

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE ADOQUINES A BASE DE NEUMATICOS
RECUPERADOS EN CANTAURA
EDO. ANZOATEGUI.**

Realizado por:

Malavé G., Génesis M.

Moya M., Alexander J.

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito para
optar al Título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, 22 julio 2021.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE ADOQUINES A BASE DE NEUMATICOS
RECUPERADOS EN CANTAURA
EDO. ANZOATEGUI.**

Realizado por:

Malavé G., Génesis M.

Moya M., Alexander J.

Prof. Jesús Álvarez.

Tutor Académico

Cantaura, 22 de julio 2021.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE ADOQUINES A BASE DE NEUMATICOS
RECUPERADOS EN CANTAURA
EDO. ANZOATEGUI.**

El Jurado hace constar que asignó a esta a Tesis la calificación de:

APROBADO

Prof. Anabel González
Jurado Principal

Prof. Laurimar Rojas
Jurado Principal

Prof. Jesús Álvarez
Tutor Académico

Cantaura, 22 De julio 2021.

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo deberá participar previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a hasta este punto de mi vida con salud y muchas ganas de seguir adelante, siempre todo en tu tiempo mi señor. A mi santísima virgen de la candelaria y virgen del valle por escuchar mis plegarias y permitirme lograr esta meta.

A mi madre Marisol Guzmán, esto es para ti principalmente porque me diste apoyo y animo en cada momento has sido paciente y has anhelado este día tanto como yo, gracias por estar a mi lado brindarme todo lo que estaba a tu alcance para que lograra culminar mis estudios y seguir caminando conmigo contra viento y marea. A mi abuela Matilde Guzmán que desde muy pequeña me ha acompañado en cada etapa de mi vida y ha celebrado todos mis triunfos mi segunda madre.

A mi Tía Yennys Guzmán por estar ahí siempre cuidarme, quererme, aconsejarme y apoyarme como una hija este logro también es tuyo tía.

A mi hermano Daniel Malavé por ser un apoyo enorme y estar ahí preguntándome a cada rato ¿para cuándo? Me hiciste tener más ganas de luchar por este sueño.

A Compañero novio y amigo Alexander Moya por creer en este proyecto y luchar a mi lado para que esto fuera posible y aunque nos dieran ganas de tirar la toalla una y otra vez estar a mi lado en este camino para levantarnos y seguir adelante juntos. Te amo.

A mis hijos Evangeline y Enmanuel para que el día de mañana se sienta orgulloso de su madre y al ver esto recuerden que ustedes pueden lograr todo lo que se propongan.

Malavé Guzmán Génesis María.

DEDICATORIA

A Dios le doy muchas gracias por permitir vivir cada día a plenitud y por brindarme la oportunidad para culminar esta meta, la cual, fue muy difícil en este periodo de estudio, le quiero dar las gracias a mi madre que fue uno de los pilares incondicionales para culminar mis estudios y siempre me dio ese empujón para seguir adelante cuando estaba decaído, te amo mami lo eres todo para mí.

A mi padre gracias por estar conmigo a pesar de la distancia siempre me apoyo a su manera y le doy las gracias por formar parte de este logro, mi viejo te amo.

A mi hermano por estar siempre conmigo, apoyándome en todo y diciéndome sigue adelante que tú puedes y si lo deseas lo vas a lograr, te amo mi hermano.

A mi familia, le doy las gracias, a todos los que me ayudaron y estuvieron conmigo cuando más los necesite, esto es otro triunfo como familia que cada vez uno a uno va formándose como profesional en sus ramas para tratar de aportar nuestro grano de arena en este país tan grande, aunque algunos se han ido del país sé que siempre vamos a dar nuestro 100% para lograr las metas que tenemos, mi familia quiero que sepan que me siento muy orgulloso de que sean mi familia y los quiero mucho.

A mi génesis que hoy junto a ella estamos logrando una meta que nos formara como profesionales y nos permitirá darle nuevas oportunidades a nuestros niños que hoy forman parte de nuestra vida y le doy las gracias a dios por ser tú la que está a mi lado te amo.

Moya Milazzo Alexander José

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de estar aquí hoy llena de vida y salud para poder cumplir esta meta.

A mi mama por darme todos los ánimos del mundo siempre y hoy celebrar este día como lo que es esto su éxito y la retribución de tantos días de lucha esfuerzos y regaños.

A mi Abuela Tía y hermano ustedes son lo más bonito que tengo los amo mucho y siempre estaré eternamente agradecida por todo lo que hacen por mí.

A mi pareja Alexander Moya y mis hijos Evangeline y Enmanuel ustedes son mi familia y agradezco todos los días del mundo por tenerlos a mi lado ya que son mi fuerza y felicidad.

A mi suegra María Milazzo por todo el apoyo y cariño brindado tanto en épocas de estudio como para el cumplimiento de esta meta.

A mi amigo José Gerardo Cabello por atender siempre nuestro llamado de auxilio y siempre estar a disposición para ayudarnos con todo.

A mi profesor Jhonatan Martínez por todo el apoyo y conocimientos brindado a lo largo de la carrera, muchas gracias por creer en mí y ser parte importante de este logro.

A mi tutor Jesús Álvarez por acogernos y ayudarnos en esta travesía dándonos las herramientas necesarias para poder lograr nuestro objetivo.

Malavé Guzmán Génesis María.

AGRADECIMIENTO

Ante todo le doy gracias a Dios por darme vida y dejarme realizar una de mis metas que cada día con perseverancia y constancia me ayudo cuando ya no creía que podía me daba cuenta de que sentía un empujón que me permitía seguir adelante y era por parte de mi dios y mis familiares mi pareja y su familia que forman parte importante como mi familia y amigos incondicionales son pocos pero su apoyo fue constante también de la mano de mis profesores que cumplen con sus metodologías de enseñanza y sacrificios que hacen cada día, por enseñarles a las nueva generaciones sus conocimientos cada una les doy las gracias por creer en mía y me decían que si podía hoy le digo que gracias por su apoyo incondicional y creer en mi hoy en este día quisiera decirle a todos mis compañeros que sigan adelante que si se puede nada es imposible cuando se desea de corazón.

Moya Milazzo Alexander José

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE ADOQUINES A BASE DE NEUMATICOS
RECUPERADOS EN CANTAURA
EDO. ANZOATEGUI.**

Tutor:

Álvarez, Jesús S.

Autores:

Malavé G., Génesis M.

Moya M., Alexander J.

Fecha:

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objeto el diseño y establecimiento de parámetros para la elaboración de un adoquín ecológico sustentable a través de las normas NTC-444. Y Se describieron los requerimientos mínimos señalados por la norma UNE-EN- 1177 respecto al dimensionamiento adecuado del mismo y los diferentes ensayos para establecer sus propiedades. Se desarrolló una investigación de tipo experimental, basada en un proceso sistemático de búsqueda e indagación y resolver problemas o una necesidad de tipo practica respecto a la problemática planteada. El alcance de la investigación se limitó a la elaboración de un modelo de adoquín que pueda ser adaptado a diferentes espacios abiertos para esto se estableció un sistema de recuperación de neumáticos manual para escoger la granulometría adecuada la cual fue 0.149mm y 5mm posteriormente se diseñó un horno con un quemador a gas para su vulcanización una vez obtenido el adoquín se procedió a realizar un análisis de costo que permitió conocer una diferencia económica del 87% por metro cuadrado de producción con respecto a los existentes en el mercado mediante el software DATAING MAPREX.

Palabras claves: Adoquín, Ecológico, Vulcanización, sustentable, Neumático.

INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	viii
INDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 El Problema.....	18
1.2. Objetivos de la investigación.....	21
1.2.1. Objetivo general.....	21
1.2.1. Obejtivos especificos	21
1.3. Justificación e importancia de la investigación	21
1.4 Ubicación Geográfica.	23
1.5. Alcance.	24
CAPÍTULO II.....	25
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	25
2.1. Antecedentes.....	25

2.2. Bases teóricas referenciales	28
2.2.1. Neumático.	28
2.2.2. Daños que ocasiona el bote de neumáticos al medio ambiente.	28
2.2.3. Neumáticos fuera de uso.	29
2.2.4. Reciclaje de neumáticos.	30
2.2.5. Reciclaje mecánico o físico.	31
2.2.6. Composición de los neumáticos usados.	32
2.2.7. Vulcanización.	35
2.2.8. Descripción del proceso de reciclaje de neumáticos usados.	36
2.2.9 Normas utilizadas para la elaboración del proyecto.	39
CAPITULO III.....	41
MARCO METODOLOGICO.	41
3.1. Tipo de investigación.....	41
3.2. Nivel de investigación	41
3.3. Técnicas y herramientas a utilizar	42
3.3.1. Técnica.	42
3.1.2 Análisis de Contenido:	43
3.1.3 Observación directa.....	43
3.1.4 Análisis Comparativo de Resultados	43
3.1.5 Técnicas de análisis y recolección de datos.	41
3.1.6 La observación participante estructurada.....	41
3.1.7 Instrumentos de recolección de datos	41
3.1.8 Cuaderno de notas y lista de comparaciones	42
3.1.9.1 Cámara Fotográfica y de video	42
3.1.9.1.2 Software Datalaing Maprex	42
3.3.2. Herramientas y equipos.....	42
3.3.4 Flujoograma de la metodología y su descripción.....	43

3.3.5 Análisis de ciclo de vida Adoquín a base de neumático recuperado.	50
3.3.5.1 Metodología.	50
3.3.5.2 Definición del objetivo y alcance del estudio.	50
3.3.5.3 Análisis de inventario.	50
CAPÍTULO IV	47
DESARROLLO	47
4.1. Describir de las características de los neumáticos recuperados para la elaboración de adoquines.	47
4.1.1 Módulo de finura.	54
4.1.2 Tamiz y módulo de finura del neumático recuperado para la fabricación de adoquines. Granulo de caucho fino.	56
4.1.3 Tamiz y módulo de finura del neumático recuperado para la fabricación de adoquines. Granulo de caucho.	56
4.2 Establecimiento de las condiciones de vulcanización y tipo de mezcla requerida, para la fabricación de adoquines a base de compuestos de neumáticos recuperados. Mediante las normas NTC- 444 y une-en 1177.	56
4.2.1. Elaboración del adoquín.	56
4.2.4 Tipo de mezcla requerida para la fabricación de adoquines a base de neumáticos recuperados.	59
4.2.5 Determinación de la resistencia a la abrasión. Norma IRAM 113130.	60
4.2.6 Envejecimiento.	62
4.2.7 Ensayo de impacto.	62
4.3.1 Precio de adoquines tradicionales.	63
4.3.2 Análisis del precio unitario para el adoquín a base de neumático recuperado.	64
4.4 Comparar los impactos ambientales del adoquín con el adoquín tradicional a partir de un análisis de ciclo de vida (ACV).	66
4.4.1 Objetivo y alcance.	66

4.4.2 Alcance.	66
4.4.3 Obtención de materia prima.	67
4.4.4 Vulcanización del material y prensado.	67
4.4.5 Tipos y fuentes de datos.	69
4.4.6 Análisis del inventario de ciclo de vida ICV.	69
4.4.7 Recolección de neumáticos.	70
4.5 Evaluación de impacto.	73
4.5.1 Indicadores.	75
4.5.2 Proceso de producción del adoquín convencional.	77
4.6 Disposición final del adoquín a base de neumáticos recuperados.	79
CAPITULO V.	155
Conclusiones y recomendaciones.	155
5.1 Conclusiones.	155
5.2 Recomendaciones.	82
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	84
HOJAS DE METADATOS.	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de los neumáticos en la Unión Europea (UE).....	32
Tabla 2 Composición química de los neumáticos usados.....	33
Tabla 3 Tipo de caucho sintético y uso.....	34
Tabla 4 Sistemas de curado.....	36
Tabla 5 Descripción de las características de los neumáticos fuera de uso para la elaboración de adoquines.....	47
Tabla 6 Clasificación de la arena según el módulo de finura (MF).....	55
Tabla 7 Análisis De Granulometría.....	55
Tabla 8 Relación tiempo mili voltios de precalentado del horno vulcanizador.....	58
Tabla 9 Tabla termocupla tipo K- Equivalencias- grados Celsius- milivoltios.....	59
Tabla 10 Comparación del precio de adoquines tradicionales con el adoquín a base de neumáticos recuperados.....	63
Tabla 11 Comparación del precio de adoquines tradicionales con el adoquín a base de neumáticos recuperados propuesta de adoquín 50x50x1cm.....	65
Tabla 12 Proceso y Materia prima e insumos.....	68
Tabla 13 Proceso y equipos.....	68
Tabla 14 Entradas y salidas del proceso de producción.....	73
Tabla 15 Indicadores de categoría.....	75
Tabla 16 Indicadores de categoría.....	76
Tabla 17 Indicadores de categoría.....	76
Tabla 18 Impactos Potenciales.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica de Cantaura.....	24
Figura 2 Flujograma de actividades.....	44
Figura 3 Obtención de caucho en polvo.....	45
Figura 4 Matriz o molde metálico.....	46
Figura 5 Prototipo 1 Horno vulcanizador hecho de Magnesita.....	47
Figura 6 Prototipo 2 de horno vulcanizador hecho con bloques y tapa de Magnesita	49
Figura 7 Granulo de caucho en polvo	54
Figura 8 Granulo de caucho en polvo	55
Figura 9 Adoquín obtenido	60
Figura 10 Comparación de los costos por metro cuadrado los adoquines.....	66
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso.....	72

INTRODUCCIÓN

En la Ingeniería Civil existen diversos métodos de reciclaje o reutilización de materiales, que ya han cumplido con la vida útil para la cual fueron fabricados, como lo son: los tambores metálicos, botellas de plástico, vidrios, latas de refresco, neumáticos entre otros. Esta técnica se ha empezado a implementar debido a los altos costos de los materiales de construcción y a la problemática ambiental que estos desechos generan, obteniendo así dos soluciones en una que no es más que la reducción de costos, a la hora de realizar una obra y la disminución de la contaminación que estos desechos producen. Esta contaminación se debe a la errónea disposición final que se aplica a los mismos, como lo son la quema de materiales como neumáticos o el almacenamiento inadecuado en basureros o depósitos clandestinos, que solo generan estancamientos de agua, culpables de la producción de mosquitos que causan enfermedades como: el sika, dengue, chicungunya.

