

**COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE SONIDO EN LAS LLANTAS RECICLADAS,
PARA CUARTOS DE SONIDO**

EDWIN ALBERTO GÓMEZ MEZA

20142375101

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

INGENIERÍA MECÁNICA

BOGOTÁ

2016

Tabla de contenido

0. INTRODUCCION	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. ESTADO DEL ARTE	4
1.1.1 USOS TRAS EL RECICLADO.....	5
1.2. Justificación.....	7
2. Objetivos	9
2.1. Objetivo general	9
2.2. Objetivos específicos	9
3. Marco Teórico	10
3.1 MATERIALES ACUSTICOS.....	10
3.1.1 Parámetros Acústicos.....	11
3.2 LLANTAS.....	13
3.2.1 COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE LOS NEUMÁTICOS	13
4. Metodología.....	16
5. Cronograma	18
6. Presupuesto y Fuentes de Financiación	19
Bibliografía.....	20

0. INTRODUCCION

En el mundo de hoy la tecnología ha llegado a un punto donde lo imposible solo es un desafío para que la innovación se abra paso, pero todo ese desarrollo ha producido que nuevos desechos se manejen sin la prevención adecuada, uno de esos desechos son las llantas, año tras año miles de vehículos se producen pero junto con ellos se producen millones de llantas, que luego de cumplir su vida útil, son desechadas.

Décadas atrás se pensaba que no son un desecho que genere daños a gran escala a la naturaleza, pero luego se percibió que si genera ciertos impactos que van desde el área que necesitan para su almacenaje hasta los gases que se producen por las quemas.

El daño que producen las llantas a generado estudios y búsqueda de soluciones para contrarrestar las consecuencias, entre los muchos usos se encuentra la parte artesanal que es una de las mas amigable con el ambiente, siguiendo con la trituración y utilización de los gránulos en terrenos deportivos, además en muelles como contenedores de barcos. Los usos de las llantas en su mayoría no existen, es decir no se les hace un proceso para usarlas de otra forma, o simplemente se utiliza como energía, ya que tienen un potencial alto como combustible, pero genera fuertes daños en nuestra atmosfera.

Otros procesos a los que se somete la llanta que ha sido desechada buscan recuperar las condiciones iniciales del caucho, pero son procesos sumamente costosos que llevan a la obtención de un producto que no da la rentabilidad del proceso. Entre los usos que tiene la llanta también encontramos que es un material que se puede utilizar como aislante de sonido, y mezclado con otros elementos puede ser muy bueno en los estudios de grabación. El estudio que se quiere realizar en el presente trabajo tiene que ver con esa capacidad que tiene la llanta para absorber y/o reflejar el sonido.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los cuartos de sonido es necesario generar las condiciones ideales para que al producir una grabación musical se obtenga un material final tanto de voces e instrumentos que sean armoniosos y limpios. Es por ello que al construir un cuarto de sonido o estudio de grabación es indispensable que el mismo cumpla con las características que contribuyan en la producción de discos, con excelente calidad y entreguen un material que genere satisfacción en los clientes.

Por otro lado en las calles de grandes ciudades es común ver pilas de llantas que ya han sido desechadas y no son ideales para los automóviles, pues han cumplido su vida útil y empiezan a ser peligrosas para el uso, la presencia de estas llantas pueden variar dependiendo de la ciudad; el uso de ellas luego de ser desechadas, depende primero de la conciencia ambientalista del gobierno de la ciudad y de la tecnología que pueda tenerse para reutilizarlas o transformarlas.

Partiendo de estos dos supuestos, se quiere implementar la llanta como un material de absorción de sonido que pueda ser utilizado en los cuartos de sonido de los estudios de grabación, de antemano se tiene conocimiento que se está utilizando en forma de paneles donde las llantas son trituradas y mezcladas con poliuretanos o aglutinantes, los cuales han cumplido el objetivo de absorción de sonido el cual varía dependiendo del espesor y en algunos casos de otros elementos que se mezclan con las llantas granuladas. El proceso de elaboración de dichos paneles tiene sus costos acorde a los pasos necesarios para obtener el producto final.

