material creado con respecto al presente trabajo

investigativo y también analizar la viabilidad de usar estos cauchos sintéticos en la fabricación de bloques de concreto como aporte para la preservación del medio ambiente, en vista de que se usarán materiales reciclados en conjunto con los tradicionales, y al igual, realizar aportes a los nuevos métodos de construcción sostenible.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación operativa

El trabajo de investigación comprenderá el análisis cuantitativo obtenido a partir de las pruebas de laboratorio realizadas a los bloques de concreto con la inclusión de neopreno en porcentajes del 15% y 25%, proveniente de neumáticos triturados y conforme con los ensayos de flexo-tracción y absorción según la NTC 4076. Para la aplicación del documento normativo mencionado, se deberá tener en cuenta lo prescrito por las siguientes normativas:

Especificaciones de los Agregados para Concretos (NTC 174), Agua para la Elaboración de Concreto (NTC 3459), Muestreo y Ensayo de Bloques de Concreto para Mampostería (NTC 4024), Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayos en el Laboratorio (NTC 1377), Tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico (NTC 118) y Procedimiento Recomendado para la Evaluación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia (NTC 2275).

1.5.2 Delimitación conceptual

Esta investigación estará limitada a los conocimientos adquiridos durante la línea de formación en Ingeniería Civil de la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, además de consultas realizadas en diferentes fuentes y suministros de información, profesionales en ingeniería civil y del sector de la construcción.

Algunos términos asociados al presente trabajo investigativo y que permiten dilucidar en forma general su contenido, son:

- Construcción sostenible y nuevos materiales de construcción.
- Ensayos de laboratorio para materiales de construcción.
- Reciclaje e impacto ambiental.

1.5.3 Delimitación geográfica

La fabricación y ensayo de los bloques se llevará a cabo en laboratorios certificados de la ciudad de Ocaña, ya que por causa de la emergencia sanitaria generada por el COVID-19, los laboratorios de Construcción y Resistencia de Materiales de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña no están en funcionamiento. Los costos generados por la realización de dichas pruebas serán asumidos por los autores de este proyecto investigativo.

1.5.4 Delimitación temporal

Se realizará durante 4 meses. En dichos meses se llevarán a cabo la elaboración de los mampuestos y sus posteriores ensayos de laboratorio, así como la recolección de información de los mismos.

2. Marco referencial

2.1 Marco histórico

A lo largo de toda la historia se ha venido implementando la inclusión de diversos materiales en mezclas para la fabricación de elementos usados en construcciones. En el antiguo Egipto, fue común la elaboración de adobes a partir del lodo extraído de su afluente más importante, el Nilo, que con el aditamento de paja y arena se obtuvieron ladrillos de excelente resistencia, de esta manera dichas construcciones que para el día de hoy tienen alrededor de 5.000 años de antigüedad aún se mantienen erguidas. (Gonzalo, 2012, pág. 4)

En la actualidad, las inclusiones de materiales nuevos a mezclas de concreto, entre ellos el neopreno, empiezan a cobrar gran popularidad; según un estudio llevado a cabo por el Centro Catalán del Reciclaje, titulado: “Proyecto de aplicación de granza de caucho de neumáticos fuera de uso triturados en prefabricados de hormigón”, infiere que su trabajo constituye uno de los primeros pasos para seguir investigando la viabilidad técnica de utilizar residuos de caucho provenientes de neumáticos triturados en prefabricados de hormigón, e incita a seguir investigando en la línea iniciada. (Centro Catalán del Reciclaje, 2011)

En el programa experimental “Recycled rubber-filled concrete” en una de las tres experiencias, utilizaron residuos de caucho en forma de fibras proveniente de neumáticos desechados por camiones, que al mezclarlos con cemento Portland común, se obtuvo una muy buena compatibilidad comprobada mediante análisis microscópicos y de difracción de electrones; dicha

compatibilidad resultó en una mejora del hormigón en el comportamiento a fatiga, control de la propagación de fisura tras la fractura, y un mejor funcionamiento tecnológico en fresco y en estado endurecido de acuerdo a la aplicación propuesta. (Barluenga & Hernández, 2004, pág. 4)

De acuerdo con la investigación “Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamaños de partículas”, se deduce que utilizando en la mezcla de concreto un 5% en peso de caucho con tamaño al azar, se obtienen características físicas y mecánicas similares a las del concreto tradicional, además, logra reducir su peso para el fraguado final, y a su vez, se disminuyen las consecuencias que provienen al depositar los residuos de caucho en el medio ambiente. (Albano, Camacho, Hernández, Bravo, & Guevara, 2008)

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Concreto

Constituye la mezcla homogénea que incorpora agregados finos (arena) y gruesos (grava), más la adición de un ligante, en este caso, el cemento hidráulico y agua. Esta mezcla puede realizarse o no, con la inclusión de algún aditivo. (Segura, 2011, pág. 3)

2.2.2 Agregados

Materiales inertes que mediante la aglomeración de agua con cemento forman en conjunto una mezcla conocida comúnmente como mortero o concreto. Los agregados se caracterizan por ser de forma granular y pueden ser de origen natural o artificial. (Rivera, 2011, pág. 41)

2.2.3 Resistencia a la compresión

Es principalmente utilizada como parámetro esencial para el diseño de elementos estructurales. La resistencia a la compresión define primordialmente la calidad del material y corresponde a la medida de su resistencia frente a esfuerzos de compresión medidos en MPa. El valor de la resistencia a la compresión se puede determinar mediante ensayos de laboratorio, promediando las resistencias de al menos dos probetas que deben haber sido fabricadas de la misma mezcla de concreto, con medidas de 150mm por 300mm, o de al menos tres probetas de 100mm por 200mm ensayadas a los 28 días o al tiempo que se establezca para dicho fin. (Segura, 2011, pág. 4)

2.2.4 Resistencia a la tracción

Aunque su valor en pocas oportunidades es determinado, en la resistencia del concreto a la torsión y al cortante, es de especial importancia. La resistencia a la tracción difiere de acuerdo a la clase de agregado que se utilice y del tipo de ensayo que se pretenda realizar. Si se habla de los ensayos, se pueden materializar de tensión directa e indirecta y en términos de módulo de rotura. (Segura, 2011, pág. 5)

2.2.5 Retracción de fraguado

Fenómeno que se presenta debido al proceso de fraguado o endurecimiento del concreto, y a la efusión de agua por causa del secado. Se puede vislumbrar mediante la disminución del volumen de la mezcla de concreto. (Segura, 2011, pág. 6)

2.2.6 Modulo de elasticidad

Es el trayecto recto en el tramo inicial de la curva esfuerzo versus deformación unitaria, y se representa con respecto a la pendiente que tenga en dicha relación. El módulo de elasticidad es directamente proporcional con respecto a la resistencia del concreto. (Segura, 2011, pág. 6)

2.2.7 Ensayo de asentamiento del concreto (slump)

Prueba que facilita conocer el estado de la consistencia o fluidez de la mezcla de concreto. Es habitual observar su utilización en cualquier tipo de construcción en el mundo, puesto que permite dilucidar problemas concernientes a la uniformidad de las mezclas en las proporciones requeridas, esto en cuanto a variaciones de fluidez de la misma. (Rivera, 2011, pág. 78)

2.2.8 Resistencia a la abrasión

Cuando se presentan movimientos de fricción en las partículas que componen el concreto, se puede medir la capacidad de oposición al desgaste en seco del material mencionado, dicha capacidad es conocida como resistencia a la abrasión. (Cruz & Gonzales, 2003, pág. 26)

2.2.9 Dureza

“Es la resistencia que opone un material a ser penetrado o rayado” (Aponte & Villazón, 2001, pág. 37)

2.2.10 Tenacidad

Índice de la resistencia que posee un material frente a impactos. La medición de la tenacidad se fundamenta en pruebas que recolectan información sobre la absorción de energía generada a partir de colisiones o choques repentinos de partículas. (Aponte & Villazón, 2001, pág. 37)

2.2.11 Ductilidad

Propiedad presente en algunos materiales y que se fundamenta en permitir deformaciones, esto, antes de llegar a su punto de ruptura; a este tipo de materiales se les conoce usualmente como dúctiles, en cambio a los que por el contrario no admiten sustancialmente ningún tipo de deformación, son conocidos como frágiles. (Aponte & Villazón, 2001, pág. 37)

2.2.12 Peso específico del concreto

No se puede optar por escoger un valor constante para la relación entre el peso del concreto y su volumen, ya que varía de acuerdo al tipo de agregados y las proporciones de la mezcla. Pero se puede tomar como referencia la recomendación realizada por la norma NSR-10(Sección B.3.2), que incita a escoger como peso específico la cantidad de 23 kN/m³ para concreto simple y 24 kN/m³ para concreto reforzado. (Segura, 2011, pág. 5)

2.2.13 Durabilidad del concreto

Se pueden definir como condiciones adecuadas de durabilidad del concreto, cuando en su tiempo de servicio ha resistido las condiciones para las cuales fue diseñado, sin presentar desgaste debido a la interacción con el medio donde fue fabricado o también por causas internas

o anomalías del concreto. Teniendo en cuenta lo anterior, los principales agentes que influyen sobre la durabilidad y vida del concreto se presentan de acuerdo a las condiciones de servicio para las cuales existe, estas son: la meteorización provocada por procesos externos, la acción química y el desgaste en general. (Rivera, 2011, pág. 155)

2.2.14 Neopreno

El policloropreno o habitualmente llamado neopreno, es uno de los primeros cauchos sintéticos. El neopreno difiere del caucho natural en algunas propiedades esenciales o específicas que resultan en mejores prestaciones, esto en cuanto a características comerciales más atractivas para las diferentes industrias, como lo es la resistencia al deterioro por oxidación, disolventes, aceites, la luz solar, la flexión, el calor y las llamas. Aunque en cuanto a propiedades físicas son afines al caucho natural. (Chipa, 2015, pág. 33)

2.3 Marco teórico

2.3.1 El concreto

Está constituido en su presentación más simple por el conjunto de arena, grava o roca triturada, y la pasta de cemento-agua; se puede fabricar a partir de la inclusión de aditivos, dependiendo del efecto de fraguado, ductilidad y durabilidad que se requiera obtener. La alta demanda del concreto para todo tipo de obra de construcción hace que constituya el material más importante para esta industria. Sus usos son diversos, edificios, obras de construcción para salvar accidentes geográficos como lo constituyen los puentes, obras de drenaje y muchos más.

(McCormac & Brown, 2011, pág. 1)

La calidad del concreto no solo depende de aspectos que son más complicados a la hora de controlar, como lo es la composición química del material aglutinante o cemento, sus características de hidratación y microestructura, sino de aquellas a las que si es posible hacer un control más riguroso, como lo es la colocación en obra del concreto, la consolidación y el posterior curado. (Mamlouk & Zaniewski, 2009)

2.3.2 Bloques de concreto

Paralelepípedos rectangulares que difieren del ladrillo convencional en cuanto al material del cual están compuestos. Algunos están formados por celdas de paredes de poco grosor, que hace que su manejo, transporte y distribución en obra sea más simple. Se usan usualmente en la construcción de muros, pues de acuerdo a las mencionadas características y a su forma, genera un mayor rendimiento en la construcción de estos comparados con el ladrillo tradicionalmente usado. (ISCYC, 2002)

Son elaborados a partir de morteros y hormigones que presenten una consistencia seca comprimiéndolos y haciéndolos vibrar en el molde; generalmente para su pegado se utiliza mortero.