Anzoátegui no es la excepción a esta problemática, se puede observar como hasta en zonas playeras existen botes de neumáticos que solo causan problemas, ahora bien para ser más puntuales en Cantaura se pueden observar el desecho de neumáticos más específicamente hacia los embaulamientos, que están ubicados cerca de viviendas en diferentes sectores de la ciudad. Debido a esto se planteó darle solución mediante una recolección de estos materiales, que posteriormente serán reciclados para darles un mejor uso.

A fin de reducir los efectos generados por la contaminación se toman en cuenta, los distintos métodos de granulación y molienda de este material para así poder establecerle un uso orientado a la ingeniería civil y así establecer procesos importantes para el trato de este desecho, que permitirán transformarlo de manera efectiva y moldearlo de acuerdo a lo que se planea realizar, uno de estos procesos es la vulcanización del neumático establecida en la NTC-444 Norma Técnica

Colombiana que especifica parámetros de temperatura y tiempo para poder darle forma a este nuevo material.

La investigación presentada tiene por objeto realizar un modelo de adoquín a base de material de neumáticos recuperados y posteriormente vulcanizados, siguiendo las normas NTC-444 Y UNE-EN 1711. El trabajo está estructurado en cinco capítulos. En el Capítulo I se establece el planteamiento del problema, que incluye a su vez el alcance y la justificación de la investigación; se señalan también el objetivo general y los objetivos específicos del estudio. El Capítulo II corresponde al marco teórico referencial, el cual se encuentra conformado por los antecedentes y las bases teóricas que sustentan el desarrollo de la investigación.

Por otra parte, en el Capítulo III se describe la metodología adoptada en la ejecución de la investigación. El Capítulo IV incluye los resultados obtenidos y, finalmente, en el Capítulo V se plantean las conclusiones y recomendaciones inherentes al estudio realizado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 El Problema

El tratamiento, reutilización y reciclaje de residuos sólidos se ha convertido en una oportunidad para lograr que diferentes materiales sean reincorporados a procesos productivos, los cuales alargan su vida útil y disminuyen los impactos ambientales negativos. Por otra parte, la acumulación de neumáticos aumenta la probabilidad de incendios, posible emanación de gases tóxicos, tienen una corta vida útil (aproximadamente 18 meses) y tardan muchísimo tiempo en descomponerse, por lo que los inadecuados procesos de disposición final que se aplican resultan una problemática poco favorable para el ambiente.

En este sentido, la acumulación de neumáticos viene generando impactos ambientales negativos en la región, por lo que se propone reutilizarlos como materia prima en la fabricación de adoquines, para así dar una solución ambiental que plantea una nueva forma de suprimir este tipo de desperdicios. En esencia, el producto será fabricado con el fin de generar de manera directa un bienestar económico, cultural, social y sobretodo ambiental. Y así mismo, lograr disminuir un alto costo a nivel constructivo, siendo didácticos y reutilizando materiales que aún tienen vida útil, no en la misma función a los que inicialmente fueron destinados sino cumpliendo otro rol dentro de la sociedad actual.

Por otra parte, los altos costos de los materiales de construcción han generado la búsqueda de alternativas viables para fabricar elementos constructivos. Cabe destacar que existen diferentes materiales para realizar un adoquín como por ejemplo la arcilla y el concreto. El adoquín convencional provoca un gran impacto al medio ambiente desde la obtención de la materia prima hasta obtener el producto final. Es necesario demostrar que las propiedades mecánicas del adoquín de caucho presentan propiedades adicionales y mejores que las del adoquín convencional, y así además de cuidar el medio ambiente sería otra opción para utilizarla en el sector de la construcción.

En efecto, en el presente estudio se evaluó el comportamiento de los desechos de neumáticos recolectados en carreteras, basureros, patios, galpones, etc., Adyacentes a Cantaura estado Anzoátegui. Para esta investigación se establecerán diferentes condiciones de vulcanización para lograr obtener el adoquín, parámetros que estarán basados en la NTC- 444 Caucho vulcanizado y elastómeros termoplásticos, así como también diferentes ensayos tales como resistencia, intemperie y fatiga, establecidos en las normas INEN 1486 Y UNE-EN 1177.

Por tal motivo, surge la necesidad de aprovechar el material de neumáticos usados para la recuperación y el procesamiento del mismo y destinarlo a la elaboración de Adoquines, que pueden ser utilizados en áreas recreacionales, camineras, parques infantiles ubicados en áreas abiertas, empleando los requisitos establecidos en las normas Astm D-2632, INEN 1486, INEN 1485 UNE-EN 1117 y NTC-444, en las cuales se establece requisitos de fabricación, medidas y los diferentes ensayos que se pueden realizar.

El trabajo tuvo como alcance sustituir algunos materiales de construcción convencionales para economizar sus costos de elaboración y disminuir el impacto que ocasiona el bote de neumáticos al medioambiente, así como también evaluar cuáles son las ventajas del uso de este material desechado en la construcción a su vez

comparar a partir de un análisis de ciclo de vida (ACV) los impactos ambientales del adoquín tradicional con el adoquín obtenido a base de neumáticos recuperados , establecer criterios básicos para el uso seguro en espacios abiertos y funcionalidad de este tipo de adoquines.

En países vecinos como Colombia y Ecuador, ya se ha comprobado el mejoramiento de las mezclas asfálticas con la aplicación de caucho reciclado, donde se ha determinado mediante normas municipales la obligatoriedad de la aplicación del caucho en obras civiles y construcción de carreteras del país. En Venezuela, lo más cercano a esta investigación es un diseño preliminar de una planta recuperadora, para usos alternos de los materiales constituyentes de neumáticos usados, donde se toma como referencia todos estos pasos de separación de componentes y trituración de neumáticos. En el país no se han realizado proyectos referentes a la elaboración de adoquines a base de neumáticos recuperados, siendo este un estudio único en su clase.

De igual manera, la importancia del proyecto radica en que, con su desarrollo, se promueve el reciclado de estos materiales que se encuentran arrojados en basureros y carreteras, de los cuales se puede sacar provecho ya que con su inclusión en la industria de la construcción ayudara a disminuir los pasivos ambientales, así como también al incursionar en la elaboración de ecomateriales, se espera resulte una solución más económica que la construcción tradicional. Este proyecto es un aporte importante para la Universidad de Oriente, en cuanto a la contribución de conocimientos nuevos se refiere, además de servir como iniciativa para aquellos Ingenieros Civiles interesados en dar soluciones constructivas sustentables.

1.2. Objetivos de la investigación.

1.2.1. Objetivo general

Proponer adoquines a base de material de neumáticos recuperados en Cantaura estado Anzoátegui.

1.2.1. Obejtivos específicos

- Describir las características de los neumáticos recuperados para la elaboración de adoquines.
- Establecer las condiciones de vulcanización y tipo de mezcla requerida, para la fabricación de adoquines a base de compuestos de neumáticos recuperados. Mediante las normas NTC- 444 y UNE-EN 1177.
- Realizar un análisis de costo del adoquín obtenido y compararlo con adoquines existentes en el mercado, mediante el “software dataaing maprex”.
- Comparar los impactos ambientales del adoquín con el adoquín tradicional a partir de un análisis de ciclo de vida (ACV).

1.3. Justificación e importancia de la investigación

En Venezuela, La alta generación de residuos de neumáticos y el pobre mercado de reciclaje de este material debido a la poca tecnología existente para tal fin , representan una oportunidad de mercado con altos beneficios tanto económicos como de conservación del medio ambiente en la parte de la construcción también representa una gran oportunidad de aprovechar los aportes que ofrece este material

para la fabricación de nuevos materiales de construcción o aditivos que solucionen también el factor económico.

Cantaura representa una de tantas ciudades que sufren las consecuencias de la mala disposición de estos residuos, lo que llama la atención es que los sitios más comunes de bote de neumáticos son los embaulamientos situados en distintos sectores de la ciudad estando estos muy cercanos a viviendas en donde los principales afectados y propensos a enfermedades respiratorias debido a la quema de neumáticos y de transmisión por picadura de mosquitos criados en el agua que se almacena en la parte interna de los neumáticos son las familias que tienen sus viviendas alrededor de estos embaulamientos.

La disposición final de los neumáticos usados representa un problema técnico, económico, ambiental y de salud pública, los neumáticos son un material de gran potencial para el reciclaje y el aprovechamiento, están compuestas por elementos como el caucho, el hierro y la fibra textil, los cuales son susceptibles a ser transformados y reincorporados a nuevos procesos productivos por medio del reciclaje.

De acuerdo a la problemática planteada se persigue dar una solución eficaz al mal manejo los neumáticos fuera de uso, así como también dar alternativas y soluciones que contribuyan a la industria de la construcción, debido a todas las características que ofrecen los neumáticos se hace principal énfasis a la recuperación y aprovechamiento del principal material que es el caucho, por lo que se plantea la realización de un adoquín compuesto netamente por miga de caucho recuperado.

En ese orden de ideas se establecen diferentes pasos a seguir tales como:

- La recolección de la materia prima en este caso neumáticos desechados.
- La limpieza y separación de la fibra textil y acero.
- El proceso de granulación y molienda del caucho.

- La selección de la granulometría adecuada para la elaboración del adoquín.
- La construcción de un horno que sirva como vulcanizador del caucho.
- El establecimiento de parámetros de tiempo y temperatura para la vulcanización.
- La ejecución de los ensayos pertinentes para demostrar la factibilidad del producto en la industria de la construcción.
- El análisis de costo que demostrara la viabilidad económica que este nuevo producto.

1.4 Ubicación Geográfica.

Cantaura es una parroquia venezolana, capital del municipio Pedro María Freites, en el estado Anzoátegui. Se asienta entre la cordillera de la Costa y se empalma con la Mesa de Guanipa.

Al norte limita con la población de Santa Rosa de Ocopi y Anaco, al este fronteriza con la población de Santa Rosa de Ocopi y limita con el estado Monagas, al sur con San Tome, El Tigre y Guanipa, al oeste San Joaquín y Santa Ana. Tiene una población de 59.189 habitantes (censo 2001).



Figura 1 Ubicación Geográfica de Cantaura.
Fuente: Google imagen. 2016.

1.5. Alcance.

El alcance de este proyecto busca proponer el uso de adoquines a base de neumáticos recuperados en áreas abiertas para disminuir los daños ambientales que la mala disposición final de los neumáticos genera al ambiente y a su vez contribuir positivamente en la industria de la construcción.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes.

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica que comprendió la selección de investigaciones previamente realizadas relacionadas con la temática planteada, las cuales sirvieron como material referencial de apoyo para el desarrollo del presente estudio en base a su metodología y contenido.

Trivelli e Ysea (2017), en su trabajo de grado titulado Desarrollo para baldosas de seguridad a base de caucho para el uso en parques infantiles, señalaron que la seguridad de los parques infantiles es un aspecto básico que hay que garantizar en el diseño de los mismos si se quiere reducir el riesgo de accidentes graves. Es por ello que su principal objetivo es desarrollar una baldosa de seguridad a partir de material de caucho reciclado. Por otro lado, como la vulcanización del caucho es un proceso de cura irreversible, se generan grandes cantidades de residuos no reutilizables y surge la necesidad de desarrollar aplicaciones alternativas con enfoque sustentable. Por ambas razones, se desarrolló una baldosa de seguridad compuesta por caucho reciclado en polvo en un 50 % en peso. Una vez elaborada la baldosa se sometió a un ensayo de impacto según la Norma UNE-EN 1177. Obteniendo como resultado una baldosa de 50x50x1.5cm.

El trabajo anterior, permitió un buen desarrollo de la investigación, dando una idea de cómo se puede realizar los ensayos pertinentes como lo son el ensayo de resistencia a la abrasión, impacto y envejecimiento así como también, las normas que

hay que tomar en cuenta para lograr un producto óptimo. Se muestra el proceso de vulcanización y parámetros establecidos para evitar que el caucho recuperado se fragilice al ser sometido a esta fase de calentamiento.

Olivares (2016), en su trabajo de grado para la postulación de Magister en Administración, propuso una planta de reciclaje de neumático y comercialización de miga de caucho como plan de negocio. Mediante la normativa INN Mezclas asfálticas. Polvo de caucho proveniente de Neumáticos Fuera de Uso. Requisitos. Santiago, Chile. Los productos resultantes del reciclaje de neumáticos son dos: 1, Gránulo y Polvo de caucho y 2, Acero en forma de chatarra. El acero será vendido a empresas que procesan este tipo de productos. La comercialización del gránulo de caucho está orientada a la fabricación de productos como planchas aislantes, pisos, adoquines, accesorios para automóviles, alfombra de neumáticos para reacondicionamiento, etc.

En el texto anterior, mostro cómo se puede aprovechar todos los materiales obtenidos de los neumáticos fuera de uso debido a las dificultades existentes para hacerlos desaparecer, como el acero, el gránulo o en migas de varios tamaños, utilizables en diferentes productos de caucho para su comercialización, así como también alienta a las futuras construcciones con eco materiales.