Si se logra demostrar que la llanta tiene la capacidad de absorber el sonido sin necesidad de todo el proceso de construcción del panel, cumpliendo con el objetivo de absorber y/o reflejar, dependiendo de las necesidades y tipo de grabaciones que se deseen, dicha capacidad puede ser menor de la de los paneles pero es probable que con un número mayor de laminas o cortes de llanta sin procesar puedan llegar a absorber de igual forma o muy cercano a un panel.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Relacionado con el reciclaje de llantas con el interés primario de reducir el impacto ambiental generado por las mismas es algo que se ha avanzado en el transcurrir del tiempo, siendo países como Alemania, Estados Unidos y Japón los que van adelante en estas investigaciones.

Se hará mención de diferentes formas en los que se está aplicando el reciclaje de llantas dependiendo del proceso podemos encontrar múltiples usos que está teniendo la llanta que ha sido reciclada:

Reutilización, bien los neumáticos totalmente enteros o sus flancos y banda de rodamiento: parques infantiles, defensa de muelles o embarcaciones, rompeolas, etc., o más directamente relacionado con los neumáticos, barreras anti-ruídos, taludes de carretera, estabilización de zonas anegadas, pistas de carreras, o utilidades agrícolas para retener el agua, controlar la erosión, etc.

El recauchutado del neumático usado es un proceso que permite reutilizar la carcasa del neumático, al colocar una nueva banda de rodadura, siempre que conserve las cualidades que garanticen su uso, como si fuera uno nuevo. [1]

Termólisis, Se trata de un sistema en el que se somete a los materiales de residuos de neumáticos a un calentamiento en un medio en el que no existe oxígeno. Las altas temperaturas y la ausencia de oxígeno tienen el efecto de destruir los enlaces químicos. Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales, ya sea de producción de neumáticos u a otras actividades. [1]

Pirolisis, Está poco extendido, debido a problemas de separación de compuestos carbonados que ya están siendo superados.

Este procedimiento (fabrica piloto) está operativo en Taiwán desde 2002 con cuatro líneas de pirolisis que permiten reciclar 9000 toneladas / año. En la actualidad el procedimiento ha sido mejorado y es capaz de tratar 28.000 toneladas de neumáticos usados/año, a través de una sola línea. Los productos obtenidos después del proceso de pirolisis son principalmente:[1]

- GAZ, similar al propano que se puede emplear para uso industrial
- Aceite industrial líquido que se puede refinar en Diesel
- Coke y acero.

Incineración, Proceso por el que se produce la combustión de los materiales orgánicos del neumático a altas temperaturas en hornos con materiales refractarios de alta calidad. Es un proceso costoso y además presenta el inconveniente de la diferente velocidad de combustión de los diferentes componentes y la necesidad de depuración de los residuos por lo que no resulta fácil de controlar y además es contaminante.

Trituración mecánica, Es un proceso puramente mecánico y por tanto 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. Este concepto incluye la fragmentación del neumático en gránulos (GTR, Caucho de Ruedas Granulado) y separación de componentes (acero y fibras) y desvulcanización o no. Ejemplos de uso son: materiales de relleno en productos de caucho, modificadores de asfalto, superficies de atletismo y deportes, y productos moldeados y calandrados. Lo que se pretende es incrementar la calidad y consistencia del GTR, y ello conducirá a un reciclado del material mucho más extenso.

Neumáticos convertidos en energía eléctrica, Los residuos de neumáticos una vez preparados, puede convertirse también en energía eléctrica utilizable en la propia planta de reciclaje o conducirse a otras instalaciones distribuidoras. Los residuos se introducen en una caldera donde se realiza su combustión. El calor liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor de alta temperatura y alta presión que se conduce hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella produce la electricidad, que tendrá que ser transformada posteriormente para su uso directo.

1.1.1 USOS TRAS EL RECICLADO

Los materiales que se obtienen tras el tratamiento de los residuos de neumáticos, una vez separados los restos aprovechables en la industria, pueden tener varios usos.

Una aplicación realmente interesante para caucho granulado es la aplicación como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras. Las carreteras que usan estos asfaltos son mejores y más seguras.

Entre otros usos podemos mencionar:

- Drenaje en campos de deporte y pistas deportivas - Planchas para revestimientos y baldosas
- Productos moldeados y bandejas
- Guardabarros de vehículos
- Aislantes para cables
- Cintas transportadoras y componentes reparadores
- Juntas de expansión
- Tuberías porosas de irrigación
- Superficies no deslizantes, y cubiertas de barcos
- Cintas de carga y descarga
- Revestimientos para suelos de hospitales y pisos industriales

También existen avances en el desarrollo de productos plásticos a partir de triturado de caucho, con adición de ligantes de tipo termoplástico o de ligantes tipo poliuretano pueden fabricarse diferentes materiales y objetos como suelas de zapatos, carcasas, laminas aislantes, respaldos, cascos de motorista, etc.