2.3.3 Utilización de bloques en los diversos tipos de mampostería

2.3.3.1 Mampostería reforzada. Es un sistema compuesto por bloques de concreto o ladrillos con perforaciones los cuales son anclados arriba y abajo por varillas de acero; donde las varillas de refuerzo son ancladas en la losa y las perforaciones de los bloques o ladrillos vaciadas

en concreto, formando así un sistema monolítico que puede resistir cargas de gravedad, sismo y viento. (Uribe, 2012, pág. 23)

2.3.3.2 Mampostería confinada. Mampostería reforzada con vigas y columnas en todo su perímetro, dichos elementos son vaciados una vez terminada la construcción de la mampostería. (MTI, 2017, pág. 1).

2.3.3.3 Mampostería no reforzada. “Es aquella mampostería sin refuerzo (mampostería simple) o con un refuerzo que no cumple los requisitos de la norma”. (MTI, 2017, pág. 1)

2.3.4 Los agregados y su clasificación

Son una masa de piedra triturada, grava, arena mayormente compuesta de partículas individuales, pero conteniendo en ocasiones arcillas y sedimentos. Entre las fuentes naturales de agregados se encuentran las canteras y los depósitos fluviales. (Mamlouk & Zaniewski, 2009)

En general los agregados se han clasificado de varias maneras con el paso del tiempo, pero la forma más estándar de clasificar los agregados es según el tamaño de la partícula, el cual cambia desde milímetros hasta varios centímetros; esta organización del tamaño de la partícula es llamada granulometría. La parte fina de los suelos gruesos que tiene partículas con un tamaño inferiores a 4,76mm (tamiz No. 4) y no menor que 0,074mm (tamiz No.200), se conoce como agregado fino; y la parte gruesa, es decir, las partículas que presentan un tamaño mayor a 4,76mm (tamiz No. 4), es lo que comúnmente llamamos agregado grueso. (Rivera, 2011)

2.3.5 Materiales usados en la elaboración de bloques de concreto

2.3.5.1 Cemento portland. Es un material producto de la fusión química a altas temperaturas de materiales calcáreos y arcillosos, este producto reacciona cuando hace contacto con el agua endureciéndose con el tiempo hasta convertirse en piedra artificial, recibiendo también el nombre de cemento hidráulico. (Gómez, 2013, pág. 75)

2.3.5.2 Arena. Normalmente extraída de lechos y márgenes de río. Esta es el cuerpo básico para el mortero; donde las partículas son cubiertas por la pasta de cemento generando la consistencia deseada. (ISCYC, 2002, pág. 4)

2.3.5.3 Agregado grueso. “Se considera como agregado grueso en la mampostería la gravilla; que es obtenida de la trituración de roca y no debe ser mayor a 1 cm, ni debe tener demasiados finos”. (ISCYC, 2002, pág. 5)

2.3.5.4 Agua. El agua a utilizar debe ser sin sabor ni olores pronunciados, debe ser limpia y estar libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales y materia orgánica o cualquier otra sustancia que sea nociva para la mezcla. (ISCYC, 2002, pág. 5)

2.3.5.5 Aditivo. Sustancia diferente a los ingredientes usados comúnmente en el concreto, como son: el agua, los agregados y el cemento. El aditivo puede ser sólido o líquido, orgánico e inorgánico. Los aditivos normalmente se agregan antes o durante el mezclado y se usan para mejorar las características físico-mecánicas del concreto. (Gómez, 2013, pág. 125)

2.3.6 Cauchos

2.3.6.1 Comienzos. La producción fabril del caucho inició contemporáneamente en Estados Unidos y la URSS en el año 1932; en el primer país mencionado, se conoció comercialmente como duprene, y para el conjunto de repúblicas soviéticas como sovprene, aunque dicha denominación fue modificada posteriormente a narit. Hasta la década del año 1960, en el occidente, el fabricante exclusivo del caucho de cloropreno fue la empresa DuPont, y gracias al prestigio alcanzado por la marca registrada, es que en la actualidad se usa el nombre de neopreno para hacer referencia al caucho de cloropreno. (Ferrándiz, 1995, pág. 3)

2.3.6.2 Síntesis del policloropreno. Los métodos de síntesis para esta molécula simple que describe el comportamiento de un monómero, están reducidos de acuerdo al uso industrial en solo dos tipos, el butadieno y el acetileno. Esencialmente los cauchos de policloropreno son homopolímeros de 2-clorobutadieno. (Ferrándiz, 1995, pág. 4)

2.3.6.3 Propiedades físicas y químicas del policloropreno. Los aspectos elementales de los polímeros obtenidos a partir del cloropreno, conocidos como policloroprenos, fueron fundamentados en el año 1955 por Maynard y Mochel, quienes mediante la utilización de espectrometría y la técnica de difracción de rayos X, pudieron evidenciar que los cloroprenos se constituyen primordialmente por secuencias lineales trans-2-cloro 2 buteno.

En cuanto a las características de reactividad y envejecimiento que se sitúan dentro de las propiedades químicas de este polímero, se observa que son afectadas por las condiciones de

preparación del mismo. Por su parte, las propiedades elastómericas son influenciadas directamente por su microestructura, mientras que las propiedades del proceso dependen de la asignación de factores como lo son el número y peso molecular, y la configuración de los entrecruzamientos y sus ramificaciones. Se ha encontrado que el valor de la temperatura de cristalización del policloropreno, es 15 °C menor que la temperatura de fusión del mismo. El estudio y conocimiento del efecto que algunas estructuras pormenorizadas ejercen sobre algunas de las características y propiedades del polímero son de gran trascendencia tecnológica. (Ferrándiz, 1995, pág. 8)

2.3.7 El Caucho natural

Los primeros acontecimientos y de mayor importancia dentro de la industria del caucho natural tienen su origen en las selvas amazónicas de Brasil; le corresponde a dicho país la denominación de ser el primer proveedor de caucho del mundo, aunque pronto aparecerían nuevos abastecedores en otras regiones. (Bekkedahl, 1946, pág. 55)

El caucho natural es obtenido a partir de la coagulación del látex que proviene directamente del árbol de nombre científico *Hevea brasiliensis*, y esta es una de sus principales características, ya que constituye un polímero que es obtenido directamente de la naturaleza. La gran importancia a nivel industrial de este biopolímero está justificada en la alta demanda que ha tenido continuamente desde su aparición; las excepcionales propiedades de dicho material, hacen que este polímero sea único en su clase, y tenga una variada lista de aplicaciones industriales. (Ortega, González, & López, 2017)

2.3.8 Principales ensayos en el concreto

2.3.8.1 Ensayo de resistencia a la compresión. Esta propiedad mecánica es la de mayor importancia en el concreto. La determinación de la resistencia a la compresión se rige mediante la NTC 673, y se realiza mediante un ensayo fundamentalmente destructivo, que consiste en la toma de pruebas de la mezcla de concreto en estudio, para posteriormente, determinar la máxima resistencia de cada espécimen al exponerlo a una carga axial; al dividir dicha carga entre el área de la sección transversal del sujeto de prueba, se puede determinar el valor de la resistencia a la compresión. Los resultados de los ensayos de cada espécimen, son expresados generalmente en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), y sus mayores valores son hallados al fallar los cilindros de prueba a los 28 días. (Perez & Arrieta, 2017, pág. 30)

2.3.8.2 Ensayo de la resistencia a la tracción indirecta. Este ensayo también es comúnmente conocido como método brasilero o resistencia a la tensión indirecta; está estipulado en la NTC 722 como el método de ensayo que se realiza mediante la inducción de cargas que generan estados de compresión triaxial, diferenciándose así, del ensayo de resistencia a la compresión uniaxial, ya que el primero permite soportar esfuerzos de compresión mayores, además de tener un tipo de falla diferente, así como el patrón de aplicación de esfuerzos en el área útil de carga; entonces, al cilindro de prueba se le induce dicha carga a una velocidad que está dentro de los parámetros que exige la norma, hasta que ocurra la falla; dicha carga genera esfuerzos de tensión en el plano que la contiene, y en el área circundante genera esfuerzos de compresión con valores elevados, produciéndose una falla por tensión, no por compresión. (Perez & Arrieta, 2017, pág. 31)

2.3.9 Ensayo de microscopía de barrido en materiales

La Microscopía Electrónica de Barrido o Scanning Electron Microscopy (SEM), funciona mediante la creación de un diferencial de energía que enciende un filamento, y que a su vez este genera en una recámara cilíndrica un haz de electrones ajustable mediante un foco o astigmatismo, esto con el fin de generar un barrido uniforme sobre la muestra a analizar. La muestra es bombardeada mediante el haz de electrones; esta debe cumplir requisitos de limpieza, deshidratación final y lo más importante, ser conductora de la electricidad. La base primordial de este microscopio, es la información que se puede obtener a partir de los electrones secundarios, una de las 3 señales obtenidas en este proceso, y que por las cuales se generan imágenes de la morfología de la muestra del material en estudio. (Serra, 2015)

2.4 Marco legal

Mediante el análisis de la normatividad remitida por la legislación colombiana, se podrá justificar y desarrollar el presente proyecto de investigación, garantizando que los procedimientos y conductas efectuados durante la realización de la misma, cumplan con los parámetros jurídicos estipulados. Así mismo, se podrán conocer cuáles son los reglamentos de protección ambiental que cobijan esta investigación, y que apoyan la exploración y el análisis de los bloques de concreto con incorporación de neopreno triturado en sus propiedades físico-mecánicas, como una contribución a la generación de nuevo conocimiento y que este resulte en nuevas alternativas de construcción que estén dentro del desarrollo sostenible.

Sobresalen en el aspecto técnico los requerimientos estipulados por el organismo multinacional ICONTEC y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente comúnmente conocido como NSR-10, ambos gestionan la correcta ejecución y la calidad de diversos procedimientos, entre ellos los que tienen que ver con parámetros de resistencia, densidad, humedad, absorción, entre muchos otros. Además, se mencionan algunos mandatos ambientales.