Ortiz y Tribilcock (2014), en su trabajo de grado denominado Propuesta de un plan de empresa para el diseño y fabricación de productos a partir de reciclaje de llantas de acuerdo a las disposiciones normadas de los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas en Bogotá, proponen un plan de negocio que se desarrolla en torno a las medidas adoptadas en los últimos años en Colombia por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual presenta los principales lineamientos para implementar sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas. Esto representa una oportunidad de negocio al producir

gránulo de caucho reciclado a partir de llantas usadas, ajustándose a los usos permitidos para su aprovechamiento, expuestos por la Secretaria Distrital de Medio Ambiente y movilidad. Obteniendo así gránulo de caucho como material para distintas áreas destinadas a la recreación y deporte, de acuerdo a los diseños aprobados por el Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD).

El trabajo anterior muestra el gran impacto y utilidad que tienen el gránulo de caucho extraído de los neumáticos fuera de uso; orienta a que se utilice como materia prima en productos medioambientalmente sostenibles y económicamente viables como, por ejemplo, mobiliario, sistemas aislantes, suelos de caucho antideslizantes, muestra las áreas en donde son utilizados y el beneficio en zonas abiertas recreacionales.

Cardona y Sánchez (2011), realizaron un trabajo especial de grado titulado Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos, cuyo objetivo principal de la investigación fue la elaboración de pisos decorativos a base de cauchos usados; se presentan los tipos de pisos y sus características de acuerdo al material que los compone, enfocándose en los pisos fabricados a base de caucho, basados en la NTC-444. Hace énfasis en todo lo relacionado con los procesos utilizados para el reciclaje de neumáticos, seleccionando como el más apto para la fabricación de pisos decorativos el Reciclaje Mecánico y, finalmente, se realiza una propuesta de un proceso industrial para la obtención de pisos decorativos a partir de neumáticos usados, los cuales son convertidos en arena plástica mediante reciclaje mecánico.

En el texto anterior se exponen los diferentes tipos de pisos decorativos que se pueden obtener del material de desecho de neumáticos mediante al reciclaje mecánico, siendo este de gran ayuda para la realización del proceso de obtención de la arena plástica que es la materia prima necesaria para la elaboración de adoquines.

2.2. Bases teóricas referenciales

2.2.1. Neumático.

El neumático, también denominado cubierta, goma o llanta en América, es una pieza fabricada con un compuesto basado en el caucho que se coloca en la rueda de un vehículo para conferirle adherencia, estabilidad y confort. Constituye el único punto de contacto del vehículo con el suelo, y, por tanto, del neumático depende en buena medida el comportamiento dinámico del vehículo: es decir, cómo se mueve el vehículo sobre el terreno. Castro (2002).

Como el material principal en la elaboración del adoquín es el neumático recuperado, es importante conocer sus propiedades, tipos existentes en el mercado y sus componentes, los cuales van a proporcionar las herramientas necesarias para el diseño del nuevo producto a base de este material.

2.2.2. Daños que ocasiona el bote de neumáticos al medio ambiente.

Cuando se habla del impacto ambiental de un neumático, generalmente se habla de su destino después de su vida útil pues no siempre se reutilizan, aunque también es cierto que su reciclaje es cada vez más común e imaginativo. Cono, Cerezo, y Urbina (2000), *“Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso”* (p.6) Indicó:

Un neumático al aire libre va librando muy lentamente los contaminantes, como son los bifenilos policlorados (PCB), tóxicos muy peligrosos. Otro de los riesgos de los neumáticos tiene que ver con su forma. Debido al diseño de los neumáticos, cuando cae agua de lluvia reiteradamente es difícilísimo sacarla una vez que ha

entrado en él y siempre quedará un fondo dentro de la cubierta. Esa agua es el caldo de cultivo ideal para que aniden ratas, insectos y otros animales dañinos que pueden resultar cuatro mil veces más peligrosos de los que se multiplican en una charca.

Del texto anterior surge la necesidad de implementar en el país medidas de protección para evitar la proliferación de enfermedades y contaminación, a su vez fabricar un material de construcción ecológico que solvente una necesidad existente y que disminuya costos a la hora de su fabricación, producción e instalación.

2.2.3. Neumáticos fuera de uso.

Los neumáticos fuera de uso (NFU), no se consideran residuos peligrosos, aunque alrededor del 1,5% son sustancias peligrosas como lo son: el óxido de zinc (necesario para la vulcanización del caucho sintético) cobre, en aleaciones en las cuerdas metálicas, trazas de plomo y cadmio (inseparables del zinc por su afinidad química y el óxido de plomo utilizado como agente vulcanizador de los cauchos clorados), goma butílica halogenada, etilentiourea (mutagénico, cancerígeno, tóxico para la reproducción, utilizado como acelerante de la vulcanización), ditiocarbamato de zinc (tóxico, acelerante), nanopartículas de dióxido de silicio, etc.

Además de las anteriores, los NFU, contienen una gran cantidad de sustancias que afectan a la salud y al medio ambiente: tales como aglomerantes de los cauchos, impurezas policiclos aromáticos en el negro de humo, etc. La incineración de los NFU, emite numerosos contaminantes a la atmósfera: óxidos de azufre y de nitrógeno, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), dioxinas y furanos, compuestos orgánicos volátiles (COV) (tricloroetileno), fenol, cianuros y ácido cianhídrico, partículas PM10, metales pesados: cinc, plomo, cadmio, mercurio, etc.

Estos compuestos, que forman parte de las ruedas desechadas, producen la liberación de gases que contienen partículas microscópicas responsables de la alteración del equilibrio atmosférico. Pero no sólo eso. Las cenizas que arrastra el aire a otras tierras pueden provocar su infertilidad. Si llueve, el agua contaminada puede filtrarse al subsuelo y ensuciar los acuíferos. Además, estos incendios son muy difíciles de apagar. Los tóxicos que se liberan se unen con el oxígeno provocando mayor absorción de energía calorífica que termina desembocando en un aumento de temperatura. Torres (2014).

Los NFU, además de ser un problema para la salud y ambiental, son material reutilizable que puede ser aplicado fácilmente para el nacimiento de nuevos productos que le permitan extender su vida útil la problemática de los mismos inicia con la mala disposición final, pero del texto anterior se puede entender que con un buen tratamiento se puede erradicar este problema.

2.2.4. Reciclaje de neumáticos.

Los neumáticos usados son un problema de primer orden para el ambiente. Hoy en día, la industria del renovado ha logrado tener avances significativos en el proceso de reciclaje de los neumáticos, logrando excelentes compuestos de hule que consiguen el mayor aprovechamiento de la carcasa o casco. Pero el secreto en el reciclaje de los neumáticos todavía depende en 80% del cuidado en su primer período de uso. También es muy importante el proceso de inspección de la carcasa o casco. El reciclado de neumáticos usados consiste en una valorización mecánica, limpia y respetuosa con el medio ambiente.

Esta valorización separa los tres componentes básicos del neumático; fibra textil, acero y caucho. El acero y caucho (en diferentes granulometrías) tienen diversas aplicaciones como en pavimentos de seguridad para infantes, mezcla en

betunes asfálticos para carreteras, en centros hípicos (para la comodidad de los caballos), como camisas que rellenan las vías de los tranvías, aislantes, relleno en campos de fútbol de césped artificial, incluso como relleno de sacos de boxeo. Poliak (2005). Del párrafo anterior se aprecia los tres componentes básicos del neumático fuera de uso y las diversas aplicaciones que se les dan a los mismos en la industria de la construcción; dando idea para este proyecto de la realización de baldosas o adoquines a base de materia prima de neumáticos.

2.2.5. Reciclaje mecánico o físico.

El reciclaje mecánico involucra cambio de tamaño y forma de los materiales, remoción de contaminantes, mezcla de aditivos si se desea y actividades similares que representen un cambio de apariencia en el material reciclado pero que no alteren (a menos a gran escala) su estructura química básica. En el reciclaje mecánico, los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones.

Previamente al molido, es necesario separar el componente metálico para evitar daños al molino, lo que se hace normalmente con separadores magnéticos dispuestos sobre las cintas. Para eliminar la parte textil se suele emplear cintas o bandejas vibratorias que originan el apelmazamiento de las fibras, que después se separan por tamizado u otros dispositivos; sometiéndolo a muy bajas temperaturas de (-200°C), el caucho se fragiliza, desapareciendo su elasticidad característica, siendo posible, por tanto, desintegrarlo fácilmente. Ortiz, Tribilcock (2014). Existen diferentes tipos de reciclaje para los neumáticos fuera de uso y del texto anterior se puede concluir que el reciclaje mecánico es el de más alta calidad, dejando la nueva materia prima libre de toda impureza, aunque no es el más sencillo es el que dará mejor calidad al producto final que se desea realizar.

2.2.6. Composición de los neumáticos usados.

Debido al uso cotidiano de los neumáticos estos van perdiendo propiedades tanto mecánicas como químicas sin embargo, a pesar de esto es un material completamente renovable, que puede ser utilizado para diferentes fines, ya que cuenta con componentes que son de mucha ayuda. A pesar, todo este material se ha venido estudiando desde hace mucho tiempo, con el fin de encontrar la manera más eficiente para ser nuevamente incorporado al mercado utilizado ya sea como compuesto de algún mezclas con el fin de disminuir el impacto que este le ocasiona al medio ambiente debido a que cuenta con componentes que son de mucha ayuda tales como se expresa en la siguientes tablas 1 y 2.

Tabla 1 Composición de los neumáticos en la Unión Europea (UE).

COMPONENTE	Turismo %	Camión/ autobuses %
Caucho y elastómeros	48	43
Negro de carbón	22	21
Metal	15	27
Textil	5	-
Aditivos	8	6
ZnO	1	2
Azufre	1	1

Fuente: Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso Cono, Cerezo y Urbina (2000)

Tabla 2 Composición química de los neumáticos usados.

Elemento	Peso	Elemento	Peso
C (Carbono)	70	O(oxígeno)	4
H (Hidrogeno)	7	ZnO (óxido de zinc)	1
S (Azufre)	1	Fe (Hierro)	16
N2 (Di nitrógeno)	0.5	Acido Esteárico	0.3
Halógenos	0.1	Cr (cromo)	90 mg/kg
Ligandos Pucrifaros	200 mg/kg	Ni (Níquel)	80 mg/kg
Cd (Cadmio)	10 mg/kg	Pb (plomo)	50 mg/kg

Fuente: Valorización material y energética de neumáticos fuera de uso Cono, Cerezo y Urbina, (2000)

2.2.6.1. Caucho sintético

La búsqueda de productos sintéticos comenzó en la primera guerra mundial, siendo Alemania pionera en la investigación. Dado que son derivados del petróleo se incluyen dentro de la petroquímica. Existen diversos tipos de caucho sintético, obtenido a través de diferentes polímeros, sirve para la fabricación de una gran variedad de productos (véase la Tabla N° 3) con su diferente aplicación según su naturaleza.

Tabla 3 Tipo de caucho sintético y uso.

TIPO	NATURALEZA	APLICACIONES
SBR	Copolímeros del butadieno y del estireno	Neumáticos, pavimentos, mecánica, usos generales
NBR	Copolímeros del butadieno y del acrilonitrilo	Productos resistentes al calor o a los agentes químicos
Butilo	Copolímeros del isobutileno y del isopreno	Cámaras de aire, usos que exigen impermeabilidad de los gases
Neopreno	Polímeros del cloropreno	Productos resistentes al envejecimiento, a los hidrocarburos y a los ataques químicos
Vinilo	Cloruro de polivinilo y alcohol	Usos generales
Poliuretano	Poliésteres o poliéteres unidos por diisocianatos	Espuma, calzado, juntas, almohadillas, colchones
Siliconas	Clorosilanos (obtenidos por reacción de la sílice con un cloruro de arilo o alquilo)	Juntas para altas presiones y altas temperaturas, equipos mecánicos
Polisulfuros	Productos resultantes de la reacción de dicloruros orgánicos y polisulfuros alcalinos	Rodillos de imprenta
Acrílicos	Derivados de la clorhídrica etilénica o del acetileno	Productos resistentes al envejecimiento o a los hidrocarburos a alta temperatura
Diversos	Poliisopreno, polibutadieno	Neumáticos, aisladores y otras aplicaciones que exigen condiciones estrictas

Fuente: Trivelli e Ysea (2017), desarrollo de baldosas de seguridad a base de caucho reciclado para uso en parques infantiles (p, 9)

2.2.7. Vulcanización.

La vulcanización es un proceso mediante el cual se calienta el caucho crudo en presencia de azufre o sin él, con el fin de volverlo más duro y resistente al frío. Se dice que fue descubierta por Charles Goodyear en 1839 por accidente, al volcar un recipiente de azufre y caucho encima de una estufa. La acción combinada de temperatura, presión y vapor de agua hacen del vulcanizado un proceso complejo, a cuya calidad de moldeo otorgan un gran beneficio. Frederick (2016).

2.2.7.1. Vulcanización del caucho

El caucho natural sin curar es pegajoso, se deforma fácilmente cuando está caliente, y es frágil cuando está frío. En este estado, es un material pobre cuando un alto nivel de elasticidad es necesario. La razón de la deformación elástica de caucho vulcanizado puede ser encontrada en su estructura química.

