



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“ESTUDIO DE LA UTILIZACIÓN COMO
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO Y PLAN DE
DISPOSICIÓN FINAL DE LOS NEUMÁTICOS
DESECHADOS EN LA CIUDAD DE
RIOBAMBA”**

Tesis de Grado previa a la
obtención del Título de

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA
AMBIENTAL**

MARIO ALEJANDRO NAVARRETE CÓRDOVA
Riobamba 2009

Quisiera extender un sincero agradecimiento al Dr. Robert Cazar por brindarme todo el apoyo necesario para que este proyecto de tesis haya concluido.

De igual forma al Dr. José Vanegas y a la Dra. Magdy Echeverría, asesores de tesis por compartir sus conocimientos y ser partícipes del desarrollo de este trabajo.

A mis Padres por brindarme su apoyo en todo momento y ser el pilar fundamental en mi vida, a mis hermanos y mis amigos en especial a Miguel y Fer por estar siempre en las buenas y en las malas y aquellas compañeras que me estuvieron apoyando incondicionalmente en lo largo de mi carrera gracias.

FIRMAS DE LOS RESPONSABLES Y NOTAS

	FIRMA	FECHA
Dr. Edmundo Caluña DECANO FACULTAD DE CIENCIAS
Dr. José Vanegas DIRECTOR DE LA ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
Dr. Robert Cazar DIRECTOR DE TESIS
Dr. José Vanegas MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dra. Magdy Echeverría MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Sr. Carlos Rodríguez DIRECTOR DEL Dpto. DE DOCUMENTACIÓN
NOTA DE TESIS ESCRITA	

"Yo **Mario Alejandro Navarrete Córdova**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, el patrimonio intelectual de la tesis de grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo".

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ΔT	Variación de temperatura
$^{\circ}C$	Grados Centígrados
ASTM	Standars for Bomb Calorimetry and Combustion Methods
Atm	Atmosfera
Cal	Caloría
cm	Centímetro
e1	Corrección por el calor de formación del HNO ₃
e2	Corrección por el calor de formación del H ₂ SO ₄
e3	Corrección por el calor de combustión del alambre
Fe	Hierro
g	Gramo
H₂O	Agua
H₂SO₄	Acido Sulfúrico
Hg	Calor total de combustion
HNO₃	Acido Nítrico
J	Joule
Kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo
KJ	Kilo Joule
L	Litro
min	Minuto
ml	Mililitro
Na OH	Hidróxido de Sodio
O₂	Oxigeno

PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
S	Segundo
T	Temperatura
t	Tiempo
W	Equivalente de energía del calorímetro

ÍNDICE GENERAL

<u>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</u>	<u>6</u>
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>9</u>
<u>CAPÍTULO I</u>	<u>16</u>
1. PARTE TEÓRICA	16
1.1. ÁREA DE ESTUDIO CIUDAD DE RIOBAMBA	16
1.2. DEFINICIÓN DE NEUMÁTICO	20
1.2.6 CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA	28
1.3. NEUMÁTICOS USADOS	31
1.4. CALORIMETRÍA	38
<u>CAPÍTULO II</u>	<u>55</u>
2. MATERIALES Y MÉTODOS	55
2.1. MATERIALES	55
2.2. EQUIPOS	55
2.3. REACTIVOS	56
2.4. METODOS	56
<u>CAPÍTULO III</u>	<u>59</u>
3. PARTE EXPERIMENTAL	59
3.1 ESTIMACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR Y LA PRODUCCIÓN DE NEUMÁTICOS DESECHADOS QUE SE GENERAN EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA	59
3.2. ZONAS DE MONITOREO	60
3.3. TOMA DE MUESTRAS	62
3.4. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS EN EL CALORÍMETRO	63
3.4.1. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO.	63
3.4.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA (NEUMÁTICO DESECHADO)	64
3.4.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AZUFRE	67
3.4.4. CALCULO DE LOS RESULTADOS	68