Con ligantes adecuados y con procesos de curado, se fabrican productos moldeados por compresión. Se fabrican productos de gran volumen y de bajas prestaciones. Se pueden colorear, aunque las propiedades de tracción y abrasión son inferiores a los de los productos naturales, pero económicamente es ventajoso.

Puede usarse también en alfombras, aislantes de vehículos o losetas de goma. Se han usado para materiales de fabricación de tejados, pasos a nivel, cubiertas, masillas, aislantes de vibración. Otros usos son los deportivos, en campos de juego (césped artificial), suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta. Las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma,

suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o modificaciones del betún.

Otra posible utilización de estos materiales es en componentes para aislamiento acústico. El interés en la utilización de un material como el caucho procedente de los neumáticos de desecho para material absorbente acústico se centra en que requiere, en principio, solo tratamientos mecánicos de mecanizado y molienda. Estos tratamientos conducen a un producto de granulometría y dosificación acorde con las características de absorción acústica de gran efectividad.[1]

1.2. Justificación

La acumulación de desechos de llantas aumenta día a día, el mundo se llena mas y mas de automóviles que a largo plazo producirán como mínimo cuatro llantas como desecho ya que se cumple el tiempo de vida útil, y esto se multiplica por el número de autos, camiones y buses que puedan existir en una ciudad.

“En Colombia se generan unas 27.500 toneladas de residuos al día de las cuales, el 40% son dispuestos en rellenos sanitarios y otro 50% en botaderos a cielo abierto y enterramientos. Únicamente el 12% es reincorporado en el ciclo productivo. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MADVDT], 2004)”[2]

En el caso específico de Bogotá, los ciudadanos se han dado cuenta al transitar en los diferentes medios de transportes que es muy normal ver mínimo una llanta al lado de un poste en el camino, el gobierno local se ha percatado de la necesidad de buscar qué hacer con esos desechos, y por ello ya es posible encontrar fábricas y empresas dedicadas a las recolección, reutilización o transformación de las mismas con el fin de reducir la carga contaminante que esto produce.

En la gran variedad de usos que se encuentran en el mercado, hay mucho que son costosos y llevarlos a cabo produce daños al ambiente, mientras que hay otros que son más amigables con el ambiente con costos tanto altos como bajos. Uno de esos procesos es la trituración y transformación de la llanta al mezclarse con ligantes mediante procesos adecuados para hacer paneles que tiene como finalidad la

absorción de sonido; su uso se hace principalmente en cuartos de sonido para la grabación y producción de discos. Este proceso tiene unos costos que genera que el producto no sea asequible para todos los estudios, ya que para aislar sonido se puede trabajar muy bien con otros materiales, que aunque no cumplen a cabalidad el porcentaje de absorción que lo hace un panel, si cumple con la condiciones necesarias para hacer una grabación que guste. Es por esto que este proyecto pretende, hacer un estudio de la absorción de sonido de la llanta sin procesar, solamente laminada en cortes rectangulares y/o circulares, que son formas que ya las llantas poseen. Con el fin de ofrecer un material que se acerque más a las características de absorción de un material procesado pero a un costo mucho menor, finalmente se cubrirá una necesidad de los estudios de grabación y además se estará contribuyendo en la reutilización de llantas que se encuentran en más de una esquina de la ciudad.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Analizar la capacidad de absorción de sonido de la llantas, para luego compararlo con la capacidad de absorción de los paneles de sonido hechos a base de llantas procesadas.

2.2. Objetivos específicos

- Recolectar la cantidad de llanta suficiente para las pruebas.
- Preparar las muestras para las pruebas de sonido según dimensiones para la obtención de datos.
- Realizar el número de pruebas suficiente para tener una muestra que permita el análisis.
- Comparar los resultados con otros estudios y pruebas realizadas a los paneles procesados.
- Realizar el estudio de costos de ambos procesos frente al cumplimiento de la función.

3. Marco Teórico

3.1 MATERIALES ACUSTICOS

Cuando se trata de sonido, los materiales tienen un papel importante para que la emisión y recepción sea efectiva.