2.2.7.2. Métodos de vulcanización

Existe una variedad de métodos para la vulcanización. El método económicamente más importante (vulcanización de neumáticos) utiliza alta presión y temperatura. Una temperatura de vulcanización típica de un neumático es de 10 minutos a 170°C. Este tipo de vulcanización utiliza el denominado moldeo por compresión. El artículo de goma es forzado a adoptar la forma del molde. Frederick (2016)

2.2.7.3. Vulcanizado de neumático

Otros métodos, por ejemplo, para hacer perfiles para puertas de automóviles, usa la vulcanización por aire caliente o vulcanización por calentamiento por microondas (ambos son procesos continuos). Hay varios tipos de sistemas de curado de uso común en cauchos. Los cuales se muestran en la tabla N° 4.

Tabla 4 Sistemas de curado.

Los sistemas de azufre.	Acetoxisiliano.
Peróxidos.	Entrecruzamiento con ánimas.
Óxidos Metálicos.	Compuestos Disfuncionales

Fuente: Industria del caucho Stellman (1989).

El proceso de vulcanización es de gran importancia para lograr el objetivo que está planteado en este proyecto ya que, al tener el caucho recuperado, aún tiene en su estructura el azufre que utilizaron para vulcanizarlo al principio eso facilita el proceso ya que agregándole más azufre y sometiéndolo a altas temperaturas se agiliza la compactación de la materia prima en el adoquín que se desea obtener.

2.2.8. Descripción del proceso de reciclaje de neumáticos usados.

El proceso de reciclaje de neumáticos usados no se halla documentado en detalle, pues los procesos varían dependiendo de cada empresa, patentes registradas y secretos industriales; sin embargo, un proceso básico de reciclaje se describe a continuación en cada una de sus etapas:

2.2.8.1 Pre-trituración

La sección de pre-triturado comprende una cortadora rotativa que opera eficientemente y una criba de disco con retorno del grano grueso. Los neumáticos son conducidos a la tolva del módulo de corte, donde se trocean. El material troceado es aportado a una criba de disco por medio de una cinta transportadora. Los trozos superiores a 150x150mm son retenidos y retornados de nuevo a la cortadora rotativa; los trozos más pequeños son conducidos a un vaciadero por otra cinta transportadora. Desde aquí, son transportados a la sección de granulado.

2.2.8.2 Granulación y molienda

Desde el vaciadero, una cargadora sobre ruedas lleva los trozos de neumáticos con un tamaño equivalente a la palma de la mano, a un silo automático. Los trozos de neumáticos ya cortados son llevados del silo a través de una abertura a la sección de granulación y molienda. Esta sección consta principalmente, de dos eficientes granuladores y dos segmentos de corte paralelos. El primer granulador está equipado con una criba cuyo tamaño de perforación es de 22 mm. El segundo granulador tiene una criba con un tamaño de perforación de 15 mm. El primer granulador es más grande y más potente que el segundo, ya que este hace la mayor parte del trabajo y se le aporta mayor cantidad de metal que al segundo.

Tras la segunda granulación y otra fase de separación de metales, el material es transportado a una cribadora, donde los materiales que tienen un tamaño inferior a los 4mm son retenidas para su descarga en el molino. El resto es transportado a un molino cortador dotado de una criba con agujeros de 4 mm, para su molienda. Para la protección del medio ambiente, los granuladores y los molinos de corte están dotados de sistemas de extracción con una capacidad de aspirado de 5.000 m³/h. Con ello se garantiza un entorno casi exento de polvo y, al mismo tiempo, se refrigeran los

componentes de la instalación. El sistema de filtrado se suministra en forma de cápsula a presión.

2.2.8.3 Cribado y limpieza

El material es aspirado del molino y aportado a otro silo, donde es transportado dosificadamente por un canal de evacuación y depositado en un tambor magnético, para separar de nuevo las partes de acero más pequeñas del flujo de material. La cribadora instalada sobre amortiguadores de caucho anti-vibraciones separa el flujo de material en tres fracciones: textil-granulado, 0,25 - 4 mm y > 0,25 mm. Otro elevador transporta el granulado a otra cribadora para separar el granulado con la fracción final. Desde aquí cada fracción será conducida a las mesas de selección para extraer los minerales del granulado.

El siguiente paso será la separación de los textiles que permitirá extraer la pelusa del granulado. Finalmente, el producto será procesado por una criba vibrante y embolsado. Tanto la granuladora como también la sección de limpieza están equipadas con un eficiente sistema de extracción de polvo, cuya función es aspirar las secciones en las cuales se produce polvo y filtrar el aire. Torres (2014)

Al conocer los pasos para el proceso de reciclaje de neumáticos facilita grandemente la tarea ya que al seguir al pie de la letra este proceso se obtendrá la materia prima necesaria que no es más, que reducir el neumático a partículas muy pequeñas con la cual se pueda trabajar cómodamente en la fabricación del adoquín.

2.2.9 Normas utilizadas para la elaboración del proyecto.

Para la realización de este proyecto de investigación se ubicaron diferentes normas que dirigieran de manera correcta para lograr la obtención de un adoquín que cumpla con los requisitos mínimos establecidos para poder ser considerado un material de construcción seguro y de provecho, entre estas normas podemos mencionar

- INEN 1486 (Servicio ecuatoriano de normalización) : Adoquines. Determinación de las dimensiones, área total y área de la superficie de desgaste. : Esta norma básicamente establece los procedimientos que deben seguirse para la determinación de las medidas de los adoquines, esta norma es aplicable a cualquier tipo de adoquín utilizado en tráfico peatonal ligero o pesado.
- UNE-EN 1177 (Normalización española) Revestimiento de la superficie de las áreas de juego absorbedores de impactos. Determinación de la caída crítica.: el objetivo de esta norma es dictar los diferentes tipos de ensayo importantes para aprobar que cualquier tipo de revestimiento es resistente a impactos.
- NTC- 444 (Norma técnica colombiana) Caucho vulcanizado y elastómeros termoplásticos. Determinación de las propiedades de tensión.: indica parámetros de tiempo y temperatura, así como también los distintos métodos de vulcanización existente dependiendo el material y el objetivo a alcanzar con este procedimiento.
- ASTM D-2632 (American Society of Testing Materials) Rubber Property-Resilience by Vertical Rebound” “Propiedades del caucho resiliencia-rebote vertical.: Esta Norma antecede a la UNE-EN 1177 en donde explica las propiedades y beneficios del caucho y como es un material altamente provechoso para la realización de materiales que resistan los impactos.

- NTC ISO 14040 “Gestión Ambiental: Evaluación del Ciclo de Vida”. Principios y marco de referencia. : norma que indica el paso a paso para lograr el estudio de un producto mediante un análisis de ciclo de vida que permitiera conocer todos los procesos, emisiones y aportes que genera un producto desde su obtención de materia prima hasta su disposición final, planteando nuevos métodos para los cuales podrían ser utilizados una vez culminada su vida útil y así sacar el mejor provecho de los mismos.

Cabe destacar que en Venezuela no existen normas que estudien ni las propiedades del caucho como material ni como materia prima para la elaboración de nuevos materiales, mucho menos ensayos aplicables a los productos hechos de caucho ya que no es un material común en la construcción en el país, por lo que se buscaron normas aplicadas en países como Colombia, España y Ecuador que sirvan de base y guía para obtener este nuevo producto y así a partir de este adaptar normas para que puedan ser utilizadas en Venezuela.

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO.

3.1. Tipo de investigación.

Está enmarcada en una investigación experimental, Arias (2012), define la investigación experimental como “Proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos (variables independientes), para observar los efectos o relaciones que se producen (variables dependientes)”.

Por consiguiente, queda sustentado que este trabajo se circunscribirá en una investigación experimental en vista de que está fundamentada en un proceso sistemático de búsqueda e indagación y resolver problemas o una necesidad de tipo prácticos en este caso se dará solución práctica a la problemática del uso o reutilización de materiales, no convencionales en la fabricación de adoquines a base de neumáticos recuperados para áreas de exteriores.

3.2. Nivel de investigación

Según el nivel de conocimientos que se adquieren, se puede afirmar que este proyecto se ubica dentro de la investigación descriptiva. Según, (Arias, 2004) este tipo de investigación “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”. (p.22)

En tal sentido el trabajo presentado describirá las características de los neumáticos recuperados para la elaboración de adoquines, intentando captar, reconocer y evaluar las ventajas que podría suponer obtener una mezcla compuesta sustentable, más económica y amigable con el medio ambiente, así como de describir las propiedades que las caracterizan y que lo hacen ideal para su utilización en áreas de esparcimiento. Sus resultados y conclusiones constituyen un nivel intermedio de conocimientos.

3.3. Técnicas y herramientas a utilizar

3.3.1. Técnica.

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información, es decir, es el procedimiento que permitirá la obtención de los datos para verificar las interrogantes formuladas con anterioridad, para el logro de los objetivos propuestos, lo cual deber venir de la mano con el planteamiento del problema, los objetivos formulados y el diseño de dicha investigación. Se consultarán distintas referencias bibliográficas, manuales, y normas tales como:

INEN 1486 (Servicio ecuatoriano de normalización): Adoquines. Determinación de las dimensiones, área total y área de la superficie de desgaste.

INEN 1485 (Servicio ecuatoriano de normalización): Adoquines. Determinación de la resistencia a la compresión.

UNE-EN 1177 (Normalización española) Revestimiento de la superficie de las áreas de juego absorbedores de impactos. Determinación de la caída crítica.

NTC- 444 (Norma técnica colombiana) Caucho vulcanizado y elastómeros termoplásticos. Determinación de las propiedades de tensión.

ASTM D-2632 (American Society of Testing Materials) Rubber Property-Resilience by Vertical Rebound” “Propiedades del caucho resiliencia-rebote vertical.

3.1.2 Análisis de Contenido: Según Heinemann (2003), el análisis de contenido “es un procedimiento de interpretación. El objeto de esta interpretación son los datos que se obtuvieron para los fines de la investigación”. Esta técnica se empleara para analizar los criterios establecidos en la bibliografía técnica especializada relacionados con la fabricación de adoquines, a fin de realizar los modelos y ensayos de forma adecuada.

3.1.3 Observación directa

Este es el inicio de cualquier investigación ya que facilita la acumulación y sistematización de información sobre algún tipo de variable que tiene relación con el problema estudiado. Arias (1999), indica que la observación directa ayuda a presenciar de manera clara los hechos y situaciones que ocurren en el entorno de investigación. Mediante esta técnica se recolecta, información sobre las zonas en las cuales se encuentran arrojados los neumáticos fuera de uso lo que facilita la actividad de obtención y recolección para su procesamiento.

3.1.4 Análisis Comparativo de Resultados Carrero, Soriano, y Trinidad (2006). Indica que esta técnica implica “la búsqueda de semejanzas y diferencias a través del análisis de los incidentes contenidos en los datos. Comparando donde están las similitudes y las diferencias de los hechos”. Mediante ésta se pudo analizar, comparar y explicar los resultados cualitativos y cuantitativos de la investigación Esta técnica es utilizada para la realización del análisis de ciclo de vida del adoquín realizado y así compararlo con los adoquines existentes convencionales.

3.1.5 Técnicas de análisis y recolección de datos.

Las Técnicas de recolección de datos, son aquellas maneras en las que se recolectan y se transmiten los datos para complementar el trabajo de investigación. En tal sentido, Arias (2006) indica que las técnicas se refieren al “procedimiento o forma particular de obtener datos o información”. (pág.67). En base a esto, en el presente trabajo de investigación se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

3.1.6 La observación participante estructurada

Según Arias (2006), en la observación participante “el investigador pasa a formar parte de la comunidad o medio donde se desarrolla el estudio”. (pág.70). La misma se ejecuta de acuerdo a un objetivo, con ayuda de una guía ya establecida donde se especifiquen que aspectos deben ser observados. Para el caso de la presente investigación, el investigador observa y participa en la realización de los adoquines y de los ensayos, para recopilar todo los datos necesarios y los resultados arrojados por los estudios. Por otra parte, esta actividad permitirá percibir la realidad de la situación actual en la industria de la construcción tradicional y el impacto ambiental que genera, en interés de proponer posibles soluciones para disminuir en lo posible dicho impacto mediante la implementación de materiales reciclables.

3.1.7 Instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2006), un instrumento de recolección de datos “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. (pàg.69). En tal sentido, los instrumentos utilizados para la recolección de datos en la presente investigación fueron los siguientes:

3.1.8 Cuaderno de notas y lista de comparaciones

Facilita el registro de datos recolectados durante la investigación (características de los adoquines, tanto convencionales como de neumáticos fuera de uso fechas y horas de los ensayos con sus resultados finales, etc.), así como de la información obtenida por medio de investigaciones bibliográficas.

3.1.9.1 Cámara Fotográfica y de video

Permiten registrar paso a paso el procedimiento realizado para la fabricación de los adoquines y sus comportamientos durante los ensayos. También permiten observar detalladamente los resultados obtenidos, las fallas producidas en el bloque, entre otros aspectos de igual relevancia como la información obtenida en las entrevistas no estructuradas.

3.1.9.1.2 Software Datalaing Maprex

Estas herramientas permitirán la realización del análisis de costos de mano de obra, equipos y herramientas necesarias para la realización de los bloques propuestos a fin de establecer comparaciones con los bloques tradicionales.

3.3.2. Herramientas y equipos.

- Computador portátil Toshiba Satellite A305- S6858 UNIT.
- Impresora Láser HP DeskJet 1200.
- Dispositivo de almacenamiento masivo (pendrive) de 2.0 Gigabyte.
- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica: utilizada para tomar las medidas de dimensiones.
- Balanza: Utilizado para definir las dosificaciones.

- Cocina Electrica 1 Hornilla 110v Portatil marca Hot Plate modelo WY-02
- Planchas metalica.
- Termocupla tipo k.
- Tester Multímetro Digital Lcd Dt830b.