RESULTADOS	70
4.1. ESTIMACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR DE LA CIUDAD Riobamba	70
4.2. ESTIMACIÓN Del NÚMERO DE NEUMÁTICOS GENERADOS	71
4.3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS REALIZADAS EN EL CALORÍMETRO ADIABÁTICO	71
4.4. REPETICIONES DE LOS ANALISIS DE LAS MUESTRAS	79
4.5. TABLA DE RESULTADOS	84
4.6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	85
CAPITULO V PLAN DE DISPOSICIÓN FINAL	88
5.1. INTRODUCCIÓN	88
5.2. DESARROLLO DEL MANEJO, DISPOSICIÓN FINAL Y SU ALTERNATIVA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO	90
5.3. METODOLOGÍAS DE MANEJO DE LOS NEUMÁTICOS USADOS	93
5.4. DISPOSICIONES FINALES DE LOS NEUMÁTICOS DESECHADOS Y SUS POSIBLE USO COMBUSTIBLE	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
6.1. CONCLUSIONES	118
6.2. RECOMENDACIONES	121
RESUMEN	123
SUMARY	125
ANEXOS	126
ANEXO 1: CATASTROS DE PATENTES DE LAS VULCANIZADORAS	128
ANEXO 2: FOTOS DEL ESTUDIO DE TESIS	132
ANEXO 3: MAPAS DE ZONAS DE MONITOREO	139
BIBLIOGRAFÍA	142

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Debido a las reacciones químicas irreversibles a las que se somete el caucho durante el proceso de vulcanización, no es posible reciclar neumáticos desechados para ser reutilizados en la fabricación de neumáticos nuevos. Esta es la principal causa por la cual miles de toneladas de neumáticos son almacenadas anualmente en vertederos municipales o en vertederos ilegales.

El problema no es menor, pues recientes estudios en materia de descomposición de materiales indican que los neumáticos, además de no ser biodegradables, afectarían el proceso de la basura, que sí lo es, y por este motivo están siendo rechazados en los vertederos. En nuestro país no existe aun una política clara en orden a establecer un mecanismo que permita tratar el problema. Esto, junto con el hecho de que no existen alternativas económicamente rentables de reutilización, como por ejemplo un mercado para productos derivados del caucho, tales como pisos y superficies o adiciones de goma para mejorar el asfalto en carreteras (lo cual podría eventualmente ser una solución a esta problemática) hacen que el problema persista en el tiempo.

Siguiendo el ejemplo de otras naciones, más avanzadas en el tema, comenzamos a vislumbrar las ventajas del reaprovechamiento energético de desechos como una alternativa rentable de sustitución de los combustibles tradicionales, lo que a su vez se traducirá en una mejor calidad de vida y reducción de desechos, convirtiéndolos en materias primas para otros procesos.

En la búsqueda por una mayor competitividad comercial, la industria mundial está quemando residuos como combustible

alternativo en sus hornos, buscando reducir el costo de los combustibles tradicionales. Esta estrategia ha posibilitado la generación de empresas proveedoras que han hecho del reaprovechamiento energético de residuos un gran negocio, el que ha encontrado, además, la aceptación de las autoridades ambiental con el argumento de que el reaprovechamiento energético de residuos combustibles es ecológico porque ahorra combustibles fósiles y recursos naturales.

El presente estudio tiene como propósito dar una solución a las distintas clases de neumáticos desechados que se hallan en la ciudad de Riobamba, donde no existe un correcto plan de manejo y disposición final de estos residuos.

A diferencia de la mayor parte de las otras industrias, los fabricantes de neumáticos tienen la ventaja de poder utilizar sus desechos (neumáticos fuera de uso) para contribuir a cubrir necesidades energéticas. En la alternativa de incinerar neumáticos se genera calor, agua y cenizas. Estas cenizas, al contener los principales componentes necesarios para la fabricación de cemento, son absorbidas y capturadas en la estructura cristalina del cemento, durante el proceso de fabricación del mismo, lo cual permite, ahorrar materias primas y combustible.