La NTC 4076 conforma el conjunto de preceptos en el cual se soporta fundamentalmente el presente proyecto investigativo. En la mencionada norma técnica el organismo nacional de normalización creado mediante el decreto 2269 de 1993, conocido específicamente como Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normalización ICONTEC “establece los requisitos para unidades de mampostería, perforadas o macizas (bloques o ladrillos), de concreto, elaboradas con cemento hidráulico, agua, agregados minerales y aditivos, con la inclusión o no de otros materiales, para elaborar mampostería no estructural, interior o exterior” (pág. 3), apoyándose en otras normas como:

- Especificaciones de los Agregados para Concretos (NTC 174)
- Agua para la Elaboración de Concreto (NTC 3459)
- Muestreo y Ensayo de Bloques de Concreto para Mampostería (NTC 4024)
- Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto para Ensayos en el Laboratorio (NTC 1377)
- Tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico (NTC 118)

- Procedimiento Recomendado para la Evaluación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia (NTC 2275)

ICONTEC, también establece normas dentro de sus prescripciones, concernientes al uso del caucho, como lo es la NTC 467-2006, que argumenta sobre las propiedades del caucho y la determinación de su dureza por medio de la utilización del durómetro. También advierte que este compuesto se trabajara bajo la responsabilidad de quien lo esté empleando, y de ello depende, que se use bajo buenas prácticas de salud y seguridad. (Suárez & Ávila, 2016, pág. 25)

De acuerdo a los artículos 79 y 80 de la Constitución Política de Colombia, es un derecho colectivo el gozar de un ambiente sano, y se responsabiliza al estado, en cuanto a la tarea de proteger el medio ambiente. Es por eso que mediante la Resolución 1457 del 29 de julio del 2010, el gobierno colombiano compromete y destina a los productores de llantas, que comercializan sus productos en el país, a implementar sistemas de recolección de los residuos productos de las llantas usadas, esto con la firme intención de prevenir el detrimento del medio ambiente. (Resolución 1457, 2010)

También, entre los mandatos legales que utiliza el estado, se encuentra la Ley 1333 de Julio de 2009, por la cual el Ministerio del Medio Ambiente, mediante el régimen sancionatorio ambiental, establece el procedimiento penal en Colombia para cualquier persona o empresa que atente contra el medio ambiente, obligando a restablecer el recurso afectado. (Venegas, 2016)

3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

El presente proyecto constituye una investigación de carácter cuantitativa y cualitativa de tipo experimental, cuyo soporte estará ligado al resultado de los ensayos de laboratorio físicos y mecánicos de flexo-compresión, junto al de microscopía, que se practicarán a los bloques fabricados con concreto modificado, este contará con dosificaciones del 15% y 25% de neopreno triturado proveniente del reciclaje de llantas de vehículos, con el que se logrará reemplazar en cierto grado al agregado fino de acuerdo a las dosificaciones propuestas. Mediante el estudio experimental que se realice a los bloques de concreto modificado, se podrán analizar las propiedades que se presentan para dichas dosificaciones y las opciones reales de estos bloques, en cuanto a considerarlas como alternativas para fines constructivos con enfoque en el desarrollo sostenible.

3.2 Población y muestra

Según Sabino (1992) la población o universo es el conjunto total de unidades con características observables, y la muestra es una porción de esa totalidad que representa su comportamiento. (pág. 90). Teniendo en cuenta lo anterior, para precisar el tamaño de la población, que para este caso la componen los bloques fabricados con concreto modificado a partir de la inclusión de neopreno triturado en las dos dosificaciones mencionadas, y también los que se fabricaron sin inclusión de caucho, se recurrió a la opinión profesional de una experta con

vasta experiencia en el tema, la constructora civil y magister Haidee Yulady Jaramillo, que también es docente en la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; quien, acogiéndose a la reglamentación y la normatividad colombiana que rige la realización de dichos ensayos, sugirió que la población total fuera de 27 unidades, las mismas serán fabricadas con cemento de uso general con la finalidad de analizar el comportamiento físico-mecánico y las propiedades de los bloques bajo el uso de dicho tipo de cemento.

Con la intención de que el tamaño de la muestra representará de la forma más fidedigna posible al conjunto total de la población, se procedió a escogerla del mismo tamaño de esta, ya que entre más grande sea la muestra, tiene mayores posibilidades de ser más representativa de la población. De las 27 unidades o bloques mencionados, se decidió implementar 9 pruebas por condición experimental, entendiéndose como condición experimental cada una de las dos dosificaciones, del 15% y 25%, además, teniendo en cuenta los bloques comunes que se ensayaron sin inclusión de neopreno triturado, todos ellos fabricados con cemento de uso general.

3.3 Recolección de la información

La información se recolectará específicamente del estado del arte que aborda investigaciones realizadas sobre temas relacionados a la fabricación y estudio de los bloques de concreto con inclusión de caucho triturado en reemplazo parcial del agregado fino en diferentes dosificaciones; este caucho proviene del reciclaje de las llantas de los vehículos; además, las que incluyan el empleo de este tipo de bloques con objetivos hacia la preservación ambiental y el

desarrollo sostenible. Entre dichas investigaciones sobresalen los trabajos de grado, artículos científicos, conferencias, revistas institucionales de investigación, etc.

Además, se recurrirá a la información contenida en la normatividad colombiana vigente, principalmente el compilado de directrices contenidas en la NTC 4076 y ASTM C129, quienes rigen las pruebas a realizar en los bloques de concreto modificados mediante la inclusión de neopreno triturado en las dosificaciones mencionadas, que buscan garantizar mejores características impermeables, y que constituyen el objeto de estudio en la presente investigación.

3.4 Análisis y procesamiento de datos

Se dispondrá a analizar los datos correspondientes a las características de los agregados a utilizar para la fabricación del bloque de concreto con inclusión de caucho triturado, esto con el fin de determinar el diseño de mezcla pertinente para las dosificaciones de neopreno del 15% y 25% dentro del concreto modificado.

Luego de obtener el diseño de mezcla que se utilizará para la fabricación de los bloques de concreto con medidas: ancho de 10 cm, alto 20 cm y largo 40cm (10x20x40), se procederá a ensayar a dichos bloques para posteriormente evaluar sus propiedades físico-mecánicas.

Se identificarán los costos de producción de los bloques de concreto convencional, frente a los fabricados mediante la incorporación de neopreno triturado.

Se determinarán las características internas de las partículas del bloque con neopreno triturado de acuerdo a las dos dosificaciones planteadas, remitiendo las muestras requeridas a la Universidad EAFIT ubicada en la ciudad de Medellín, y realizando, posteriormente, el análisis de microscopía de la mezcla con el nuevo material creado, en los laboratorios de física de la institución mencionada.

4. Administración del proyecto

4.1 Recursos humanos

Investigadores: Jesús Duby Carrillo Páez y Wilfrido Peña Montejo

Director: Haidee Yulady Jaramillo, Constructora Civil, Magister.

4.2 Recursos institucionales

Ningún recurso institucional fue utilizado, ya que los costos de fabricación del bloque y de laboratorios, serán asumidos por los investigadores de este proyecto.

4.3 Recursos financieros

Tabla 1

Recursos financieros para la ejecución del proyecto

Recurso	Costo (COP)
Molde para fabricación de bloques	100.000
Materiales (cemento, triturado, arena, neopreno triturado)	200.000
Gradación agregado fino	30.000
Peso específico y absorción del agregado fino	15.000
Masa unitaria seca suelta y compacta	15.000
Ensayos de flexo-compresión	300.000
Análisis de microscopía	300.000
Transporte	100.000
Papelería	50.000
Imprevistos	100.000
Total	1.210.000

Nota. Elaboración propia.

4.4 Cronograma de actividades

Tabla 2.

<i>Cronograma de actividades</i>				
Actividades	Meses (semanas)			
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Análisis del estado del arte	■ ■			
Diseño de mezclas para dosificaciones del 15% y 25% de neopreno triturado reemplazado en el agregado fino	■ ■			
Ensayos de laboratorio de flexo-compresión a los 7, 14 y 28 días a los bloques de concreto modificado		■ ■ ■ ■		
Análisis del comportamiento físico-mecánico de los bloques, a partir de los resultados de las pruebas de resistencia realizadas en el laboratorio		■ ■ ■ ■		
Análisis de microscopia a partículas de la mezcla de concreto con neopreno triturado en los dos porcentajes			■ ■	
Análisis de costos del bloque convencional de concreto vs. Bloque con incorporación de neopreno triturado			■	
Análisis general de resultados				■ ■
Informe final				■ ■

Nota. Elaboración propia.

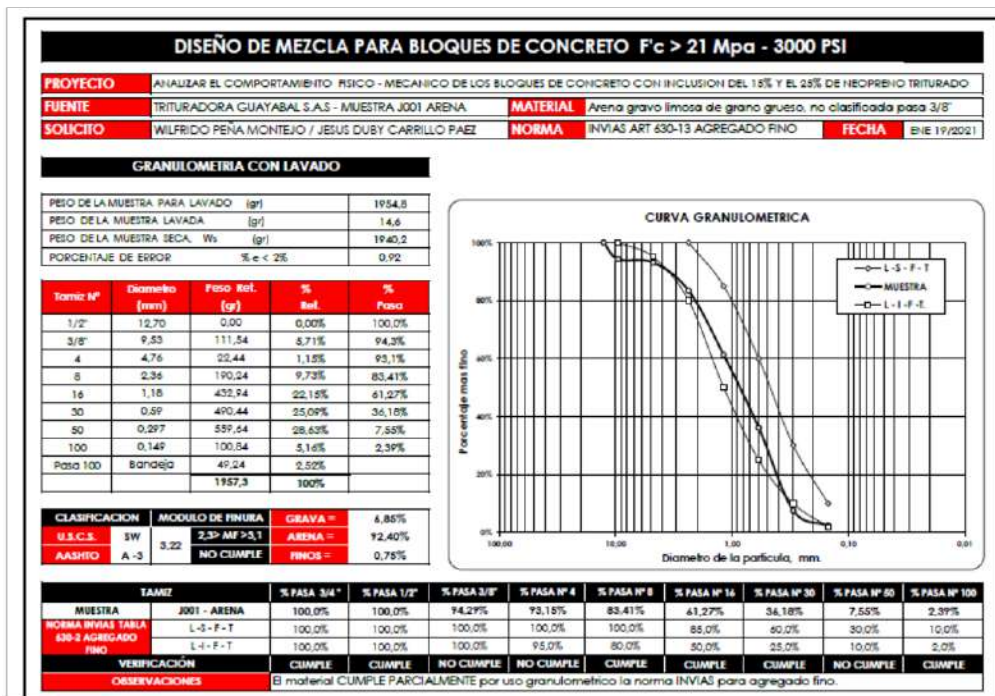
5. Resultados

5.1 Determinar el diseño de mezcla para la realización de bloques de concreto con porcentajes de neopreno del 15% y 25% en reemplazo del agregado fino, con medidas: ancho de 10 cm, alto 20 cm y largo 40cm (10x20x40)

Los agregados utilizados en la presente investigación y procedentes de la trituradora El Guayabal S.A.S, ubicada en el PR 13+200 en la vía nacional Ocaña-Ábrego, se sometieron a estudio en Geotec, en su departamento de geotecnia y laboratorio de materiales. Esta empresa, dentro de sus funciones permitió dentro de algunas cosas, la caracterización de la gradación del agregado fino, determinación de la masa unitaria seca y compacta del agregado fino, y gravedad específica y absorción del agregado fino, cumpliendo con los parámetros requeridos por el Instituto Nacional de Vías, comúnmente conocido como INVIAS.