3.3.4 Flujograma de la metodología y su descripción.

Atendiendo al tipo de investigación, se establecieron las estrategias a seguir para la realización del presente trabajo, lo que permitió describir e identificar el problema y sus características, así como el método para la planificación y desarrollo, que permitieron lograr de manera efectiva los objetivos planteados.

En efecto, la metodología utilizada comprende: estudios preliminares, trabajo de campo y trabajo de oficina, cada una con sus respectivas actividades que conducen a la elaboración final del trabajo de grado.

Metodología del trabajo

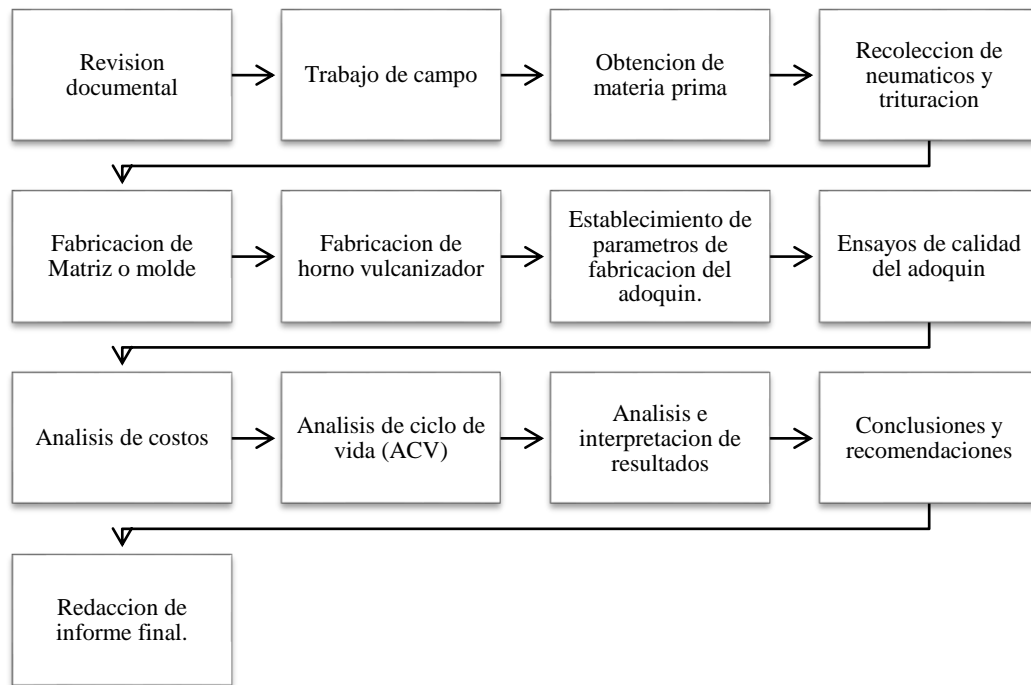


Figura 2 Flujograma de actividades.

Fuente: Malavé-Moya. 2021

3.3.4.1 Descripción del Flujograma de la metodología.

3.3.4.1.1. Recolección de neumáticos.

Para la elaboración de los adoquines se buscaron neumáticos que cumplieron su vida útil, preferiblemente neumáticos de autos pequeños para facilitar una separación de los componentes de manera manual. Para esto, se limpiaron todos los residuos que tenían del basurero o sitio donde estuvieron depositados.

3.3.4.1.2. Trituración mecánica.

Luego de tener los neumáticos, se debe despojarlos de la capa de acero que estos contienen y con un taladro, esmeril o piqueta, se procedió a empezar a sacar el gránulo de caucho de diferentes milímetros, para ensayar con las distintas granulometrías hasta escoger un tamaño específico que cumpla con las características solicitadas.



Figura 3 Obtención de caucho en polvo

Fuente: Malavé-Moya. 2021

3.3.4.1.3 Construcción de matriz o molde.

Para poder realizar los adoquines se fabricó una horma metálica rectangular de 10x15cm con su tapa metálica, creando un sistema en el cual se aplicó presión sobre el material para que mientras se vulcanice este a su vez se comprima, para esto se utilizaron un tornillo en la superficie de la tapa metálica que lo comprimirá mientras este dentro del horno.



Figura 4 Matriz o molde metálico

Fuente: Malavé-Moya. 2021

Para la fabricación del molde se empleó un diseño básico con el fin de reducir los costos de los materiales y horas de trabajo. Dicho diseño permitió la obtención de adoquines lisos sin encastres, los materiales para la elaboración de la matriz fueron 2 láminas de acero:

Lamina 1: tiene unas dimensiones de 14cmx11cm, a una de ellas se le soldó una platina de hierro alrededor para que el molde tuviera un espesor de 3cm, a dicha platina se le soldó un marco centrando un tornillo, con el fin de que a medida de que se ajustara el tornillo aplicara presión en el centro del molde.

Lamina 2: tiene unas dimensiones de 14cmx11cm con un aro soldado en el centro de ella un poco más amplio que el tornillo para que este encajara, con el objetivo de que el tornillo que tiene la primera lámina aplicara fuerza en el molde para así reducir el movimiento o torsión del mismo.

3.3.4.1.4 Presado de matriz.

En este proceso se elaboró de una pieza cuya forma consta de una plancha de hierro de 40x40cm con cuatro cabillas de (½ pulg) soldadas con el fin de que

quedaran a las esquinas de nuestro molde ya diseñado para la aplicación de fuerza con un gato hidráulico ejerciendo una presión de aproximadamente 500 kg cabe a destacar que estas piezas se colocaron bajo una mesa de concreto para así permitir la aplicación de esta fuerza.

3.3.4.1.5. Elaboración de horno.

Para la elaboración del adoquín se debe construyo una especie de horno para la vulcanización del material, en el cual entro la matriz o molde metálico y recibió el calor uniformemente y así evitar que se queme, o en su defecto, tarde demasiado tiempo en el calor, lo que hace que el gránulo de neumático pierda características mecánicas. Se plantean 2 prototipos ambos conectados con un quemador a gas natural.



Figura 5 Prototipo 1 Horno vulcanizador hecho de Magnesita

Fuente: Malavé- Moya. 2021

3.3.4.1.6 Descripción del prototipo n° 2 de horno vulcanizador.

Este prototipo fue elaborado con tres hileras de bloque de dimensiones 40x20x15cm en forma de cajón la cual está conformada:

Primera hilera: está conformada por tres bloques colocados formando un cajón y un bloque paralelo al cierre del cajón cuyo objetivo es facilitar la entrada del quemador a gas natural y encendido.

Segunda hilera: compuesta por cuatro bloques que se colocaron sobre una plancha de hierro recuperada, con una herramienta puntiaguda se procedió a abrir orificios a dicha lamina haciendo un total de 12 perforaciones para que el calor pasara a través de ellos, a los cuatro bloques se le hicieron tres perforaciones también para colocarle seis cabillas que en conjunto una vez armado forme una especie de emparrillados.

Tercera hilera: está compuesta por tres bloques a uno de estos bloques se le perforo un orificio lateral con el fin de introducir la termocupla tipo k de manera que llegara al interior del horno permitiendo la lectura en el tester, tiene una tapa de magnesita que sirve como puerta del horno y a su vez en la parte superior de los bloques está ubicada una tapa de concreto de 30x50cm.



Figura 6 Prototipo 2 de horno vulcanizador hecho con bloques y tapa de Magnesita

Fuente: Malavé-Moya. 2021

3.3.4.1.7 Pruebas mecánicas.

Los adoquines obtenidos se sometieron a pruebas de resistencia a la compresión, desgaste, flexión e impacto, para esto se crearán condiciones específicas para aplicar a los adoquines y así establecer sus características basándose en las normas IRAM 113130 y UNE-EN 1177.

3.3.5 Análisis de ciclo de vida Adoquín a base de neumático recuperado.

Se realizara un análisis de ciclo de vida a un adoquín a base de neumático recuperado de 210gr de peso y de medidas 14cmx11cmx1cm. Para la producción de 1 tonelada de adoquines se deben elaborar aproximadamente 4762 adoquines.

3.3.5.1 Metodología.

La metodología utilizada para aplicar el ACV del adoquín a base de neumático recuperado fue tomada de la norma técnica colombiana NTC ISO 14044.

3.3.5.2 Definición del objetivo y alcance del estudio.

En la primera etapa se definirá el adoquín como el producto a ser analizado, se escogerá como unidad funcional, 1tn de adoquín, el proceso productivo y la materia prima como sistema del producto a estudiar. De igual manera se definirán las exclusiones del proceso y los datos a utilizar de acuerdo a su accesibilidad.

3.3.5.3 Análisis de inventario.

En esta etapa del trabajo se recolectaran todos las entradas y salidas del proceso productivo. Para cada proceso se cuantificara el consumo de recursos como la energía, mediante el inventario de equipos y tiempo de trabajo del equipo a través de la cuantificación de cantidades consumidas, materias primas utilizadas e insumos utilizados, además de las emisiones generadas a la atmosfera, mediante la revisión de mediciones de aire donde se evidenciaran los datos reales de contaminantes expulsados a la atmosfera, entre otros aspectos. A partir de esto, los recursos y residuos generados se combinaran en el diagrama de procesos.

3.3.5.4 Análisis de impacto.

Los efectos causados por el consumo de los recursos y la generación de emisiones se agruparan y se cuantificaran en un número limitado de categorías de impactos ambientales para ser ponderados de acuerdo a su significancia.

3.3.5.5 Definición de la mejora.

En esta etapa se analizaran los datos a través del uso de graficas donde se evidencie la diferencia entre los impactos producidos por el adoquín de neumáticos recuperados y el adoquín convencional.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO

Luego de obtener la cantidad de datos necesarios, se procedió a darle significado a los mismos, es decir, los resultados, fueron interpretados y analizados para dar cumplimiento a los objetivos planteados en esta investigación. Este paso es concluyente, debido a que si se pretende transformar la perspectiva negativas en cuanto al uso de materiales reciclables en la elaboración de elementos constructivos, es necesario demostrar con hechos comprobables su correcta funcionabilidad.

4.1. Describir de las características de los neumáticos recuperados para la elaboración de adoquines.

El desarrollo de esta etapa consistió, en explicar las propiedades y características principales de los componentes de los neumáticos fuera de uso, para así tener clara su nomenclatura, con la que se permitirá conocer las cantidades contenidas de cada elemento, beneficios y aportes para la fabricación del adoquín que se pretende realizar.

Tabla 5 Descripción de las características de los neumáticos fuera de uso para la elaboración de adoquines.

MATERIAL	Descripción	Características
-----------------	--------------------	------------------------

Granulo de caucho en polvo	Proviene de la trituración mecánica de los NFU que se hace mediante un sistema de maquinaria especializado, el caucho en polvo es 99% libre de impurezas	Se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica.
Granulo de Caucho	Con un tamaño promedio de 5mm, proviene de la trituración manual del neumático en su composición aún se encuentra el nylon debido a que para su trituración se utiliza solo la capa de rodadura.	Se caracteriza por ser excelente amortiguante, Impide crecimiento de maleza y retiene la humedad.

Fuente: Malavé-Moya. 2021

La Granulometría se define como la distribución del tamaño de las partículas de los granos que integran una masa de agregados. Esta característica decide, de manera muy importante, la calidad del material. Se determina haciendo pasar una muestra representativa de agregados por una serie de tamices ordenados por abertura de mayor a menor.

4.1.1 Módulo de finura

Según Porrero (2009), es la suma de los porcentajes retenidos acumulados de una muestra de agregado dividida entre 100. Los cedazos que se utilizan para determinar el módulo de finura de los agregados son: #100 (0,149 mm), #50 (0,297mm), #30 (0,595 mm), #16 (1.49 mm), #8 (2.38 mm), #4 (4.76 mm), ¼ (6.35) 3/8'' (9.5 mm), 3/4'' (19 mm), 1'' (22.6 mm hasta 32 mm) y mayores, aumentando en la relación 2 a 1.

Se tomó en cuenta los distintos tamaños de caucho que se pudieron obtener la trituración mecánica, para ello se pasaron por un tamiz y se obtuvieron las distintas granulometrías. Posteriormente de compararon las granulometrías obtenidas con las establecidas en la Norma “Manual del Concreto Estructural” conforme a la norma COVENIN 1753:03 (Porrero, 2009).Donde se obtuvo el resultado del módulo de finura de los materiales y su clasificación granulométrica.



Figura 7 Granulo de caucho en polvo

Fuente: Malavé-Moya. 2021



Figura 8 Granulo de caucho en polvo

Fuente: Malavé-Moya. 2021

Tabla 6 Clasificación de la arena según el módulo de finura (MF)

Fina	Media	Gruesa
MF < 2,0	$2,0 \leq MF \leq 3,0$	MF > 3,0

Fuente: Porrero 2009

Tabla 7 Análisis De Granulometría

Resultado	Porreo 2009	
Granulo de Caucho en polvo	0.149mm	Agregado fino < 2,0
Granulo de caucho.	5mm	Agregado grueso > 3,0 mm

Fuente: Malavé- Moya. 2021

4.1.2 Tamiz y módulo de finura del neumático recuperado para la fabricación de adoquines. Granulo de caucho fino.

Según los resultados obtenidos, el granulo de caucho en polvo utilizado para la fabricación de adoquines, se clasifico en un tamiz #100 (0.149 mm) estableciéndose con un módulo de finura fino.