A lo largo de los años, muchas vulcanizadoras y acopios donde se depositan los neumáticos fuera de circulación han considerado los residuos del neumático como un producto que no tiene un correcto uso o disposición final adecuado con su consiguiente eliminación para los rellenos sanitarios o incinerándolos. Sin embargo, estos dos destinos se han convertido últimamente en problemas ambientales contenciosos y, todo ello combinado con el aumento de los

costos energéticos, ha llevado a que otros países se hayan visto obligados a pensar seriamente en las ventajas de emplear los residuos de neumáticos como fuente alternativa de combustible

El Ecuador es una fuente de residuos de neumáticos, cuyo principal origen es el incremento del sector automotor que generan una gran cantidad de residuos, básicamente neumáticos de automóviles. Estos residuos no son manejados de la manera adecuada, ya que podrían ser utilizados como fuente alternativa de energía, para contribuir a cubrir las necesidades energéticas de las mismas industrias cementeras del país, disminuyendo sustancialmente los costos energéticos.

Por todo lo discutido anteriormente se realizó el presente estudio para poder determinar el potencial energético que tienen los residuos de neumáticos desechados que se generan en la ciudad de Riobamba y dar sus alternativas de disposición final y su posible uso como combustible alternativo.

PARTE TEÓRICA

CAPITULO I

1. PARTE TEÓRICA

1.1. Área de Estudio.

Riobamba es una ciudad en Ecuador, conocida también como: **"Cuna de la Nacionalidad Ecuatoriana"**, **"Sultana de los Andes"**, **"Corazón de la Patria"** por su historia y belleza, es la capital de la provincia de Chimborazo. Se encuentra en el centro geográfico del país, en la cordillera de los Andes, a 2.754 msnm, cerca de diversos volcanes, como el Chimborazo, el Tungurahua, el Altar y el Carihuairazo.

La ciudad fue fundada en 1534 cerca de la laguna de Colta. Posteriormente se trasladó hasta el lugar que ocupa hoy en día. Durante un breve período, tras la fundación de la República del Ecuador, fue la capital del país.

Según el censo de población de 2001, la ciudad tenía 134.808 habitantes y 209.830 habitantes todo el cantón, según las nuevas proyecciones del INEC para el 2008 la población de la ciudad de Riobamba es de 215.173 hab aproximadamente. La superficie delimitada por el perímetro urbano de la ciudad es de 1150,2 km² (29)

FIGURA 1. Provincia del Chimborazo

1.1.4. Divisiones administrativas

1.1.4.1. Parroquias Urbanas

Riobamba esta dividida en 5 parroquias urbanas: Maldonado, Veloz, Lizarzaburu, Velasco y Yaruquies.(29)

1.1.4.2. Parroquias Rurales

Las parroquias rurales que conforman el cantón Riobamba son: Cacha, Calpi, Cubijíes, Flores, Licán, Licto, Pungalá, Punín, Químiag, San Juan, San Luis.(29)

Figura 2. Cantón Riobamba



Fuente: Wikipedia, 2001

Datos Generales.

País: Ecuador.

Provincia: Chimborazo.

Provincia Biótica: Sierra Ecuatoriana.

Cantón: Riobamba.

Ubicación: La ciudad de Riobamba se localiza en la Provincia de Chimborazo en las siguientes coordenadas geográficas 0°40'6.94" de latitud Sur y 78°39'2,50" de longitud Occidental.

Altitud: 2754 msnm.

Superficie: 1150,2 km².

Temperatura: La temperatura promedio es de 14° C. Las más altas temperaturas registradas corresponden al mediodía con 23° C.

Presión: 546 mm Hg.

Fundación: 1534.

Población: 215.173 habitantes.