Las propiedades acústicas de los materiales que constituyen un recinto acústico determina en gran medida el comportamiento del sonido dentro como fuera del mismo. Sin embargo, cuando se trata de lograr un control de ruido con ciertas especificaciones, las características que presentan los materiales de construcción, revestimiento o ensamblado no son suficientes para satisfacer dichos requerimientos. Entonces, se hace necesario recurrir a materiales o estructuras que están formulados o acondicionados para tener propiedades acústicas sobresalientes.

En términos generales, la finalidad de los diversos materiales acústicos es reducir la energía acústica indeseable o perjudicial y optimizar la distribución de los sonidos útiles. Aunque un mismo material puede cumplir varias funciones a la vez, se han establecido las categorías descritas a continuación:

Materiales Absorbentes: Estos materiales absorben la energía acústica de las ondas que inciden en su superficie, transformándola en calor, y reduciendo, por consiguiente, la energía acumulada en un recinto. Poseen un coeficiente de absorción sonora considerable.

Son en general materiales porosos con poros abiertos e interconectados. La absorción de la energía acústica se realiza a través de dos mecanismos: transformación de energía acústica en energía mecánica (mediante la elasticidad del material) y su posterior disipación por fricciones internas del propio material, y la fricción viscosa entre el aire y el material en los espacios comunicados de la estructura, con disipación de calor.

Materiales Aislantes: Estos materiales impiden la propagación del sonido de un recinto a otro. Su pérdida de transmisión es elevada. En general, son poco o nada porosos y muy macizos. Por tener gran densidad, la impedancia acústica es mucho

mayor que la del aire, y por consiguiente, la mayor parte de la energía es reflejada, resultando entonces, malos absorbentes.

Materiales Difusores: Los materiales difusores contribuyen a lograr un campo sonoro más difuso en un recinto, y, por consiguiente, permiten controlar resonancias y otros defectos acústicos. Su propósito es lograr una mayor difusión del campo sonoro, lo cual tiende a corregir la existencia de modos normales y resonancias, así como puntos focales (donde se concentran las ondas sonoras) y de puntos vacíos (donde se anula el campo sonoro).

Poseen estructuras superficiales complejas, a menudo dictadas por consideraciones teóricas que llevan a utilizar canaletas de dimensiones y separación bien definidas según el rango de frecuencias para el cual se quiere mejorar la difusión. En todos los casos se busca lograr una interferencia entre ondas reflejadas a diferentes distancias.

3.1.1 Parámetros Acústicos

Para una mejor comprensión del tema, es necesario manejar algunos conceptos básicos sobre acústica. Las ondas sonoras se propagan en todas las direcciones. Al chocar una onda sonora con una superficie, una parte de ella rebota y se refleja cambiando de dirección (reflexión), otra parte se anula o absorbe en el material (absorción) y el resto pasa o se transmite a través de la superficie (transmisión).

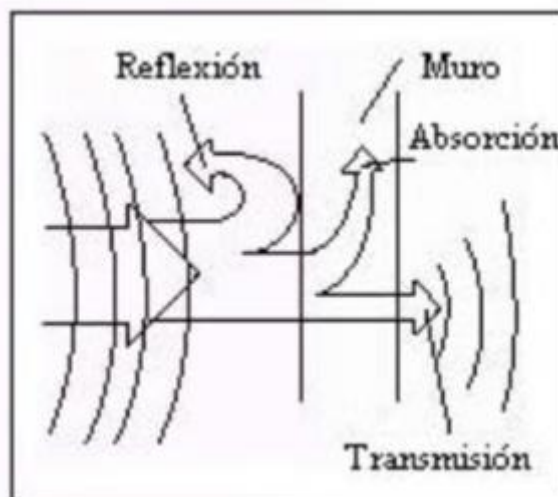


Figura 1: Esquema de propagación de ondas

Existen distintos parámetros que caracterizan los materiales. Entre estos parámetros se encuentran los que siguen a continuación:

Coeficiente de Reflexión

La razón entre la intensidad de energía reflejada y la intensidad de energía incidente sobre una superficie, se denomina coeficiente de reflexión:

$$\sigma = \frac{I_{reflejada}}{I_{incidente}}$$

Por definición del coeficiente de absorción y reflexión, se deduce que estos tienen un rango entre 0 y 1, y que la suma de ambos coeficientes debe ser 1, luego

$$\alpha = 1 -$$

Coeficiente de Absorción Sonora

La capacidad de un material para absorber el sonido, se denomina coeficiente de absorción. Las superficies de un recinto reflejan solo parcialmente el sonido que incide sobre ellas; el resto es absorbido. Según el tipo de material o recubrimiento de una pared, esta podrá absorber más o menos sonido, lo cual lleva a definir el coeficiente de absorción sonora, abreviado con la letra α (alfa), como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente:

$$\sigma = \frac{I_{absorbida}}{I_{incidente}}$$

Dada esta formulación, su valor siempre está comprendido entre 0 y 1. Su interpretación es el tanto por uno de la energía absorbida sobre la incidente (por ejemplo, un $\alpha = 0.85$, significa que se absorbe el 85% de la energía incidente).