Figura 1

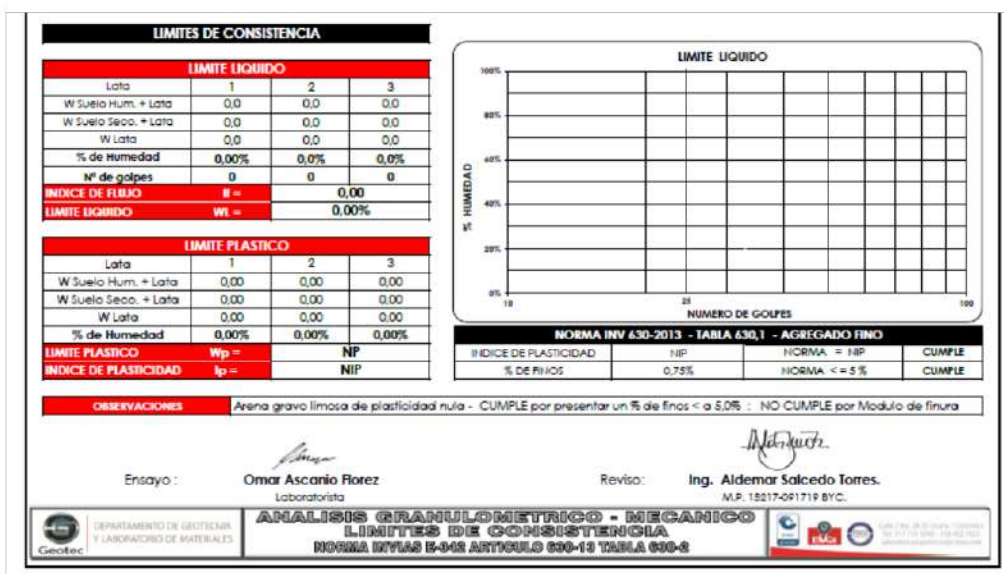
Análisis granulométrico para el agregado fino usado en la mezcla.



Nota. Geotec

Figura 2





Valores de los límites líquido y plástico del agregado fino.



Nota. Geotec

Figura 3





Valores de la gravedad específica para el material en estudio.

DISEÑO DE MEZCLA PARA BLOQUES DE CONCRETO $F_c > 21 \text{ Mpa} - 3000 \text{ PSI}$				
PROYECTO	ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO FISICO-MECANICO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO CON INCLUSION DEL 15% Y EL 20% DE NEOPRENO TRITURADO			
FUENTE	TRITURADORA GUAYABAL S.A.S - MUESTRA J001 AREIA	MATERIAL	Arena grava limosa no clasificada para 3/8"	
SOLICITO	WILFRIDO PEÑA MONTEJO / JESUS DUBY CARRILLO PAEZ	NORMA	INVIAS E 222/2013	ENE 19/2021
ENSAYO NORMA INVIAS E-222				
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO				
PRUEBA N°	1	2	3	
PIGNOMETRO	1	2	3	
A = MASA EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO - g	486.20	487.00	482.00	
B = MASA DEL PIGNOMETRO AFORADO LLENO DE AGUA - g	615.80	609.20	598.80	
S = MASA DE LA MUESTRA SATURADA Y SUPERFICIALMENTE SECA - g	500.0	500.0	500.0	
C = MASA TOTAL DEL PIGNOMETRO + LA MUESTRA + AGUA - g	910.60	908.40	899.20	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK = $A / (B+S-C) \times 0,9975$	2.363	2.419	2.409	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK SSS = $S / (B+S-C) \times 0,9975$	2.431	2.484	2.499	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE = $A / (B+A-C) \times 0,9975$	2.534	2.587	2.648	
ABSORCION % = $((S-A)/A) \times 100$	2.838	2.669	3.734	
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	2,397	GRAVEDAD ESPECIFICA BULK SSS	2,471	GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE
			2,589	ABSORCION %
				3,081
OBSERVACIONES	EL PROMEDIO DEL PESO ESPECIFICO DEL AGUA EN EL INTERVALO DE TEMPERATURA DEL ENSAYO (22±2 °C) = 0,9975			
Ensayo	OMAR ASCANIO FLOREZ Laboratorista		Reviso	ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES M.P. 15217-091719 BYC
 DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Y LABORATORIO DE MATERIALES GRAVEDAD ESPECIFICA DEL AGREGADO FINO NORMA INVIAS E-222/2013   				

Notas. Geotec

Figura 4

Ensayo de masa unitaria compacta del agregado fino.

DISEÑO DE MEZCLA PARA BLOQUES DE CONCRETO $F_c > 21 \text{ Mpa} - 3000 \text{ PSI}$				
PROYECTO	ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO FISICO-MECANICO DE LOS BLOQUES DE CONCRETO CON INCLUSION DEL 15% Y EL 20% DE NEOPRENO TRITURADO			
FUENTE	TRITURADORA GUAYABAL S.A.S - MUESTRA J001 AREIA	MATERIAL	Arena grava limosa no clasificada para 3/8"	
SOLICITO	WILFRIDO PEÑA MONTEJO / JESUS DUBY CARRILLO PAEZ	NORMA	INVIAS E217-2013	FECHA ENE19 /2021
AGREGADO FINO				
PRUEBA	1	2	3	
NUMERO DE GOLPES	25	25	25	
PESO DEL MOLDE (g)	1623,5	1623,5	1623,5	
VOLUMEN DEL MOLDE (cc)	1602,38	1602,38	1602,38	
HUMEDAD DE LA MUESTRA	6,14	6,14	6,14	
PESO DEL MOLDE + AGREGADO FINO (g)	4267,6	4272,3	4274,9	
MASA UNITARIA COMPACTA (g/cc)	1,650	1,653	1,655	
MASA UNITARIA COMPACTA (g/cc)	1,653			
OBSERVACIONES				
ENSAYO	OMAR ASCANIO FLOREZ LABORATORISTA		REVISO	ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES M.P. 15217-091719 BYC
 DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Y LABORATORIO DE MATERIALES MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO FINO NORMA INVIAS E-217/2013   				

Notas. Geotec

Luego de obtener la información de los ensayos que se realizaron al agregado, y que garantiza el uso del mismo bajo los parámetros que rigen su utilización en obra, se procedió con el inmediato proceso de fabricación de los bloques; dicho proceso se llevó a cabo en el predio del reconocido fabricante de bloques en concreto con 20 años de experiencia, Jaime Durán García, ubicado en la localidad semi-urbana del Líbano, vía al corregimiento de Aguas Claras. En las últimas dos décadas, en las instalaciones ya mencionadas, se han venido realizando procedimientos para la fabricación de postes de cemento para diferentes fines, colado en concreto para ventanales, y los ya mencionados bloques en concreto; así, se empezaron a fabricar los bloques bajo las recomendaciones adicionales del propietario de dichos predios.

En cuanto al procedimiento de fabricación de los primeros bloques, que no incluyen ningún porcentaje de caucho triturado, y que fueron utilizados para encontrar la dosificación correcta de la mezcla, este no difirió en cuanto al procedimiento que normalmente se utiliza, en cuanto a preparación de la mezcla y sus agregados se refiere. Cabe decir, que los bloques en estudio, fueron fabricados en un molde metálico de compactación manual, tal y como se podrá observar en las posteriores imágenes. Pero anteriormente al uso de dicho molde, se realizaron intentos fallidos al intentar fabricarlos en un molde artesanal.

Figura 5

Procedimiento de mezclado de concreto, sin inclusión de neopreno triturado.



Nota. Elaboración propia

Figura 6

Molde industrial de compactación manual.



Nota. Elaboración propia

Figura 7

Prensa utilizada para realizar las perforaciones a los bloques de concreto.



Nota. Elaboración propia

Figura 8

Bloque de concreto terminado, sin inclusión de neopreno triturado.



Nota. Elaboración propia

Para el diseño de la mezcla se realizaron varias muestras con 3 dosificaciones diferentes, cada una de las cuales, y una vez cumplido con el tiempo estipulado en la norma con el fin de conseguir la resistencia óptima, es decir, a los 28 días después de su fabricación, fueron llevadas al laboratorio para fallarlas y buscar la resistencia adecuada que cumpliera con los requerimientos mínimos estipulados en la normatividad que rige la fabricación de este tipo de bloques, puntualmente, la NTC 4076.

En el primer diseño con una dosificación 1: 3.5 con un total de 9 especímenes, se obtuvo una resistencia de 9.20 MPa. Para el segundo diseño con una dosificación 1: 4 con un total de 9 especímenes, se obtuvo una resistencia de 8.75 MPa. El tercer diseño con una dosificación 1:4.5 con un total de 10 especímenes, se halló que la resistencia fue de 5.24 MPa; se logró observar que con la dosificación que contiene mayor cantidad de agregado fino, la 1: 4.5, arrojó un valor cercano a la resistencia mínima requerida por la NTC 4076, esto es, 5 MPa individualmente o 6 MPa para el promedio de 3 unidades.

Figura 9

Grupo de 9 especímenes de bloques correspondientes al diseño de mezclas 1:4.



Nota. Elaboración propia

Figura 10

Peso de la muestra 1 dosificación 1:4.5 ensayada a los 28 días, sin inclusión de neopreno triturado.



Nota. Elaboración propia

Figura 11

Bloque ensayado a los 28 días con dosificación 1:4.5, sin inclusión de neopreno triturado.



Nota. Elaboración propia

Figura 12

Resistencia a la compresión de la muestra 1 dosificación 1:4.5 ensayada a los 28 días, sin inclusión de neopreno triturado.



Nota. Elaboración propia

Finalmente se optó por trabajar con el diseño de mezcla intermedio, 1 :4, pues existía incertidumbre del cómo iba a interactuar el caucho con el concreto, por lo que, con la dosificación intermedia efectivamente, se logró ir con una resistencia que estuviera en el rango de la mínima estipulada por la NTC 4076, es decir, con valores que no se alejaran mucho, por encima o por debajo de esta.

5.2 Evaluar los ensayos físicos mecánicos de flexo-compresión realizados a los bloques fabricados con neopreno triturado en dosificaciones del 15% y 25%, el cual reemplaza el agregado fino en la mezcla

Durante el procedimiento de elaboración de los bloques que incorporan neopreno triturado en reemplazo del agregado fino en porcentajes del 15% y 25%, se pudo observar que existen alteraciones en el proceso de fabricación de dichos bloques, y también, en los resultados en cuanto a la comparación de la fabricación normal se refiere; ya que el caucho en los dos porcentajes mencionados le resta trabajabilidad al concreto, debido a que el neopreno presenta una densidad menor, y por tanto, ocupa mayor volumen, y dicha particularidad dentro de la mezcla, dificulta la correcta combinación de los materiales.

Figura 13

Mezclado manual del agregado con el neopreno triturado.



Nota. Elaboración propia.

Al proceder a mezclar los materiales con la pala, se observó que no se presenta el comportamiento normal de una mezcla de este tipo, esto, en cuanto a la pala es utilizada en una mezcla ordinaria de concreto; en este caso se pudo evidenciar que se dificulta más usar esta herramienta, ya que se presenta una reacción o rebote de la misma, causado principalmente por las características físicas de las fibras de neopreno utilizado en la mezcla de concreto, dentro de las que sobresalen la elasticidad y flexibilidad.