Alcalde: Ángel Yáñez

Limites: Norte: con Guano y Penipe
Sur: con Guamote
Este: con Colta
Oeste: con Chambo

1.2. DEFINICIÓN DE NEUMÁTICO

Es un elemento elástico de las ruedas de los vehículos con una envoltura que contiene aire a presión, la cual tiene por objeto soportar las cargas que actúan sobre el vehículo y transmitir al terreno las fuerzas necesarias para el movimiento.

Está constituida por una cubierta, banda de rodadura de goma labrada, que tiene la finalidad de evitar el derrape del vehículo; una carcasa, estructura resistente, formada por capas de hilos o de cables incorporados en el caucho, y una cámara de aire (ausente en aquellos neumáticos en las que la presión de aire está asegurada por una mezcla especial con la que se recubre el interior de la carcasa).
(27)

1.2.1. Características del neumático

1.2.1.1. Origen y Composición

Un neumático es básicamente un elemento que permite a un vehículo desplazarse en forma suave a través de superficies lisas. Consiste en una cubierta principalmente de caucho que contiene aire el cual soporta al vehículo y su carga. Su invención se debe al norteamericano Charles Goodyear quién descubrió, accidentalmente en 1880, el proceso de vulcanización, con el que se da al caucho la resistencia y solidez necesaria para fabricarlo. (26)

El neumático está compuesto principalmente de tres productos: caucho (natural y sintético), un encordado de acero y fibra textil. A su vez, el caucho usado en la fabricación de neumáticos está compuesto por un grupo de

polímeros (especies químicas de elevado peso molecular) entre los que se cuentan el polisopreno sintético, el polibutadieno y el más común que es el estierro-butadieno, todos basados en hidrocarburos. (27)

Se agregan además, otros materiales al caucho para mejorar sus propiedades, tales como: suavizantes, que aumentan la trabajabilidad del caucho, antes de la vulcanización; óxido de Zinc y de Magnesio, comúnmente denominados activadores, pues son mezclados para reducir el tiempo de vulcanización de varias a horas a pocos minutos; antioxidantes, para dar mayor vida al caucho sin que se degrade por la acción del oxígeno y el ozono; y finalmente negro de humo, especie de humo negro obtenido por combustión incompleta de gases naturales, que entrega mayor resistencia a la abrasión y a la tensión.(27)

1.2.1.2. Partes que conforman el neumático

Los neumáticos se conforman por diversas partes que en general se puede considerar que son las siguientes: la banda de rodadura, el cuerpo y las cuentas. (27)

La banda de rodadura es una almohadilla espesa de caucho con ranuras para formar listones o espinazos, la banda proporciona tracción para mover y detener (frenar) al vehículo, también previene el deslizado y patinado del vehículo, cuando éste se encuentra en movimiento.

El cuerpo esta constituido por capas de textil intercaladas en el caucho, el cual da fuerza y forma del neumático. Las cuentas, son las dos vendas que sostienen al neumático o su rueda, estas se localizan a lo largo de los bordes

internos del neumático y se componen de cuerdas de alambre rodeadas por caucho que se cubre con textil. (27)

A su vez estas tres partes están constituidas por las siguientes:

a. Cinturón estabilizador

En su mayoría son de acero y proporcionan resistencia del neumático, estabiliza la banda de rodamiento y protege a esta contra pinchaduras. (27)

b. Capa radial

Contiene la presión del aire del neumático y junto a los cinturones estabilizadores transmite toda la fuerza de freno y dirección entre la rueda y la banda de rodamiento.

c. Costados

Su hule esta especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie, proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial.

d. Sellante

Consiste en adicionar una o dos capas de hule, esto es para los neumáticos que no usan cámara.

e. Relleno de la ceja

Piezas de hule con características especiales que se usan para llenar el área de la ceja y la parte inferior del costado, para proporcionar una transición suave del área rígida de la ceja del área flexible de costado.