El máximo coeficiente de absorción está determinado por un valor de 1, donde toda la energía que incide en el material es absorbida por el mismo, y el mínimo es 0, donde toda la energía es reflejada.[3]

3.2 LLANTAS

En épocas prehispánicas, los pobladores de América central y del Sur utilizaban látex líquido que brotaba del árbol, el cual secaban y hervían en agua hasta formar una masa blanda y gomosa con la que hacían pelotas. Esta goma era dura, elástica y podía cortarse, mientras estuviera seca; pero no podía ser extendida sobre objetos.

Durante el siglo XVIII se encontró que era mejor usar el látex natural, ya que se podía extender con facilidad y al secarse dejaba una capa de goma pura, fuerte, flexible e impermeable. Tiempo después, se descubrió que un compuesto de hidrocarburos podía disolver la goma solidificada, que al regresar a su estado sólido, podía ser amasada y machacada más fácilmente que la original. Fue en el siglo XIX cuando se descubrió que al mezclar la goma con azufre y ser calentada, esta endurecía y tomaba la calidad del cuero, sin disolverse con tanta facilidad con petróleo ni con otras soluciones, además de ser resistente al calor, a dicho proceso se le llamó vulcanización.[4]

3.2.1 COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE LOS NEUMÁTICOS

En la actualidad, la mayoría de los neumáticos de vehículos de pasajeros como los de camión son radiales, por lo que están compuestos de una banda de rodadura elástica, una cintura prácticamente inextensible y una estructura de arcos radialmente orientada, sobre una membrana inflada y sobre unos aros también inextensibles que sirven de enganche a otro elemento rígido, que es la llanta. También existe otro tipo de neumáticos llamados diagonales, utilizados principalmente en camiones.

La complejidad de la forma y de las funciones que cada parte del neumático tiene que cumplir se traduce también en una complejidad de los materiales que lo

componen. El principal componente del neumático es el caucho: casi la mitad de su peso.

La fabricación de neumáticos concentran un gran porcentaje de la industria del caucho constituyendo el 60 % de la producción anual del mismo.

Los elastómeros o cauchos son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden variar según sea el tipo de esfuerzo al que son sometidos, volviendo a su forma cuando el esfuerzo se retira.

El caucho natural se extrae a partir del árbol *Hevea Brasiliensis* que es un látex con partículas de caucho en suspensión. Después de un proceso de secado y de ahumado se utilizan diferentes productos. Hoy en día alcanza el 30 % del mercado de los cauchos, el resto lo ocupan los cauchos sintéticos. Los tipos de caucho más empleados en la fabricación de los neumáticos son:

- Cauchos naturales (NR)
- Polibutadienos (BR)
- Estireno – Butadieno (SBR)
- Polisoprenos sintéticos (IR)

La matriz de caucho más utilizada es el copolímero estireno-butadieno (SBR), en el que la proporción es de aproximadamente un 25 % en peso de estireno, o una mezcla de caucho natural y SBR.

Todos los tipos de cauchos poseen diferentes propiedades, pero también con algo en común: todos, una vez vulcanizados, pueden ser muy duraderos, por lo que necesitarían una gran cantidad de tiempo para su degradación.

La combinación se realiza de modo que los cauchos naturales proporcionen elasticidad y los sintéticos, estabilidad térmica. Esta combinación de efectos favorece la durabilidad y la capacidad de adaptarse a las nuevas exigencias del tránsito. La estructura de los cauchos naturales esta formada por cis-1,4 polisopreno mezclado con pequeñas cantidades de proteínas, lípidos y sales inorgánicas, entre

otros. Se encuentra así un polímero de cadena larga y enredada en forma de espiral, de peso molecular medio, 5×10^5 g/mol, que a temperatura ambiente está en un estado de agitación continua. Este comportamiento general es debido en parte al impedimento esteárico del grupo metilo y el átomo de hidrogeno, en el mismo lado del doble enlace carbono-carbono.[1]

4. Metodología

Para llevar a cabo el proceso y desarrollo de este proyecto es necesario tener en cuenta los siguientes pasos.