Figura 14

Muestra del caucho triturado utilizado para la fabricación de los bloques de concreto.



Nota. Elaboración propia.

Las fibras de caucho triturado en su gran mayoría cuentan con una longitud aproximada de 20 mm y 3 mm de diámetro, aunque también se presentan filamentos de menor longitud, pero en porcentajes muy bajos. La existencia de la cantidad necesaria de neopreno triturado para la presente investigación en la ciudad de Ocaña, agilizó el inicio de la fabricación de los bloques. El caucho es originario de Bucaramanga, aunque en otras ciudades como Medellín y Bogotá también hay existencia del producto, que se obtiene del reciclaje de las llantas de vehículos y de la posterior pretrituración de las mismas.

En cuanto al resultado final obtenido a partir de la elaboración de la mezcla, se evidenció que, esta, al final del mezclado, quedó esponjosa y no uniforme debido al elevado volumen de vacíos, caso que se constató en la realización de los ensayos propuestos y que derivó en una disminución en la resistencia de los bloques. Una vez vertido el concreto en el molde que se diseñó para la fabricación de los mismos, se observó que entre mayor cantidad a utilizar en cuanto a porcentaje de caucho triturado se refiere, se incrementaría el grado de dificultad al

momento de realizar la compactación manual del concreto, debido al alto volumen de vacíos presentes en la mezcla y generados por la inclusión del neopreno triturado, presentándose así también, mayor pérdida de cohesión para el porcentaje con valor superior de inclusión de neopreno triturado dentro de la mezcla de concreto, puntualmente, para el porcentaje del 25%.

A la hora de desencofrar el bloque se presentaron dos situaciones. En primera instancia se había utilizado un molde artesanal, y en la fabricación de los tres primeros bloques se desmoronaron al ser extraídos del mismo; por lo cual se cambió a la opción de fabricarlos dentro de un molde industrial de compactación manual, en este caso, no se presentó ninguna desventaja dentro de los parámetros para este procedimiento y fue factible la fabricación de los bloques dentro de dicho molde.

Figura 15

Primer molde utilizado para la fabricación de bloques de concreto, de procedencia artesanal.



Nota. Elaboración propia.

Figura 16

Vista superior del primer molde utilizado para la fabricación de bloques de concreto, de procedencia artesanal.



Nota. Elaboración propia.

Figura 17

Intento fallido de fabricación de bloque con molde artesanal



Figura 18

Molde industrial de compactación manual elegido para la fabricación de los especímenes a fallar de concreto y neopreno triturado.



Nota. Elaboración propia.

Figura 19

Lote de muestras junto al molde industrial de compactación manual.



Nota. Elaboración propia.

La realización de los ensayos a los sujetos de prueba, fueron programados a los 7, 14 y los 28 días después del vaciado de concreto en el molde, con el fin de obtener los valores de la resistencia máxima para los dos porcentajes de inclusión de neopreno triturado, del 15% y 25%, en reemplazo del agregado fino, y de este modo, poder comparar dichas resistencias con las obtenidas en el bloque fabricado ordinariamente, es decir, sin la inclusión de neopreno o caucho triturado.

A continuación, se escogieron aleatoriamente algunos de los resultados generales plasmados gráficamente en fotografías correspondientes a los ensayos practicados a los bloques de concreto, con la novedad de incorporación de caucho triturado; los demás resultados aparecerán plasmados en las tablas que de a poco van apareciendo posteriormente.

Figura 20

Peso de la muestra 2 con 15% de caucho triturado, a ensayar a los 28 días.



Nota. Elaboración propia

Figura 21

Muestra 2 con 15% de caucho triturado, en ensayo de compresión a los 28 días.



Nota. Elaboración propia.

Figura 22

Valor de la resistencia en MPa de la muestra 2 con 15% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.



Nota. Elaboración propia.

Figura 23

Morfología de falla a flexión de la muestra 2 con 15% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.



Nota. Elaboración propia.

Figura 24

Peso de la muestra 1 con 25% de caucho triturado, a ensayar a los 28 días.



Nota. Elaboración propia

Figura 25

Valor de la resistencia en MPa de la muestra 1 con 25% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.



Nota. Elaboración propia.

Figura 26

Morfología de falla a flexión de la muestra 1 con 25% de caucho triturado, ensayada a los 28 días.



Nota. Elaboración propia.

Ahora, se presentan las tablas que sustentan los demás resultados de los ensayos efectuados a las diferentes muestras o testigos para los dos porcentajes mencionados, puntualmente, del 15% y 25% de adición de neopreno triturado; También, se añaden los valores obtenidos de las resistencias para los bloques de concreto sin inclusión de neopreno triturado o de fabricación normal. Las longitudes fueron medidas en centímetros y las resistencias en Megapascuales. En cuanto a las medidas de los lados de los bloques de concreto, se cumple con lo designado en la NTC 4076, que obliga a que los fabricantes de estas unidades garanticen que sus productos no difieran en las dimensiones reales con respecto a las normales, en más de 2 milímetros para su longitud, espesor y altura.

Tabla 3

Resultado de los ensayos realizados a los bloques comunes. (Sin inclusión de caucho triturado)

Elemento estudiado	Muestra N°	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Peso(kg)	Resistencia(MPa)
Bloque común a los 7 días	1	40	10	20	7,863	4,50
	2	40	10	19,9	7,896	5,57
	3	40	10	20	8,079	6,61
Bloques común a los 14 días	1	40	9,8	20	7,792	7,57
	2	40	10	20	8,162	6,54
	3	39,9	9,8	20	7,869	2,63
Bloque común a los 28 días	1	40	10	20	7,426	4,98
	2	40	10	20	7,761	6,48
	3	40	9,9	20	7,74	7,08

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4

Resultado de los ensayos realizados a los bloques con inclusión de caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 7 días después del vaciado del concreto

Elemento Estudiado	Muestra N°	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Peso(kg)	Resistencia(MPa)
Bloque 15% de caucho a los 7 días	1	40	10	20	7,71	3,5
	2	39,9	10	20	7,564	4,63
	3	40	10	20	7,685	5,15
Bloque 25% de caucho a los 7 días	1	40	10	20	7,233	3,18
	2	40	10	19,9	6,853	2,1
	3	40	10	19,9	7,145	3,29

Nota. Elaboración propia.

Tabla 5

Resultado de los ensayos realizados a los bloques con inclusión de caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 14 días después del vaciado de concreto

Elemento Estudiado	Muestra N°	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Peso(kg)	Resistencia(MPa)
Bloques 15% de caucho a los 14 días	1	39,9	10	20	7,668	4,86
	2	40	10	20	7,639	5,17
	3	40	9,9	20	8,218	5,46
Bloque 25% de caucho a los 14 días	1	40	10	20	7,522	3,93
	2	39,9	10	20	7,685	3,69
	3	40	10	20	7,563	3,89

Nota. Elaboración propia.

Tabla 6

Resultado de los ensayos realizados a los bloques con inclusión de caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 28 días después del vaciado de concreto

Elemento Estudiado	Muestra N°	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)	Peso(kg)	Resistencia(MPa)
Bloque 15% de caucho a los 28 días	1	40	10	20	7,687	4,6
	2	40	10	20	8,173	6,56
	3	40	10	19,9	7,837	4,36
Bloques 25% de caucho a los 28 días	1	39,9	10	20	7,194	3,73
	2	39,8	10	20	7,468	3,1
	3	40	10	20	7,628	4,45

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7

Resistencia promedio para el bloque común y los que incorporan caucho triturado en porcentajes del 15% y 25% a los 7, 14 y 28 días

Días	Resistencia promedio bloque común (MPa)	Resistencia promedio bloque con 15% de caucho (Mpa)	Resistencia promedio bloque con 25% de caucho (Mpa)
7	6,977	4,427	2,857
14	5,58	5,163	3,837
28	6,18	5,173	3,76

Nota. Elaboración propia.

A continuación, la tabla 8 actuará como una tabla resumen de cómo se comportaron los bloques de concreto en ambos porcentajes de inclusión de caucho triturado. Resulta realmente positivo el hecho de que una buena parte de los bloques con 15% de neopreno triturado haya cumplido con los requisitos de resistencia que exige la NTC 4076, puntualmente un porcentaje mayor al 44%. En el caso de los bloques con un 25% de neopreno triturado, ninguno de ellos cumplió el requisito de la norma, lo cual significa que la resistencia exigida puede alcanzarse con

porcentajes más pequeños de inclusión de neopreno triturado, y que, con valores muy elevados, la resistencia de los bloques disminuirá.

Tabla 8

Porcentajes que cumplen con la resistencia mínima establecida por la NTC vs a los que no cumplen

Elemento en estudio	Parámetro	
	% cumple	% no cumple
Bloque 15% caucho	44,44	55,56
Bloque 25% caucho	0	100,00

Nota. Elaboración propia.

En cuanto al análisis de las unidades o bloques de concreto fabricados con la adición de neopreno triturado en porcentajes del 15% y 25%, se puede advertir, como se puede observar en la siguiente tabla informativa, que efectivamente la inclusión de caucho triturado, ayudó a que el peso en los bloques de concreto disminuyera notoriamente, principalmente para los bloques que fueron fabricados con inclusión de neopreno triturado en porcentajes del 25%, lo que si se llegara a aplicar en la industria de la construcción, se obtendrían estructuras más livianas y una notoria reducción de cargas; Esto, analizándolo solamente desde el punto de vista de la influencia que tiene la adición del caucho triturado en el peso de los bloques de concreto, y dejando a un lado el aspecto de su resistencia, que más adelante se abordará a grosso modo. Ahora, se puede denotar que específicamente existe un valor en la reducción del peso de los bloques de concreto del 6% y 0,5% para los porcentajes de inclusión de neopreno triturado del 25% y 15% respectivamente, esto comparado con el bloque de concreto que se fabrica convencionalmente.