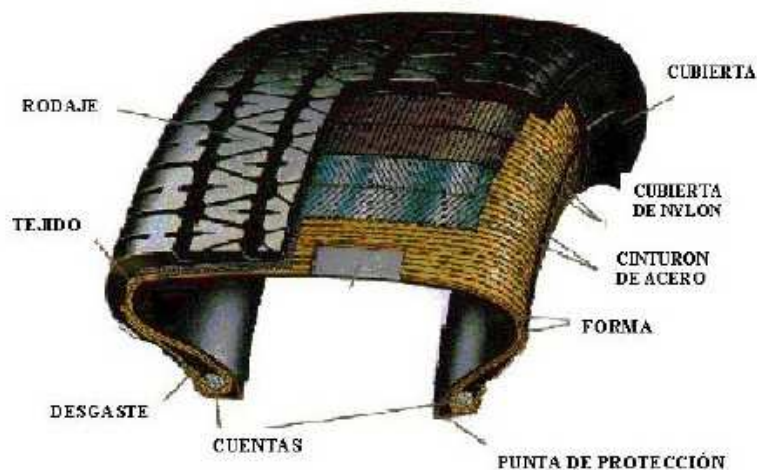
f. Refuerzos de ceja

Es una capa colocada sobre el interior del amarre de la capa radial, en el área de la ceja y la parte inferior del costado, proporciona una transición de la ceja al costado.

g. Ribete

Usado como referencia para el asentamiento adecuado de la ceja sobre el rin.

Figura 3. Principales partes de un Neumático.



Fuente: INCREMI, S.A. de C.V

1.2.2. Materia prima para la producción de neumáticos

- Compuestos de hule: los componentes de hule deben ser diseñados según la función que va a cumplir, es decir, para la banda de rodamiento serán resistentes al calor, flexión, desgaste, cortadas, etc. Para las paredes resistentes a la flexión, al calor, la buena adhesividad; y para las cejas deberán ser muy duros. (25)
- Materiales textiles: son los que soportan el aire, golpes, calor, etc. y para su mejor funcionamiento se recubren de hule, formando capas de neumático, cuyo número se diseñará según la resistencia de ésta. Las capas por su naturaleza podrán ser de nylon, poliéster, rayón, etc. (27)
- Alambre de acero: principalmente en la caja para dar la firmeza necesaria aun neumático al montarlo en el rin. Así como, servir de sostén a las capas de los neumáticos. (26)

1.2.3. Tipos De Neumáticos

Por su construcción existen dos tipos de neumáticos:

- **Diagonales:** en su construcción las distintas capas de material se colocan de forma diagonal, unas sobre otras. Actualmente esta en desuso. (26)
- **Radiales:** en esta construcción las capas de material se colocan unas sobre otras en línea recta, sin sesgo. Este sistema permite dotar de mayor estabilidad y resistencia a la cubierta. (25)

Igualmente y según su uso de cámara tenemos:

- **Neumáticos *tubetype* o con tubo:** aquellos que usan cámara y un neumático específico para ello. No pueden montarse sin cámara. Se usan en algunos 4x4, y vehículos agrícolas. (25)
- **Neumáticos *tubeless* o sin tubo:** estos neumáticos no emplean cámara. Para evitar la pérdida de aire los flancos de la cubierta se "pegan" a el neumático durante el montaje, por lo que la llanta debe ser específica para estos neumáticos. Se emplea prácticamente en todos los vehículos. (27)

1.2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS NEUMATICOS

Los neumáticos se clasifican según el tipo de transporte que las utiliza: (25)

- Automóvil
- Autobuses
- Camionetas
- Agrícolas
- Industrial:
- Camiones
- Montacargas
- Grúas
- Cargadores
- Tractores
- Mueve tierras

Otros:

- Bicicletas
- Motocicletas
- Aviones
- Carretillas

1.2.5. DIFERENCIAS ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE UN NEUMÁTICO PARA AUTOMÓVILES Y PARA CAMIONES

Las diferencias en las características constructivas entre el neumático para auto de pasajeros y las de un neumático para camionetas se deben a los distintos usos y condiciones operativas de los camiones y los autos de pasajeros.