Recolección: Es necesario recolectar dos o tres tipo de llantas que han sido desechadas, de esta forma se logrará tener variedad en las muestras y además poder generar por lo menos cinco tomas de datos que son los necesarios para poder hacer el análisis correspondiente.

Búsqueda de laboratorios y permisos: para la obtención de datos se requiere de laboratorios o lugares que estén adaptados y preparados para realizar las pruebas de absorción de sonido indicadas al material.

Uso de instrumentos captadores de sonido: Solo en caso de no encontrar el laboratorio correspondiente y que permita el análisis del material. En la internet y algunos libros se halla información que permiten usar instrumentos configurados de cierta forma para la medición de absorción de sonido en materiales.

Preparación de probetas: Siguiendo las normas del laboratorio donde se realizará la prueba o la guía en dimensiones del proceso que utiliza la configuración de instrumentos, se procederá a dar forma y dimensión a las probetas con fin de realizar la prueba.

Realización de pruebas: Bien sea en el laboratorio donde se hagan los estudios de absorción de sonido o en la configuración de varios instrumentos para obtener los datos, se realizará las pruebas que entreguen la información necesaria para hacer los cálculos del coeficiente de absorción.

Análisis de datos: Luego de la respectiva recolección de datos a través de las pruebas que se han de realizar (un mínimo de 5 por tipo de llanta), se procederá hacer los cálculos respectivos con el fin de hallar el coeficiente de absorción que tiene la llanta.

Comparación de costos y coeficiente de absorción: Como resultado se espera poder comparar los datos que se obtengan de las pruebas a las llantas laminadas y/o cortadas, con los paneles hechos a base de llanta triturada y mezclada con ligantes y otros materiales, para determinar las ventajas tanto en costo como en nivel de absorción de sonido de los dos métodos.

5. Cronograma

Actividad	Duración (en semanas)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Recolección	■	■	■	■												
Búsqueda de lab	■	■	■	■												
Armar un banco de pruebas			■	■	■											
Preparación de probetas					■	■	■									
Hacer pruebas								■	■	■						
Análisis de datos											■	■				
Comparación de coeficiente y costos													■	■	■	■

6. Presupuesto y Fuentes de Financiación

Dentro del presupuesto se ha hecho un estimado de gastos entorno a los diferentes procesos que serán necesarios para el correcto desarrollo del proyecto.

Fase de recolección: Para que la recolección se lleve a cabo es necesario tener en cuenta los costos de movilidad y transporte de las llantas.

Gasolina	20000
----------	-------

Fase de preparación de probetas: Para preparar las probetas será necesario cortar las llantas en dimensiones que según norma del laboratorio se hacen las pruebas, esto requiere de un proceso de limpieza y corte.

Limpieza (uso de agua y jabón)	10000
Corte 10 probetas	100000

Fase Pruebas: Los valores par la utilización de instrumentos y préstamo de laboratorios son dados por hora, tiempo en que se logra hacer de tres a cinco pruebas, como son diez probetas, el tiempo ideal seria tres horas.

Costo de prueba	tres horas
120000/hora	360000

El presupuesto requerido para hacer las pruebas y permitir que se desarrolle el proyecto, es de:

\$490.000 pesos

El estudiante es quien correrá con los gastos para el desarrollo del proyecto.

Bibliografía

- [1] Castro Guillermo, “COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE SONIDO EN LAS LLANTAS RECICLADAS, PARA CUARTOS DE SONIDO”, Departamento de ingeniería mecánica Facultad de Ingeniería de la universidad de Buenos Aires F.I.U.B.A., Diciembre de 2007
- [2] Consejo de Bogotá D.C, Proyecto de acuerdo 244 de 2014, “Mediante el cual se dictan disposiciones que permitan implementar un sistema de gestión y recolección selectivas de llantas usadas en el distrito capital y se adopten otras disposiciones”
- [3] Orellana Bárbara, “Diseño y determinación de parámetros acústicos de un material elaborado de caucho, y su posible aplicación en un área de trabajo de Codelco Chile División Salvador”, Universidad Austral de Chile, Valdivia Chile 2002
- [4] Martnez Barrera, G., Hernández Zaragoza, J.B., López Lara, T., & Menchaca Campos, C. (Eds.). *Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción*. Barcelona, España: OmniaScience. Capítulo 5, pp. 73-93.