Tabla 9

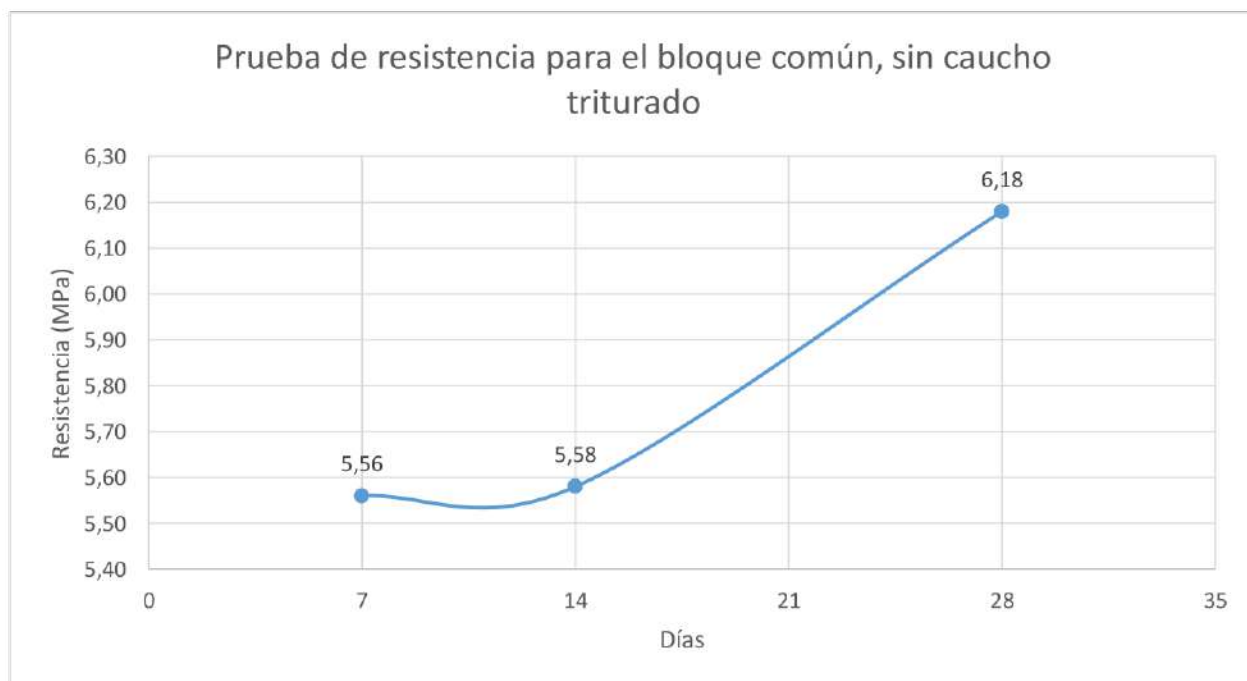
Diferencia porcentual de peso entre la muestra de bloques comunes vs los que contienen la adición de caucho triturado

Elemento en estudio	Peso total muestra (kg)	% peso más liviano a partir del bloque común
Bloque común	70,588	-
Bloque 15% caucho	70,181	0,576585255
Bloque 25% caucho	66,291	6,087436958

Nota. Elaboración propia.

Figura 27

Prueba de resistencia para el bloque común, sin caucho triturado.



Nota. Elaboración propia.

Figura 28

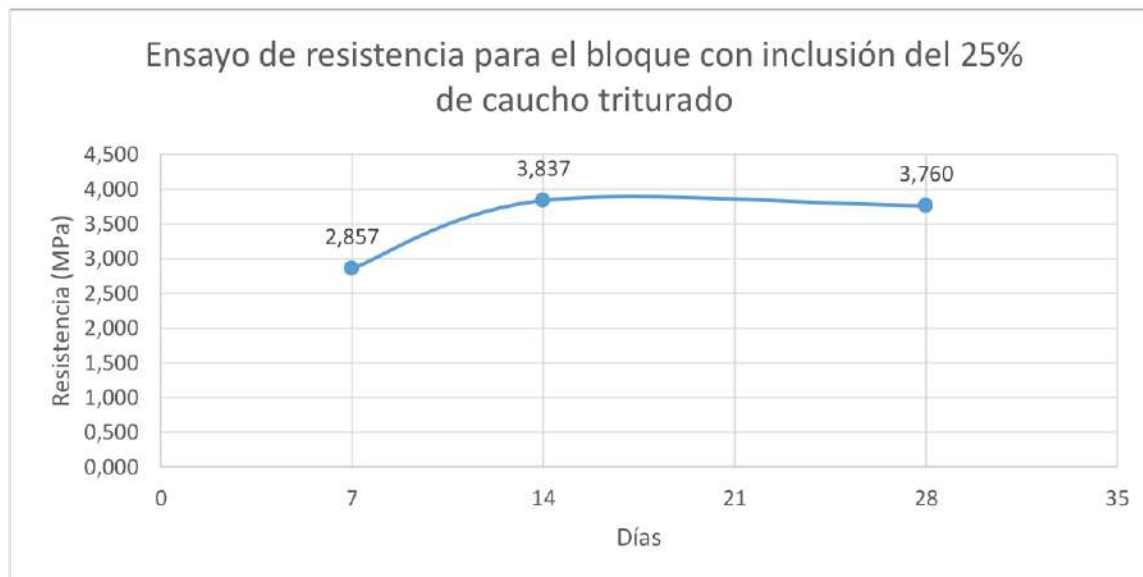
Ensayo de resistencia para el bloque con inclusión del 15% caucho triturado.



Nota. Elaboración propia

Figura 29

Ensayo de resistencia para el bloque con inclusión del 25% de caucho triturado.



Nota. Elaboración propia

Una vez ensayados los bloques en los diferentes porcentajes de inclusión de caucho triturado, se logró observar que las fallas producidas por la carga fueron fallas a flexión. los bloques que soportaron mayor carga fueron los del 15% de neopreno triturado. De las muestras con 15% de caucho solo el 44.44% cumplió con la resistencia mínima establecida por la NTC 4076, y el 55.56% estuvo cerca de la resistencia mínima pero no cumplió. Los bloques con 25% de caucho triturado alcanzaron una resistencia muy por debajo de los que cuentan en su mezcla con un 15% de neopreno triturado, y es que efectivamente, el 100% de los bloques con dicha dosificación, no alcanzaron la resistencia mínima requerida por la norma.

5.3 Identificar los costos de producción de un bloque con incorporación de neopreno vs los costos de un bloque de concreto tradicional

Para desarrollar el respectivo análisis del costo unitario de los bloques, primero fue necesario hacer un estudio de costos de los materiales a usarse; por lo que se recurrió a la opción de visitar diferentes ferreterías de la ciudad de Ocaña y así obtener costos pesimista, moderado y optimista de los materiales a utilizar, para así, determinar el costo promedio del material a usar. Respecto al neopreno triturado se usó el mismo procedimiento, solo que los valores fueron obtenidos de diferentes distribuidores vía web, pues en la ciudad no hay procesadoras de este material. Se obtuvieron de dicha manera los siguientes resultados:

Tabla 10

Lista de materiales y costos para la fabricación de los bloques en estudio

Material	Tipo de costo	Valor (COP)	Costo utilizado (COP)
M3 de arena	Optimista	50000	55000,00
	Moderado	55000	
	Pesimista	60000	
Bulto de cemento	Optimista	22000	22733,33
	Moderado	22700	
	Pesimista	23500	
M3 de agua	Optimista	10000	11966,67
	Moderado	12500	
	Pesimista	13400	
M3 de neopreno triturado	Optimista	480000	537733,33
	Moderado	533200	
	Pesimista	600000	
Mano de obra (día)			40000,00
Bloques/día (300)			133,333

Nota. Elaboración propia.

Para el cálculo del costo unitario de los bloques normales, se utilizaron las cantidades y medidas usadas en campo. Con la dosificación 1:4, con 1,33 cuñetes en un balde con capacidad de 20Lts de material total a usar, esto es en cemento, agregados y agua, con valores de 0.25, 1, y 0.075 cuñetes, se lograron realizar 5 bloques; se obtuvieron así, 314 bloques por m³ de concreto en campo, usando un total de 1,256 m³ de agregado fino, 7,85 bultos de cemento y 0,1884 m³ de agua. Siendo así, se determinó un valor de \$ 249.924,49 /m³ concreto y un costo unitario del bloque de \$ 795,94 COP.

Tabla 11

Cálculo del costo unitario del bloque de concreto fabricados sin incorporación de neopreno triturado

Parámetro	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo total (COP)
m3 arena/m3 concreto	1,256	55000,00	69080,00
m3 caucho/m3 concreto	0	537733,33	0,00
Bultos cemento/m3 concreto	7,85	22733,33	178456,64
m3 de agua	0,1884	11966,67	2254,52
Mano de obra	1	133,33	133,33
Costo m3 de concreto	= \sum costos		249924,49
Costo unitario bloque	= Costo m3 concreto/#bloques por m3		795,94

Nota. Elaboración propia.

Para el costo unitario de los bloques de concreto reemplazando el agregado fino en un porcentaje del 25% de llanta triturada, se utilizaron las cantidades y medidas usadas en campo, así, se trabajó con una dosificación 1:4; con 1,32 cuñetes (balde de 20Lts) de material total, esto es: 02,5 cuñetes de cemento, 0.75 cuñetes de agregado fino, 0,25 cuñetes de llanta triturada y 0,0675 cuñetes de agua, equivalentes a 2,7 litros de dicho líquido. Se lograron realizar 4 bloques; obteniendo así 252 bloques por m3 de concreto en campo, usando un total de 0,945 m3 de agregado fino, 0,315 m3 de llanta triturada, 7,875 bultos de cemento, 0,0675 m3 de agua. Logrando así un valor de \$ 402554,83 /m3 concreto y un costo unitario del bloque de \$ 1597,44 COP.

Tabla 12

Determinación del costo unitario del bloque de concreto con incorporación de neopreno triturado en porcentajes del 25%

Parámetro	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo total (COP)
m3 arena/m3 concreto	0,945	55000,00	51975,00
m3 caucho/m3 concreto	0,315	537733,33	169385,999
Bultos cemento/m3 concreto	7,875	22733,33	179024,974
m3 de agua	0,1701	11966,67	2035,531
Mano de obra	1	133,33	133,33
Costo m3 de concreto	= \sum costos		402554,83
Costo bloque unitario	= Costo m3 concreto/#bloques por m3		1597,440

Nota. Elaboración propia.

Para el costo unitario de los bloques de concreto reemplazando el agregado fino por 15% de llanta triturada, se utilizaron las cantidades y medidas usadas en campo, implementando una dosificación 1:4; con 1,22 cuñetes de material total, en un balde de 20Lts, dentro de los cuales se tienen 0,25 cuñetes de cemento, 0,75 cuñetes de agregado fino, 0,15 cuñetes de llanta triturada, y 0,0725 cuñetes de agua, equivalentes a 2,9 litros de este líquido. Con dicha cantidad de material, se lograron realizar 4 bloques, obteniendo así 272 bloques por m3 de concreto en campo, usando un total de 1,020 m3 de agregado fino, 0,204 m3 de llanta triturada, 8,5 bultos de cemento, y 0,192 m3 de agua. Logrando así un valor de \$ 361521,664 /m3 concreto y un costo unitario del bloque de \$1329,12 COP.

Tabla 13

Determinación del costo unitario del bloque de concreto con incorporación de neopreno triturado en porcentajes del 15%

Parámetro	Cantidad	Costo unitario (COP)	Costo total (COP)
m3 arena/m3 concreto	1,020	55000,00	56100,00
m3 caucho/m3 concreto	0,204	537733,33	109697,599
Bultos cemento/m3 concreto	8,5	22733,33	193233,305
m3 de agua	0,197	11966,67	2357,43
Mano de obra	1	133,33	133,33
Costo m3 de concreto	= \sum costos		361521,664
Costo unitario bloque	= Costo m3 concreto/#bloques por m3		1329,12

Nota. Elaboración propia.