4.1.3 Tamiz y módulo de finura del neumático recuperado para la fabricación de adoquines. Granulo de caucho.

Con respecto, el granulo de caucho grueso se trituro a un tamaño promedio de 5 mm, clasificándose en un tamiz 1/4'' ubicado como agregado grueso por ser de un tamaño de 5mm.

4.2 Establecimiento de las condiciones de vulcanización y tipo de mezcla requerida, para la fabricación de adoquines a base de compuestos de neumáticos recuperados. Mediante las normas NTC- 444 y une-en 1177.

4.2.1. Elaboración del adoquín.

Se procedio a la elaboración del adoquín utilizando el compuesto obtenido, el cual fue vaciado en la matriz fabricada bajo condiciones segun los estándares expresados en la NTC-444, una vez obtenidos los adoquines, estos serán utilizados como modelos de ensayo aplicando la metodología UNE- EN 1177, IRAM 113130, IRAM 113010.

Según los parámetros establecidos en la norma NTC-444 Caucho vulcanizado elastómeros termoplásticos, la vulcanización se produce rápidamente entre 160°C y 180°C, en donde se obtiene un nuevo producto en el cual la elasticidad ha desaparecido y el aspecto del caucho se ha modificado; se presenta ahora bajo una apariencia pardo oscura, en cierto grado quebradizo lo que exige en cambio prolongar por más tiempo la operación.

Como vemos la vulcanización del caucho es de suma importancia, ya que le otorga a este material una resistencia muchísimo mayor, y si consideramos que las llantas en las que millones de personas se movilizan a diario, se encuentran fabricadas en este material, entonces, el factor de la resistencia resulta ser absolutamente indispensable, el que se logra por medio de una vulcanización que utiliza baja presión y altas temperaturas.

Se escogieron bloques de concreto debido a que estos soportan temperaturas de hasta 1000°C y la temperatura máxima que necesitamos para la vulcanización es de 180°C. Para que el horno alcanzara las temperaturas requeridas para la vulcanización del neumático paso por una etapa de precalentado, se encendió el quemador a gas natural y se tomó la temperatura en intervalos de cada 10 minutos.

Como no se contaba con un termómetro digital para medir la temperatura dentro del horno se utilizó una termocupla tipo k conectada a un tester electrónico que arrojó lecturas en milivoltios, se usó la tabla de termocupla tipo k para transformarla a °C. Cabe destacar que el horno se fabricó en el galpón de la empresa ALEXCAR C.A cuya ventilación es relativamente aislada ayudando así a alcanzar las temperaturas requeridas.

Las lecturas en milivoltios obtenidas se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 8 Relación tiempo mili voltios de precalentado del horno vulcanizador

Tiempo.	Mv.
10 Minutos	4.7
20 Minutos	5.4
30 Minutos	5.8
40 Minutos	6.1
50 Minutos	6.4
60 Minutos	6.6
1: 10 minutos	7.1

Tabla 8. Fuente: Malavé-Moya. 2021

Una vez obtenidos los datos de precalentados se procede a transformar los milivoltios obtenidos con la lectura del tester para transformarlo a °C, este procedimiento se realiza mediante la tabla Termocupla tipo k.

Tabla 9 Tabla termocupla tipo K- Equivalencias- grados Celsius- milivoltios

Termocupla tipo K - Equivalencias: grados celsius - milivoltios													
°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV
0	0,00	200	8,13	400	16,40	600	24,91	800	33,30	1000	41,31	1200	48,89
10	0,40	210	8,54	410	16,82	610	25,34	810	33,71	1010	41,70	1210	49,25
20	0,80	220	8,94	420	17,24	620	25,76	820	34,12	1020	42,09	1220	49,62
30	1,20	230	9,34	430	17,67	630	26,19	830	34,53	1030	42,48	1230	49,98
40	1,61	240	9,75	440	18,09	640	26,61	840	34,93	1040	42,87	1240	50,34
50	2,02	250	10,16	450	18,51	650	27,03	850	35,34	1050	43,25	1250	50,69
60	2,43	260	10,57	460	18,94	660	27,45	860	35,75	1060	43,64	1260	51,05
70	2,85	270	10,98	470	19,37	670	27,87	870	36,15	1070	44,02	1270	51,41
80	3,26	280	11,39	480	19,79	680	28,30	880	36,55	1080	44,40	1280	51,76
90	3,68	290	11,80	490	20,22	690	28,72	890	36,96	1090	44,78	1290	52,11
100	4,10	300	12,21	500	20,65	700	29,14	900	37,36	1100	45,16	1300	52,46
110	4,51	310	12,63	510	21,07	710	29,56	910	37,76	1110	45,54	1310	52,81
120	4,93	320	13,04	520	21,50	720	29,98	920	38,16	1120	45,92	1320	53,16
130	5,33	330	13,46	530	21,92	730	30,39	930	38,56	1130	46,29	1330	53,51
140	5,73	340	13,88	540	22,35	740	30,81	940	38,96	1140	46,67	1340	53,85
150	6,14	350	14,29	550	22,78	750	31,23	950	39,35	1150	47,04	1350	54,20
160	6,54	360	14,71	560	23,20	760	31,65	960	39,75	1160	47,41	1360	54,54
170	6,93	370	15,13	570	23,63	770	32,06	970	40,14	1170	47,78	1370	54,88
180	7,33	380	15,55	580	24,06	780	32,48	980	40,53	1180	48,15		
190	7,73	390	15,98	590	24,48	790	32,89	990	40,92	1190	48,52		

Fuente: ALERCE, Foro de cerámica

4.2.4 Tipo de mezcla requerida para la fabricación de adoquines a base de neumáticos recuperados.

Una vez establecido el tiempo y temperatura del horno para alcanzar la vulcanización se procedió a determinar los parámetros de nuestra mezcla cuya composición se basó después de varios intentos que la mezcla más factible para la realización del adoquín a base de NFU es de 120gr de granulo fino y 90gr de granulo grueso sumando 210gr de agregado. Representando un 57,14% GF(Granulo fino) Y 42,85% GG (Granulo grueso), Cabe destacar que el adoquín a base de neumaticos recuperados no habia sido expuesto al proceso de vulcanización al someterse se

observo que la sumatoria del peso de los agregados disminuyo. Lo que dio un resultado optimo de un adoquin que pesa 144 gr y mide 14cmx11cmx1cm.



Figura 9 Adoquín obtenido

Fuente: Malavé- Moya. 2021

4.2.5 Determinación de la resistencia a la abrasión. Norma IRAM 113130.

Siguiendo las indicaciones de la norma IRAM 113130, se procedió a realizar el ensayo de resistencia a la abrasión el cual consistió En esta someter la muestra del caucho vulcanizado a la acción de un dispositivo de tambor giratorio unido a un material abrasivo.

Las dimensiones de la muestra fueron 14cm de largo 11cm de ancho y un espesor 1 cm y se obtuvieron por moldeo en prensa. El abrasivo que se empleó fue una lija al agua Doble A®, código AX-51 Nro. 80.

1. Se tomó una muestra de adoquín de un peso de 144gramos
2. Se encendió el dispositivo unido al material abrasivo.
3. El ensayo duro 71 segundos, lo que equivale a una distancia aproximada de 40 metros con una velocidad de giro de 140 vueltas por minuto.

4. Se observó la muestra para apreciar el desgaste.
5. Se pesó la muestra luego del ensayo.

Una vez obtenidos los datos se calculó la pérdida de masa porcentual de la siguiente manera.

$$\Delta M\% = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100$$

Siendo:

$\Delta M\%$ Pérdida de masa porcentual

Mi Masa inicial

Mf Masa final

$$\Delta M\% = \frac{144 - 142}{144} * 100$$

$$\Delta M\% = 1.3888\%$$

Según los resultados obtenidos podemos concluir que el adoquín posee una alta resistencia a la abrasión ya que en la norma IRAM113130 se visualiza que si el resultado supera el 50% de pérdida por abrasión no debe ser aceptado.

El porcentaje de pérdida por abrasión del adoquín a base de neumáticos recuperados fue de 1.3888% lo cual nos indica que este material posiblemente nos sirva para la fabricación de bases y sub bases de pavimentos.

4.2.6 Envejecimiento.

Con el fin de determinar el tiempo de vida útil que tendrá el adoquín a base de neumáticos recuperados se escogió una muestra la cual fue expuesta a la intemperie durante un periodo de tiempo para así observar los cambios que el material tendría al transcurrir el tiempo.

Procedimiento:

- Se colocó el adoquín a la intemperie durante 1 año sometiéndolo a distintos cambios ambientales naturales e inducidos, durante tres días a la semana (lunes, miércoles y sábado) se procedía a rociarlo con agua durante un minuto tres veces al día simulando lluvia para observar la reacción los otros días (martes, jueves, viernes y domingo) se dejaba expuesto al sol.

Este procedimiento inicio el 16 de diciembre del 2019 y culmino el 16 de diciembre del año 2020, dando como resultando un adoquín que solo sufrió pérdida de color debido su exposición a los rayos Uv. Como el adoquín no fue expuesto a ninguna carga no sufrió ninguna deformación importante.

4.2.7 Ensayo de impacto.

Con el fin de determinar si el adoquín elaborado es resistente a impactos se tomó una muestra de dimensiones 14cmx11cmx1cm el cual se sometió a impacto de una bola de 1.245kg de peso.

El procedimiento de este ensayo consistió en dejar caer la bola sobre el adoquín a una altura de 1 metro en series de 5.

Este ensayo fue netamente de observación y se pudo notar que el adoquín en cuestión no sufre ningún cambio rotura o deformación ante la caída de la bola.

4.3 Realizar un análisis de costo del adoquín obtenido y compararlo con adoquines existentes en el mercado, mediante el “software dataing maprex”.

En este punto, se realizó un análisis de precios unitarios de los adoquines a base de neumáticos recuperados con el fin de compararlo con los precios de los adoquines existentes en el mercado elaborados de otros materiales para así determinar si la fabricación de los adoquines propuestos, resultan una mejor opción en cuanto a economía se refiere.

Procedimiento para el cálculo del costo del adoquín a base de los neumáticos recuperados

Se realizaron tres partidas las cuales se explican a continuación:

Partida 1: Fue hecha con el transporte la cual constaba con un alquiler de un camión con chofer y ayudante desde nuestro botadero de basura en Cantaura hasta las empresas Alexcar con un costo de 30.564,01 Bsf.

Partida 2: Formado con el caucho como material, en los equipos un taladro liviano para la trituración del caucho y en mano de obra se colocó un obrero de primera con su ayudante 287.386,86 Bsf.

Partida 3: Estaba conformada en materiales por caucho fino y caucho grueso ya triturado en equipo constaba de un horno vulcanizador con quemador a gas y en mano de obra tenía un hornero vulcanizador 37.239,14 Bsf.

4.3.1 Precio de adoquines tradicionales.

Tabla 10 Comparación del precio de adoquines tradicionales con el adoquín a base de neumáticos recuperados

Tipo	Cantidad	Bolívares	PU \$(m2)
------	----------	-----------	------------

Adoquines de Arcilla (20cm x 10cm x 6cm)	1	50.385.630,67	14,20
Adoquines de concreto (24cm x 12cm x 8cm)	1	53.224.257,75	15
Adoquines ladrillo macizo (20cmx11cmx5.5cm)	1	62.094.967,68	17,5
Adoquines a base de neumáticos recuperados. (14cmx11cmx1cm)	1	7.393.768,95	1,95

Fuente: Malavé-Moya. 2021

4.3.2 Análisis del precio unitario para el adoquín a base de neumático recuperado.

El precio unitario correspondiente a la producción de un adoquín a base de neumático recuperado, fue comparado con los costos de los adoquines tradicionales disponibles en el mercado. De acuerdo a esto, es posible deducir las ventajas económicas que trae consigo el uso de neumático recuperado como material reciclado, para la elaboración de elementos constructivo.

Dicho lo anterior, se obtuvo como resultado una diferencia importante de 87% por unidad producida en comparación con el adoquín de arcilla siendo este el más económico existente en el mercado.

En base a los resultados obtenidos con el adoquín de 14x11x1 se propone aumentar su tamaño para facilitar y reducir sus costos de instalación a un tamaño de 50x50x1cm para cubrir el metro cuadrado solamente se necesitaran 4 adoquines para cubrir el espacio.

Según los resultados obtenidos se observó la diferencia de precios y se calculó nuevamente el ahorro que este representa con respecto a los adoquines existentes.

Tabla 11 Comparación del precio de adoquines tradicionales con el adoquín a base de neumáticos recuperados propuesta de adoquín 50x50x1cm

Tipo	Cantidad	PU \$(m2)
Adoquines de Arcilla (20cm x 10cm x 6cm)	1	14.20
Adoquines de concreto (24cm x 12cm x 8cm)	1	15
Adoquines ladrillo macizo (20cmx11cmx5.5cm)	1	17,5
Adoquines a base de neumáticos recuperados. (50cmx50cmx1cm)	1	2,09

Fuente: Malavé-Moya. 2021

Obteniendo como resultado un ahorro del 80.66% en comparación al adoquín más económico existente en el mercado. Cabe destacar que para cubrir un metro cuadrado con el adoquín de 14x11x1cm se necesitan 65 adoquines lo cual lo hace tedioso al momento de su instalación y aumenta el costo de la mano de obra por lo que se propone el adoquín de 50x50x1cm que para cubrir el metro cuadrado solo se necesitan 4 adoquines lo cual facilita enormemente su instalación.