Cabe decir que, en cuanto a la cantidad de bloques normales de concreto obtenidos y los bloques con adición de neopreno triturado en porcentajes del 15% y 25%, se puede apreciar que, indiscutiblemente la cantidad obtenida de bloques al aplicar los porcentajes de llanta triturada, es menor a la cantidad obtenida de bloques con fabricación convencional, es decir, sin inclusión de neopreno triturado; esto se debe a que en el momento de dosificar la llanta triturada, debido a su baja densidad y que a sus partículas se encuentran bastante separadas, se genera un gran índice de vacíos al realizar la respectiva medición cuando es incluido el neopreno triturado, lo que conlleva a una medición volumétrica inexacta.

Adicional a lo anterior, al momento de verter el material mezclado en el molde y realizar la compactación, ocurre que al contar la mezcla con un índice de vacíos elevado, esta luego de compactarla, se pudo apreciar que su volumen se reduce drásticamente, lo que genera a su vez, diferencias elevadas entre la cantidad de material medido y compactado en el bloque; por tanto,

el número de bloques es menor al esperado o en comparación con el bloque normal, ya que como se aclaró anteriormente, en el momento de la compactación dicho volumen se reduce.

En cuanto a la comparación de costos de fabricación respecto a los diferentes tipos de bloques, se pudo apreciar que estos se incrementaron en los bloques que implementaron la inclusión de neopreno triturado, ya que actualmente, por diferentes razones, como la consecución del neopreno triturado, se hace un poco difícil por la distribución mercantil y la ubicación geográfica de la ciudad de Ocaña, con respecto a la ubicación de las empresas distribuidoras de este recurso. Luego, se incrementa al precio del producto al ser transportado en largos recorridos con destino hacia la ciudad.

5.4 Realizar análisis de microscopía de la mezcla que tendrá el bloque con neopreno para determinar las características internas de las partículas

El análisis de microscopía se realizó en la ciudad de Medellín, dentro de las instalaciones de la Universidad EAFIT. Esta institución es reconocida por ofrecer diversos servicios de laboratorio de investigación en materiales, resaltan los diferentes análisis con el uso de diversos microscopios ópticos de transmisión, balanzas analíticas y espectrómetros. En nuestro caso se hizo necesario el análisis mediante el uso del Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), o Scanning Electron Microscope por sus siglas en inglés.

La muestra inicialmente, es inspeccionada visualmente para constatar que no esté contaminada con impurezas. Se hace necesario para la muestra del material a analizar, el debido

cumplimiento de una serie de requisitos o características con las que debe contar este. Constituye, un primer requisito, el de la limpieza, del cual se habló anteriormente.

Figura 30

Inspección visual de la muestra del material creado a partir de la inclusión de neopreno triturado en bloques de concreto, instalada en el soporte para su posterior uso en el microscopio.

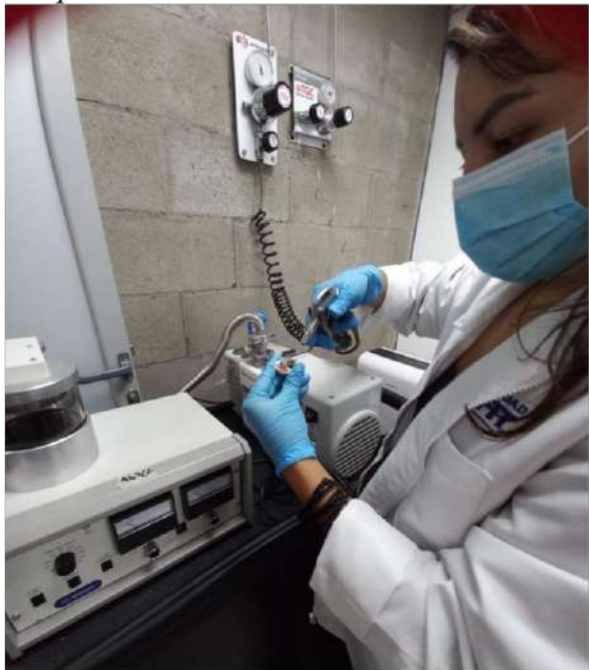


Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Como segundo requisito, se tiene que la muestra antes de ser expuesta al bombardeo con el haz de electrones, debe estar completamente deshidratada o seca. Se habla de interacción con un haz de electrones, ya que, a partir de la incidencia de estos sobre el material en estudio, es que se pueden obtener las imágenes con las principales características morfológicas que se desean conocer.

Figura 31

Preparación de la muestra antes de ser instalada en la columna de vacío.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Cabe resaltar que otras de las características que debe tener la muestra, es que debe estar completamente fija al soporte, para que cuando se presente la interacción con el haz de electrones, no ocurran posibles fallas en la recolección de la información por parte del sistema. Para esto el encargado del laboratorio utiliza unas etiquetas en carbono, u otros materiales, con pegantes especiales permitidos para dicho fin.

Figura 32

Muestra fijada al soporte con pegantes especiales en carbono.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Figura 33

Muestra en la columna de vacío en preparación para la interacción provocada por la diferencia de potencial.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Si las muestras no son metálicas o conductoras de la electricidad, se procede a instalar un pequeño aparato metalizador; al final de dicho proceso, la muestra resulta con una costra o delgada capa de metal imperceptible visualmente, ya que procede de átomos de oro que se desprenden por efecto de las temperaturas tipo plasma, pero que permite generar la topografía microscópica de la muestra.

Figura 34

Muestra de concreto con inclusión de neopreno triturado en interacción con el haz de electrones.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Figura 35

Estado final de la muestra luego de realizar el Análisis de Microscopía SEM.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Luego de la interacción con el haz de electrones, y gracias principalmente a los electrones secundarios que son emitidos por la superficie del material durante dicho bombardeo, el ordenador puede generar imágenes en escala de grises y procesar información analítica, que informarán sobre la morfología del material, en este caso, el fragmento de bloque fabricado a partir de la inclusión de neopreno triturado.

Figura 36

Morfología superficial de la muestra en la Toma 1 con Scanning Electron Microscope SEM.

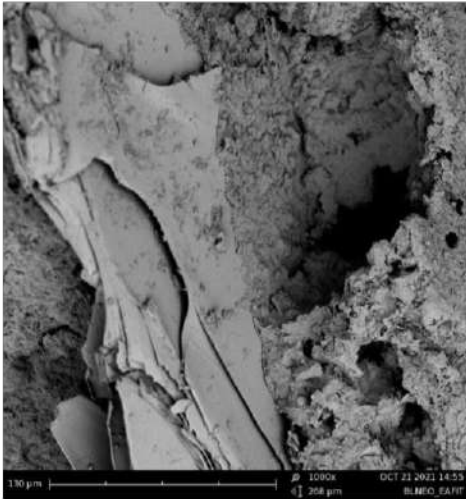


Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Lo que ocurre, es que el operario al encender el filamento que producirá el haz de electrones incidentes sobre el material, ajusta el foco a su voluntad, donde desea analizar la muestra a partir de un barrido lento sobre esta. El ordenador produce imágenes con diferentes zooms, de acuerdo a los requerimientos del investigador. En nuestro caso, se podrá ir observando como a partir de la anterior imagen, irá variando dicha relación focal, y a partir de ello, se podrán observar las fisuras microscópicas presentes en el material experimentado.

Figura 37

Morfología superficial de la muestra en la Toma 1, zoom 100x con Scanning Electron Microscope SEM.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Figura 38

Morfología superficial de la muestra en la Toma 1, zoom 410x con Scanning Electron Microscope SEM.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Figura 39

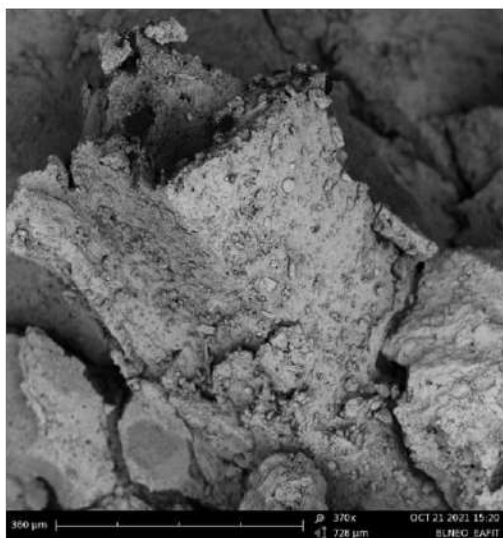
Morfología superficial de la muestra en la Toma 1, zoom 410x con Scanning Electron Microscope SEM.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Figura 40

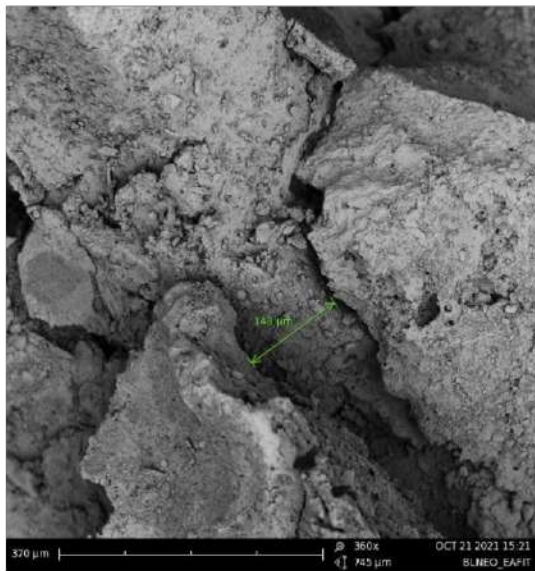
Morfología superficial de la muestra en la Toma 2 con Scanning Electron Microscope SEM.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Figura 41

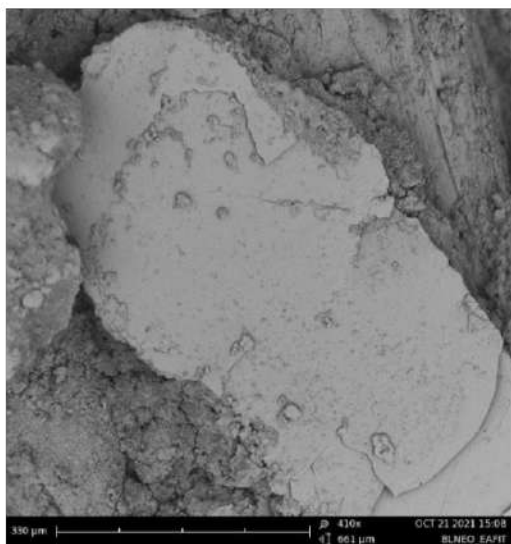
Morfología superficial de la muestra en la Toma 2, zoom 360x con Scanning Electron Microscope SEM.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

Figura 42

Morfología superficial de la muestra en la Toma 3 con Scanning Electron Microscope SEM.



Nota. Laboratorio de Investigación en Materiales EAFIT

En todas las imágenes creadas por el ordenador del Laboratorio de Investigación en Materiales de la EAFIT, se coincide en la observación de diversas fisuras microscópicas de la fracción de bloque de concreto con neopreno triturado. Gracias a estas tomas, se puede advertir que no hay adherencia entre el mortero y el neopreno, y que esa, es la causa principal de las fisuras internas que presenta la mezcla.