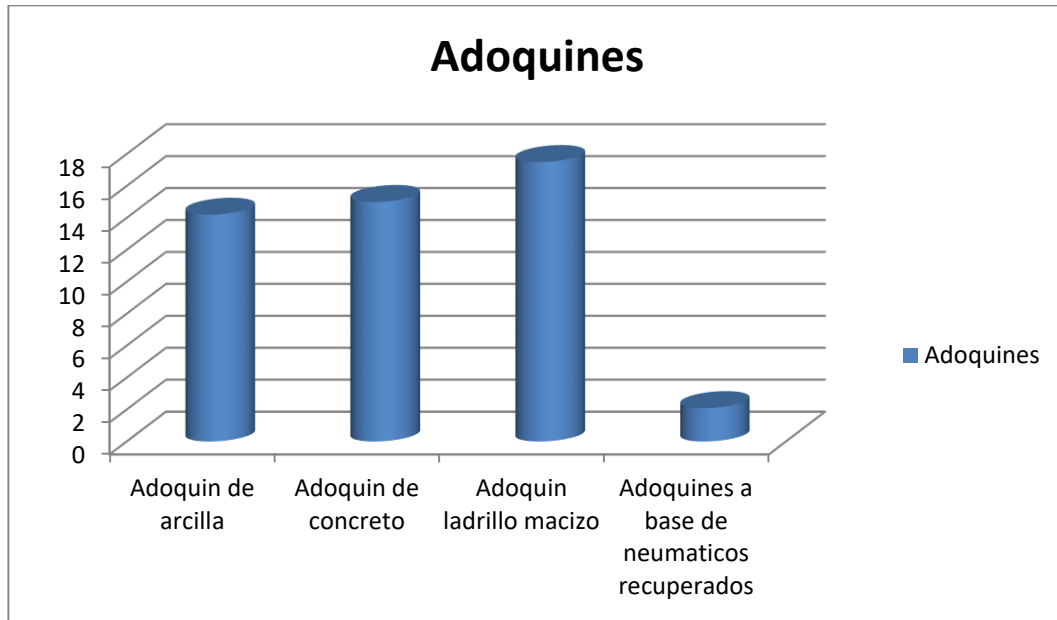


Figura 10 Comparación de los costos por metro cuadrado los adoquines.

Fuente: Malavé- Moya. 2021

4.4 Comparar los impactos ambientales del adoquín con el adoquín tradicional a partir de un análisis de ciclo de vida (ACV).

4.4.1 Objetivo y alcance.

Objetivo: Obtener mediante este estudio, una visión más detallada del proceso de producción del adoquín en el cual se detecten las diferencias entre el adoquín convencional y el de neumático recuperado así como también definir cuál es el menos contaminante al ambiente.

4.4.2 Alcance.

Producto a estudiar: el producto a estudiar es el adoquín a base de neumático recuperado elaborado para ser utilizado en áreas de exterior

Unidad funcional.

Como unidad funcional se utilizara 1tn de adoquines.

Sistema del producto a estudiar.

El sistema bajo estudio se ha dividido en 3 etapas las cuales son:

Recolección de neumáticos.

Para la recolección de neumáticos se plantea crear un plan de recolección aplicado en el aseo urbano donde un día a la semana se dedique a la recolección de neumáticos en las calles de Cantaura los cuales serán alojados en un deposito donde se puedan buscar para posteriormente darle un mejor uso que beneficie a la construcción como al ambiente con la elaboración de este tipo de adoquines.

4.4.3 Obtención de materia prima.

En esta etapa una vez recolectado el neumático se procederá a separar sus componentes el caucho del acero dejando el acero como material de salida.

4.4.4 Vulcanización del material y prensado.

Para este proceso se colocara la cantidad de material requerido en un molde previamente elaborado con planchas metálicas para darle forma al adoquín en un horno a gas natural a 170°C por 30 minutos, luego se procederá a la aplicación de

presión fuera del horno con un gato aplicándole una fuerza de aproximadamente 500kg por media hora más, así se obtiene el adoquín.

Se identifican en la siguiente tabla materia prima y principales insumos asociados a la fabricación del adoquín.

Tabla 12 Proceso y Materia prima e insumos

Proceso	Materia prima e insumos
Recolección de neumáticos	Neumáticos
Obtención de materia prima	Granulo de caucho
Vulcanización y prensado	Gas.

Fuente: Malavé-Moya. 2021

En la siguiente tabla se evidencia el proceso y los equipos a utilizar durante cada una de las etapas

Tabla 13 Proceso y equipos

Proceso	Equipos
Recolección de neumáticos	Camión recolector
Obtención de materia prima	Taladro, piqueta y cuchillo
Vulcanización y prensado	Molde, horno, gato.

Fuente: Malavé- Moya. 2021

Fuera de análisis quedaron los siguientes aspectos.

- Elaboración de matriz o molde: su exclusión se debe a la dificultad de realizar las mediciones adecuadas para saber la cantidad de material que se necesita para su elaboración.
- Elaboración de horno: su exclusión se debe a que solo se considera importante la energía que este produce en su funcionamiento y no la que se gasta al construirlo.

La exclusión de cada uno de los aspectos mencionados anteriormente hace que no se realice una cuantificación detallada en el consumo de materiales y la generación de residuos, emisiones y otros aspectos ambientales, y a su vez se desconozcan impactos ambientales significantes por lo que se explicara el ACV de manera empírica.

4.4.5 Tipos y fuentes de datos.

Los datos del ACV del adoquín a base de neumáticos recuperados se obtuvieron a partir de la observación del mismo proceso elaborado por los autores y del adoquín convencional mediante información sacada del Manual del euro adoquín.

4.4.6 Análisis del inventario de ciclo de vida ICV.

Calculo de datos: el inventario recoge entradas y salidas de cada uno de los procesos de fabricación del adoquín a base de neumáticos recuperados. A continuación se especifican los cálculos realizados en los procesos de obtención de materia prima, vulcanización de material, prensado y recolección de neumáticos.

4.4.7 Recolección de neumáticos.

Un neumático de medidas 155/70/R13 puede pesar aproximadamente unos 6.5kg o 0.0065tn. Se requieren para la elaboración de 4672 adoquines el equivalente a 0.98 tn de material de neumáticos recuperados, pero el neumático pesa 0.0065tn incluyendo la capa de acero.

Para esto se toman en cuenta los datos obtenidos de la página Opaneo.es/blog en donde se dice que la capa de acero o cinturón frontal en un neumático constituye a un 20% de su peso por lo que se calcula de la siguiente manera:

Si 0.00065tn-----100% del peso

X tn -----20%

Donde

$$X = \frac{20\% \times 0.0064tn}{100\%}$$

$$X = 0.0013tn$$

Entonces a 0.0065tn se le restan 0.0013tn de la capa de acero.

$0.0065 - 0.0013 = 0.0052tn$ Lo que quiere decir que cada neumático con el material que nos interesa tiene un peso equivalente de 0.0052tn

De manera que la forma de saber cuántas tn de neumático en polvo fue:

210gr de neumático por adoquín

210x4672Adoquines= 981120gr se transforman a tn

Lo que da un resultado de 0.98tn Para calcular cuántos neumáticos hay que recolectar para la producción de 1tn de adoquín se realiza la siguiente regla de tres.

Si 1 neumático ----- pesa 0.0052tn

Neumáticos ----- 0.98tn

$$X = \frac{0.98tn \times 1tn}{0.0052tn}$$

$$X = 188.46 \text{ neumáticos}$$

Aproximadamente 190 neumáticos

Cantidad de material saliente de este proceso es solo la capa de acero que es de 0.0013tn por neumáticos.

$$0.0013 \times 190 \text{ Neumaticos} = 0.24 \text{tn de acero no utilizables}$$

Energía del proceso.

Automotriz del camión para la recolección.

Obtención de materia prima.

Cantidad 0.98tn de caucho en polvo.

Energía del proceso

Energía eléctrica para la granulación del neumático.

Vulcanización y prensado.

Se vulcanizaran 0.98tn de material

Se prensaran 0.98tn de material

Se usaron 500Kg o 0.5tn de peso.

Energía del proceso.

Gas natural.

Diagrama de flujo del proceso de producción del neumático recuperado.

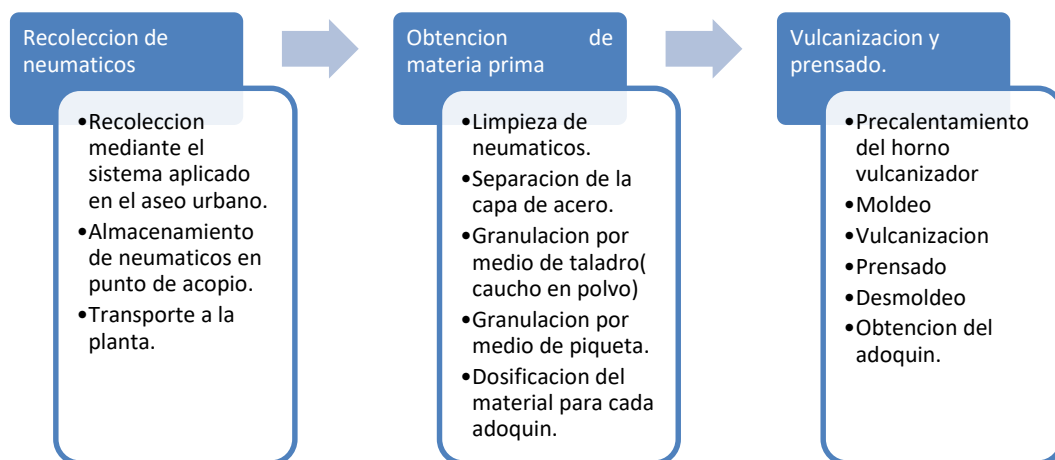


Figura 11 Diagrama de flujo del proceso

Fuente: Malavé-Moya. 2021

Tabla 14 Entradas y salidas del proceso de producción

Entradas		Salidas	
Materiales e insumos	Cantidad	Productos	Cantidad
Neumáticos	190	Capa de acero	
	Neumáticos		
Caucho en polvo	0.098tn		0.24tn
Agua	1500 litros		
Gas natural	45kg		

Fuente: Malavé- Moya. 2021

4.5 Evaluación de impacto.

Matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales.

Una vez construido el inventario se realizó una matriz de aspectos e impactos ambientales se usaron los siguientes criterios.

Magnitud: se entiende como la gravedad del daño que se puede causar al medio ambiente se clasifican en

Magnitud alta = 5

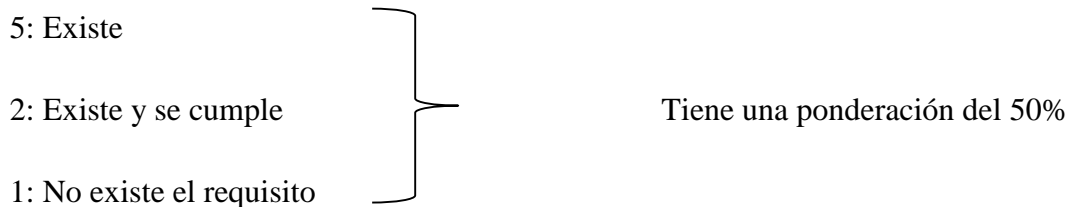
Magnitud media

1 Magnitud baja



Tiene una ponderación del 30%

Requisito legal: se refiere a la legislación ambiental que le aplica al aspecto se clasifica en:



Frecuencia: se refiere a la periodicidad con el que ocurre o se genera un aspecto se clasifica en:



Comunidad: Trata sobre la probabilidad que tiene el impacto de afectar a las partes interesadas se clasifica en 1 a 5 siendo 5 el que determina el mayor grado de afectación y tiene un valor de ponderación del 10%.

Después de asignar los valores a cada uno de los anteriores criterios se realiza una suma teniendo en cuenta la ponderación así; el valor individual por el porcentaje de ponderación más el siguiente, obteniendo los resultados para cada aspecto. Se definieron como significativos los que en las sumatorias tuvieron un valor mayor o igual a 2

4.5.1 Indicadores.

Cada aspecto ambiental se ordenó de mayor a menor según su nivel de significancia en la matriz de aspectos ambientales. Luego se identificaron los aspectos de mayor significancia; entre estos se encuentran, la emisión de material particulado generado a través del taladro consumo de energía eléctrica y gas natural así como el consumo de agua.

A cada aspecto se le asignó la categoría de impacto y los siguientes componentes

Resultado de inventario de ciclo de vida (ICV)

Modelo de caracterización y factor de caracterización

Indicadores de categoría

Resultado del indicador

Puntos de categoría

Tabla 15 Indicadores de categoría

Aspecto ambiental	Emisión de Material particulado
Categoría de impacto	Contaminación atmosférica
Resultado del ICV	190 neumáticos
Modelo de caracterización	Estudio Isotecnico
Indicador de categoría	Estándar de emisión
Factor de caracterización	0.98tn de material de neumático
Resultado por indicador de	1tn

categoria	
Puntos finales de categoría	Salud humana
Importancia ambiental	Las infecciones respiratorias por contaminación de material particulado

Fuente: Malavé- Moya. 2021

Tabla 16 Indicadores de categoría

Aspecto ambiental	Consumo de energía eléctrica.
Categoría de impacto	Calentamiento global
Resultado del ICV	650kw ton/año
Modelo de caracterización	Estimación del consumo de energía eléctrica de 1 taladro para producir 1tn de material.
Indicador de categoría	Huella de carbono tn de carbono por año de producción
Factor de caracterización	No aplica
Resultado por indicador de categoría	No aplica
Puntos finales de categoría	Salud humana
Importancia ambiental	Aumento del nivel de los mares

Fuente: Malavé- Moya. 2021

Tabla 17 Indicadores de categoría

Aspecto ambiental	Producción de smog.
Categoría de impacto	Agotamiento de la capa de ozono
Resultado del ICV	8horas x día

Modelo de caracterización	Estudio Isotecnico
Indicador de categoría	No aplica
Factor de caracterización	No aplica
Resultado por indicador de categoría	No aplica
Puntos finales de categoría	Deterioro de la capa de ozono
Importancia ambiental	Contaminación del aire debido al azufre usado durante la vulcanización

Fuente: Malavé- Moya. 2021

4.5.2 Proceso de producción del adoquín convencional.

Materia prima: cemento, áridos, agua, aditivos y pigmentos.

4.5.2.1 Proceso.

Recepción de materia prima

Dosificación y amasado (amasado a través de mezcladora)

Vibro compresión (energía eléctrica)

Curado

Embalaje y almacenamiento (energía eléctrica)

Según la revista científica Buiding and enviroment se especifica que para construir 1kg de ladrillos y adoquines se llega a consumir 3.56megajules equivalentes de energía primaria, gastar 1.89 litros de agua y emitir a la atmosfera 270gr de CO2.

Para la elaboración de estos adoquines se establecen ciertas emisiones que se producirán al medio ambiente las cuales son:

- Emisión de partículas a la atmosfera durante el proceso de producción del cemento que se usara en la fabricación.
- Descarga de desechos líquidos
- Gasto de energía eléctrica
- Contaminantes hídricos por los derrames de material.
- Gases de combustión CO Y CO2

De esta forma se elabora una tabla comparativa de los impactos potenciales que genera la fabricación del adoquín a base de neumáticos recuperados y el adoquín convencional de concreto.

Tabla 18 Impactos Potenciales

Impacto potencial	Adoquín de neumático	Adoquín convencional
Contaminación atmosférica	Genera	Genera
Calentamiento global	Genera	Genera
Agotamiento de la capa de ozono	Genera	Genera
Gasto de recursos hídricos	No Genera	Genera
Descarga de desechos líquidos	No Genera	Genera
Gases de combustión	No Genera	Genera
Contaminantes hídricos (Eutrofiltracion)	No Genera	Genera

Acidificación	No Genera	Genera
Energía no renovable	No Genera	Genera

Fuente: Malavé- Moya.

4.6 Disposición final del adoquín a base de neumáticos recuperados.

En el caso de la energía renovable y no renovable cabe destacar que al finalizar su vida útil el adoquín de neumáticos recuperados puede someterse a otros procesos de renovación, ya que al pasar del tiempo este solo se desgasta pero su componente puede ser usado para otros procesos de fabricación como por ejemplo la elaboración de nuevos adoquines, la adición a las mezclas asfálticas para mejorar sus características o también la adición al concreto hidráulico, teniendo así un uso nuevo al finalizar su vida útil.

En cambio el adoquín convencional de concreto una vez culminada su vida útil ya sea por rotura del mismo o desgaste no puede ser renovado únicamente se desecha produciendo así más impactos potenciales al medio ambiente.

En ese orden de ideas cabe destacar que la producción de 1tn de adoquines a base de neumáticos recuperados de medidas 14x11x1cm arroja un resultado de 4762 adoquines mientras que el de concreto de medidas 12x25x5cm arroja únicamente 292 unidades de adoquines.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez finalizadas las actividades previstas para el desarrollo de la investigación, se analizaron los diferentes datos para las variables consideradas para la elaboración de adoquines a base de neumáticos recuperados, llegando así a las siguientes conclusiones.

- Se escogió el neumático fuera de uso debido a que es un material reutilizable con gran cantidad de aportes que pocos aprovechan, para ello tuvo que transformarse a polvillo de caucho en la que el módulo de finura apto para la realización de los adoquines fue 0.149mm y 5.33mm representando respectivamente un módulo de finura fino y un módulo de finura grueso. los cuales brindaron una buena trabajabilidad de la mezcla y un óptimo moldeado para los adoquines.
- Según los parámetros establecidos en la norma NTC-444 Caucho vulcanizado elastómeros termoplásticos, la vulcanización se produce rápidamente desde 160°C hasta 180°C para una buena vulcanización. El adoquín realizado a base de neumáticos recuperados tiene unas dimensiones de 14cmx11cmx1cm y pesa 144gr lo cual entra en el rango estándar de las proporciones comerciales de los adoquines. Con respecto a los resultados del ensayo de resistencia a la abrasión se obtiene que el porcentaje de la perdida por abrasión fue de

- 1.3888% que cumple con los parámetros establecidos de la norma IRAM 113130.

En cuanto al ensayo de envejecimiento del adoquín se obtuvo durante un año el adoquín solo sufrió pérdida de color debido su exposición a los rayos Uv.. De igual forma el ensayo de impacto dio como resultado que el adoquín es resistente ya que al recibir el impacto de la bola este no sufrió ninguna deformación ni rotura.

- Con respecto al análisis de precios del adoquín realizado se obtuvo como resultado una diferencia importante de 87% por unidad producida en comparación al adoquín de arcilla siendo este el más económico existente en el mercado. Lo que nos lleva a la conclusión de que el adoquín propuesto cumple con la meta establecida de reducir costos en la adquisición de estos materiales de construcción y genera un aporte positivo en la industria de la construcción.
- Por otra parte luego de realizar el análisis de ciclo de vida del adoquín a base de neumáticos recuperados, se pudieron observar todas las emisiones e impactos que este produce al ambiente, que en comparación a los impactos producidos por la elaboración de los adoquines convencionales son mínimos y al ser elaborados de materiales de desecho estos colaboran con la conservación del medio ambiente y reduce la contaminación.

5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda el uso de adoquines a base elaborados a base de neumáticos recuperados, para la instalación en áreas de exterior como camineras y parques infantiles ya que no soportan cargas significativas.
- Los materiales de elaboración de la mezcla de los adoquines debe ser proporcional tanto en el polvillo de caucho como en el caucho grueso según el tamizado especificado anteriormente ya que esto permite un adoquín resistente y compacto.
- El tiempo de vulcanización del adoquín no debe sobrepasar de 1:10 minutos ya que al sobrepasar el tiempo el caucho tiende a volverse plástico lo cual altera las características de los ensayos y no lo hace un adoquín óptimo.
- En cuanto a las dimensiones obtenidas para esta propuesta de adoquines se recomienda aumentar sus dimensiones para elaborar un adoquín de 50cmx50cmx1cm, para así facilitar la instalación en áreas de exteriores y reducir los costos de mano de obra.
- El neumático fuera de uso ha dado buenos resultados al aportar resistencia a la abrasión y al impacto, por lo que se recomienda estudiar las características de los neumáticos para la elaboración de paredes anti acústica y también para techos, para su implemento en la elaboración de elementos constructivos, contribuyendo así con la disminución de la contaminación ambiental originada por estos residuos, con el fin de eliminarlos.
- Se recomienda realizar un ensayo detallado sobre el impacto o la altura de caída crítica según la Norma UNE-EN 1177:2008 el cual no puedo ser

realizado debido a la carencia de quipos necesarios como lo son el acelerómetro triaxial.

- El software Datalaing MAPREX para realizar Análisis de precios unitarios (A.P.U) y presupuestos no posee una base de datos actualizadas con los costos reales de materiales, equipos y mano de obra, los cuales cambian constantemente, por lo que se recomienda una actualización de este programa o, en su defecto, sustituir los costos establecidos en el software manualmente por los costos reales como en este caso se optó por llevar los precios de la fecha a dólares USD para obtener resultados más específicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Arias, F. (2012), *El proyecto de investigacion introduccion a la metodologia cientifica*. 6ta edicion Caracas: Episteme.
- ASTM (1996). *Rubber Property- Resilence by Vertical Rebound "Propiedades del caucho resislensia- rebote vertical"*, D-2632-1996. ASTM International , West Conshohocken.
- Cardona, L. y Sanchez, L. (2011). *Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricacion de pisos decorativos*. Trabajo de grado publicado de la Universidad de Medellin, Medellin.
- Carrero, V., Soriano, R y. Trinidad, A. (2006). *Teoría fundamentada*. 1ra edicion. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Castro, G. (2007). *Reutilizacion, reciclado y disposicion final de neumaticos. {Revista en linea}*. Consulta: Diciembre 8 de 2019 en: <https://campus.fi.uba.ar/file.php/295>.
- CEDEX (2013). *Neumaticos fuera de uso Catalago de residuos utilizables en construccion*. [Documento en linea]. Centro de Estudio y Experimentacion de obras publicas. Consulta: Diciembre 8 de 2019 en <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/32/neumaticos-fuera-de-uso/>.
- Cono, E., Cerezo, L. y Urbina, M. (2000). *Valorizacion material y energetica de neumaticos fuera de uso*. [Documento en linea]. Circulo de innovacion en materiales, tecnologia aeroespacial y nano tecnologia Consulta: Diciembre 10 de 2019 https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT10_valorizacion-energetica-neumaticos.
- COVENIN (1992). *Mediciones y Codificacion de partidas, COVENIN 2000-1992*. Caracas: Fondonorma.
- Heinemann, K. (2003). *Introduccion a la metodologia de la investigacion empirica en las ciencias del deporte*. 1ra edicion. Madrid: Paidotribo.

- INEN (1986). *Adoquines. Determinacion de las dimensiones, area total y area de la superficie de desgaste*, INEN 1486-1986. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normarizacion.
- NTC (2007). *Gestion ambiental: Evaluacion del ciclo de vida. Principios y marco de referencia, NTC ISO 14041-2007*. Bogota: Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificacion.
- NTC (2006). *Caucho vulcanizado y elastometros termoplasticos. Determinacion de las propiedades de tension*, NTC 444-2006. Bogota: Instituto Colombiano de Normas Tecnicas y Certificacion.
- Olivares, D. (2016). *Planta de reciclaje de neumáticos de caucho comercializacion de migas de caucho*. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Chile, Antofagasta.
- Ortiz, A. y Tribilcock, A. (2014). *Propuesta de un plan de empresa para el diseño y fabricacion de productos a partir de reciclaje de llantas de acuerdo a las disposiciones normadas de los sistemas de recoleccion selectiva y gestion ambiental de llantas usadas en Bogota*. Trabajo de grado no publicado. Univesidad distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota.
- Poliak, R. (2005). *Reciclado y disposicion final de neumaticos estrucplan*. [Revista en linea] Consultada diciembre 15 de 2019. en <https://estrucplan.com.ar/reciclado-y-disposicion-final-de-neumaticos/>.
- Stellman, J. (1989). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. 1ra edicion. Madrid: Instituto nacional de medicina y seguridad del trabajo.
- Torres, H. (2014). *Valoracion de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuos de llantas de caucho*. Trabajo no publicado. Escuela colombiana de ingenieria Julio Garavito, Bogota Colombia.
- Trivelli, L. e Ysea, N. (2017). *Desarrollo de baldosas de seguridad a base de caucho reciclado para el uso en parques infantiles*. Trabajo de grado no publicado. Univercidad Nacional de Cordoba, Cordoba.

UNE (2008), *Revestimiento de la superficie de las áreas de juego absorbedores de impactos. Determinación de la caída crítica*, UNE-EN 1177-2008. Madrid: Asociación española de normarización y certificación.

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	“Propuesta De Adoquines A Base De Neumáticos Recuperados en Cantaura EDO Anzoátegui”.
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Malavé Guzmán, Génesis María	CVLAC	22.574.935
	e-mail	genesismalaveg@gmail.com
	e-mail	
Moya Milazzo, Alexander Jose	CVLAC	19.490.330
	e-mail	alexandermoyaa@gmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Adoquín
Ecológico
Vulcanización
Sustentable
Neumatico

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ingeniería y ciencias aplicada.	Ingeniería Civil.

Resumen (abstract):

Resumen

El presente trabajo tuvo como objeto el diseño y establecimiento de parámetros para la elaboración de un adoquín ecológico sustentable a través de las normas NTC-444. Y Se describieron los requerimientos mínimos señalados por la norma UNE-EN- 1177 respecto al dimensionamiento adecuado del mismo y los diferentes ensayos para establecer sus propiedades. Se desarrolló una investigación de tipo experimental, basada en un proceso sistemático de búsqueda e indagación y resolver problemas o una necesidad de tipo practica respecto a la problemática planteada. El alcance de la investigación se limitó a la elaboración de un modelo de adoquín que pueda ser adaptado a diferentes espacios abiertos para esto se estableció un sistema de recuperación de neumáticos manual para escoger la granulometría adecuada la cual fue 0.149mm y 5mm posteriormente se diseñó un horno con un quemador a gas para su vulcanización una vez obtenido el adoquín se procedió a realizar un análisis de costo que permitió conocer una diferencia económica del 87% por metro cuadrado de producción con respecto a los existentes en el mercado mediante el software DATAING MAPREX.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Ing. Jesús Álvarez	ROL	CA		AS		TU	X	JU			
		CVLAC	C.I 4.510.362								
	e-mail	Sainca40@yahoo.com									
	e-mail										
Ing. Anabel González	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
		CVLAC	C.I 16.573.233								
	e-mail	Gonzalez85anabel@gmail.com									
	e-mail										
Msc. Laurimar Rojas	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
		CVLAC	C.I 15.563.371								
	e-mail	laurimarrojas@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2021	07	22
------	----	----

Lenguaje: **SPA**

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TG-MalaveMoya.doc	Aplication/word

Alcance:

Espacial: UNIVERSAL

Temporal: INTEMPORAL

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Civil

Nivel Asociado con el Trabajo:

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería Civil

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CUNPEL
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SECRETARÍA
CONSEJO UNIVERSITARIO

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

AUTORES

Malavé G., Génesis M.

Moya M., Alexander J.

Prof. Álvarez, Jesús.

TUTOR