6. Conclusiones

A través de la realización de este proyecto, se pudo concretar el objetivo planteado, cuyo fin residía en analizar el comportamiento físico-mecánico de bloques de concreto, estos, fabricados a partir de la inclusión de neopreno triturado en reemplazo del agregado fino, en porcentajes del 15% y 25%. Con este nuevo material creado, se obtuvieron resultados que apoyarán la inventiva de posteriores investigaciones en cuanto a realizar valoraciones sobre la utilización de este con fines constructivos, en miras, a disminuir la contaminación ambiental a través de la reutilización de las llantas desechadas de vehículos.

Se realizó el diseño de mezcla procediendo a fallar 9 especímenes por cada una de las 3 dosificaciones planteadas, esto, a un tiempo de 7, 14 y 28 días, esperando conseguir la resistencia máxima de cada sujeto de prueba. Fue elegida, y se encontró que con la dosificación 1:4 se podía esperar una resistencia que estuviera en el rango de la mínima, estipulada por la NTC 4076, y cuyo valor para bloques analizados individualmente es de 5 MPa, y 6 MPa para el promedio de 3 unidades. Además, se escogió dicha dosificación esperando que, con la inclusión del neopreno triturado en la mezcla, el valor de la resistencia no oscilara en valores muy bajos, o en su defecto, en valores muy elevados.

Una vez ensayados los bloques y después de haber analizado los resultados encontrados, se puede concluir que, a mayor adición de llanta triturada, menor resistencia esperada; es decir el porcentaje de adición de llanta triturada es inversamente proporcional a la resistencia del bloque,

esto se debe a que el caucho es un material flexible y el concreto un material rígido, por lo tanto al aplicar la carga las partículas de caucho se comprimen mucho y generan vacíos en el concreto lo que le quita resistencia al bloque y permite que este falle a flexión rápidamente, puntualmente, donde se encuentran las partículas de caucho triturado, y es por ello, que para los bloques con inclusión del 25% de neopreno, el 100% de ellos no cumplieron con lo dispuesto en la NTC 4076; y para el otro caso, el del porcentaje de inclusión del 15% de neopreno, solo el 44.44% de los bloques cumplieron.

En el proceso de identificación de costos, y su posterior análisis comparativo, se pudo apreciar una marcada diferencia de precios unitarios entre los bloques de fabricación normal y los que implementan la inclusión de llanta triturada, resultando con mayores gastos de fabricación aquellos bloques que llevan el neopreno triturado, pues el precio por kilogramo de este material es relativamente costoso a comparación con los agregados que se usan convencionalmente, lo que eleva en sí el costo del bloque y abre una brecha económica debatible en la fabricación de estos.

Con los resultados obtenidos al intervenir la muestra del bloque de concreto con inclusión de neopreno triturado en el Scanning Electron Microscopy (SEM) de microscopía avanzada, se tiene como concluyente, que dicha mezcla usada en la fabricación de bloques, hace que estos, en los porcentajes mencionados de inclusión de neopreno triturado, no puedan ser utilizados como elementos estructurales por las múltiples fisuras internas que fueron halladas al realizar el ensayo aludido.

7. Referencias

Albano, C., Camacho, N., Hernández, M., Bravo, A., & Guevara, H. (2008). Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamaños de partículas. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V*, 23(1), 73-76. Obtenido de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/5047/4854

Albañil, J., & Ortega, C. (2019). Evaluación del aprovechamiento de caucho de neumáticos reciclados para la fabricación de mampuestos termo-acústicos. (*Tesis de pregrado*). Universidad Piloto de Colombia, Girardot-Cundinamarca. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5778/TESIS%20-%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Almeida, N. (2011). Utilización de fibras de Caucho de Neumáticos Reciclados en la Elaboración de Bloques de Mampostería para Mitigar el Impacto Ambiental en el Cantón Ambato. (*Tesis de pregrado*). Universidad Técnica de Ámbato, Ámbato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/4346/1/Tesis%20670-Almeida%20Salazar%20Neyva%20Gissela.pdf>

Aponte, J., & Villazón, H. (2001). *Aspectos básicos de los materiales usados en ingeniería*. Obtenido de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1352/1080>

Arango, T. (4 de Mayo de 2016). *La República*. Obtenido de La República:
<https://www.larepublica.co/empresas/colombia-importa-53-millones-de-llantas-al-ano-2375776>

Barluenga, G., & Hernández, F. (01 de Enero de 2004). *Experimental approach to the use of recycled materials in mortar and concrete for architectural applications*.

Obtenido de Researchgate:

https://www.researchgate.net/publication/237662178_EXPERIMENTAL_APPROACH_TO_THE_USE_OF_RECYCLED_MATERIALS_IN_MORTAR_AND_CONCRETE_FOR_ARCHITECTURAL_APPLICATIONS

Cámara Colombiana de la Construcción. (2015). *Proyecto de investigación del sector de la construcción de edificaciones en Colombia*. Obtenido de CAMACOL:
<https://camacol.co/sites/default/files/documentos/Proyecto%20Investigativo%20del%20Sector%20de%20la%20Construccion.pdf>

Centro Catalán del Reciclaje. (16 de Diciembre de 2011). *Proyecto de aplicación de granza de caucho de neumáticos fuera de uso triturados en prefabricados de hormigón*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/MarioParra/proyecto-de-aplicacin-de-granza-de-caucho-de-neumticos-fuera-de-uso-triturados-en-prefabricados-de-hormign>

CESVI COLOMBIA. (1 de Julio de 2018). *Final al frustrado proceso en la disposición de llantas usadas*. Obtenido de Autocrash:

<https://www.revistaautocrash.com/final-al-frustrado-proceso-la-disposicion-llantas-usadas/>

Chipa, M. (2015). Ventajas comparativas en las propiedades fisico-químicas, mecánicas y medioambientales de los adhesivos de policloropreno en dispersión acuosa y en base solvente. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Callao, Callao. Obtenido de

file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Miguel_Tesis_T%C3%ADtulo profesional_2015.pdf

Cruz, H., & Gonzales, F. (2003). Abrasión en concreto de alta resistencia. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 24 (2), 25-29. Obtenido de

<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/371-1575-1-PB.pdf>

Di Marco, R., & León, H. (septiembre de 2017). Ladrillos con Adición de PET, una Solución Amigable para Núcleos Rurales del Municipio del Socorro. *Trabajo presentado en el 5to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables en la Universidad Libre*. Bogotá.

El Tiempo. (24 de Octubre de 2016). *El reciclaje de llantas, un mercado que todavía falta por explorar*. Obtenido de El Tiempo:

<https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/reciclaje-de-llantas-en-colombia-52722>

ERICA. (18 de Mayo de 2015). *Plancha caucho natural: altas prestaciones*.

Obtenido de Erica: http://www.eric.es/tecnicas/upload/CAUCHOS/PLANCHAS/NR-NATURAL/ES_R499-CARAMELO.pdf

Ferrándiz, T. (1995). Adición de resinas de hidrocarburos a adhesivos de policloropreno. (*Tesis doctoral*). Universidad de Alicante, Alicante. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Ferrandiz-Gomez-Teresa.pdf>

Gómez, J. (2013). *Materiales de construcción*. Obtenido de

https://www.academia.edu/19374240/39247781_libro_materiales_de_construccion_130127113325_phpapp01

Gonzalo, V. (2012). Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos. (*Tesis de maestría*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de

http://oa.upm.es/14429/2/TESIS_MASTER_VANESA_GONZALO_SANCHEZ.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (16 de Abril de 1997).

NTC 4076. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad La Gran Colombia:

<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/4017/Anexo%207%20NTC-4076.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

Mamlouk, M., & Zaniewski, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. Obtenido de

https://www.academia.edu/32903208/Materiales_Para_Ingenier%C3%ADa_Civil_Michael_S_Mamlouk_and_John_P_Zaniewski_2da_Edici%C3%B3n

Martín, L. (2 de Agosto de 2018). *Edificación saludable, nueva tendencia para cuidar el medio ambiente y las personas*. Obtenido de Compromiso Empresarial:

<https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2018/08/edificacion-saludable-nueva-tendencia-para-cuidar-el-medio-ambiente-y-las-personas/>

McCormac, J., & Brown, R. (2011). *Diseño de concreto reforzado*. Obtenido de https://www.academia.edu/36660354/Dise%C3%B1o_de_Concreto_Reforzado_Jack_C_McCormac_Russell_H_Brown_8Ed

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Marco de políticas*. Obtenido de Minambiente:

https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/contenido_2_3.html

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Julio de 2010, 29 de julio). *Resolución 1457*. Diario Oficial de la República. Obtenido de Secretaría Distrital del Hábitat:

https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Programa_posconsumo_existente/RESOLUCION_1457_de_2010_llantas.pdf

Perez, J. C., & Arrieta, Y. L. (2017). Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI. (*Tesis de pregrado*). Universidad Católica de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15486/1/Tesis.pdf>

Pujadas, P. (2008). Durabilidad del Hormigon con Fibras de Polipropileno. (*Tesis doctoral*). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/6554>

Rivera, G. (2011). *Concreto simple*. Obtenido de https://www.academia.edu/13569512/CONCRETO_SIMPLE

Sabino, C. (1992). *El proceso de investigación*. Caracas: Panapo. Recuperado el 8 de Diciembre de 2020, de https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/el-proceso-de-investigacion_carlos-sabino.pdf

Segura, F. (2011). *Estructuras de concreto I*. Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/62782881/estructuras-en-concreto-jorge-segura-franco-7ed-pdf>

Sorgato, V. (5 de Junio de 2016). *Llantas, un desecho peligroso y reciclable*. Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/llantas-desecho-reciclaje-contaminacion-medioambiente.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20el%20Ministerio%20del%20Ambiente,por%20mosquitos%20y%20otros%20vectores.&text=3%20000%20000%20de%20llantas>.

Suárez, J., & Ávila, J. (2016). Propuesta para el uso de neopreno en ensayos de resistencia a la compresión de morteros de mampostería como método adicional de refrentado. (*Tesis de pregrado*). Universidad La Gran Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5556/1.%20Tesis%20final%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Suárez, R. (24 de Octubre de 2016). *El reciclaje de llantas, un mercado que todavía falta por explorar*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/reciclaje-de-llantas-en-colombia-52722>

Superintendencia de Industria y Comercio. (Julio de 2012). *Industria y Comercio Superintendencia*. Obtenido de Industria y Comercio Superintendencia:

https://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudios_Economicos/Estudios_Mercado/Estudiosobreelsectorautomotor.pdf

Universidad Libre. (22 de Junio de 2018). *Más de 835.000 bogotanos prefieren la bicicleta para movilizarse*. Obtenido de Semana:

<https://www.semana.com/nacion/articulo/cuantas-personas-montan-bicicleta-en-bogota/572660>

Uribe, T. (2012). *Mampostería no estructural*. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/002418717c1a602916052>

Vásquez, M. (13 de Mayo de 2011). *Las llantas viejas con un problema ambiental "radial"*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-9343605>

Venegas, L. (2016). Evaluación del comportamiento del grano de caucho de llanta reciclada en la producción de concreto para la empresa Argos. (*Tesis de pregrado*). Universidad de América, Bogotá. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/432/1/6112739-2016-2-IQ.pdf>