Los camiones por lo general están diseñados para funcionar bajo condiciones más severas, tales como el transporte de mayores cargas durante más tiempo y uso fuera de rutas.(28)

Los neumáticos de camiones pueden tener una tela de descarga adicional, un cinturón de acero más fuerte y/o un talón mayor con más espesor de caucho en la banda lateral. Por esto los neumáticos de camioneta tienden a ser más pesados que las de autos de pasajeros.

Algunos neumáticos de camioneta también son capaces de soportar presiones de aire mayores y tienen mayor capacidad de carga.

1.2.6. Composición fisicoquímica de los neumáticos

Tabla 1. Los componentes principales se muestran en la siguiente tabla:

Material	Composición (%)	
	Camiones	Automóviles
Caucho Natural	27	14
Caucho Sintético	14	27
Negro de carbón	18	28
Acero	15	15
Protegidos, rellenos	16	16
Peso neumático nuevo	54.48 Kg	11,35 Kg
Peso neumático usado	45.40 Kg	9,08 Kg

Fuente: Buffalo, 2000.

Tabla 2. Análisis químico del neumático

Elemento	Porcentaje
Carbono (C)	70
Hidrogeno (H)	7
Azufre (S)	1...3
Cloro (Cl)	0,2...0,6
Hierro (Fe)	15
Oxido de Zinc (ZnO)	2
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	5
	Concentración
Cromo (Cr)	97 ppm
Níquel (Ni)	77 ppm
Plomo (Pb)	60...760 ppm
Cadmio (Cd)	5...10 ppm
Talio (Ta)	0,2...0,3 ppm

Fuente: Combustibles alternativos, Holderbank 1997

Tabla 3. Análisis mineral de la ceniza de neumático.
(Porcentaje en peso)

Compuesto	%
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	22.00
Dióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	9.09
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	1.45
Óxido de Calcio (CaO)	10.61
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	2.57
Óxido de magnesio (MgO)	1.35
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	1.10
Óxido de Potasio (K ₂ O)	0.92
Azufre en (SO ₃)	15.68
Fósforo en (P ₂ O ₅)	1.03
Óxido de Azufre (ZnO)	34.50

Fuente: Combustibles alternativos, Holderbank 1997.

1.2.7. Los neumáticos desechados como combustible alternativo

Como combustible, los neumáticos desechados son una excelente fuente de energía. Los neumáticos tienen un valor calorífico entre 6.500 a 9.000 Kcal/Kg, dependiendo de la composición, y de si el metal ha sido removido. A modo de comparación el carbón presenta un valor calorífico de 7.400 Kcal/Kg. (28)

Tabla 4. Poderes caloríficos de diferentes combustibles.

Combustible	Poder calorífico (Kcal/Kg)
Estiércol vacuno	4.054
Paja de trigo	4.657
Madera seca	4.793
Corteza de pino	5.204
Carbón	7.400
Neumáticos (promedio)	8.300
Petróleo	10.409

Fuente: Marks, Manual del Ingeniero Mecánico 1995.

1.3. NEUMÁTICOS USADOS

El neumático es un residuo compuesto en su mayoría por caucho, humo negro, compuestos textiles (nylon, poliéster, etc.), acero y otros aditivos; con dos propiedades que lo hacen muy peculiar: su alto poder calorífico, que hace que se quemé con facilidad; y su estabilidad química, que hace que no se degrade en el ambiente de forma espontánea. A nivel mundial hay miles de toneladas anuales de neumáticos usados y la producción de nuevos va en aumento. ¿Dónde van a parar estos residuos? (26)

Foto 1. Neumáticos desechados



1.3.1. EL FINAL DE LOS VERTEDEROS INCONTROLADOS.

Hasta ahora, quizás por comodidad o por falta de normativa clara al respecto, el destino principal de los neumáticos usados era el vertedero, (controlado o incontrolado). A simple vista, podría parecer un buen sitio para deshacerse de ellos ya que no reaccionan ni liberan ninguna sustancia tóxica; sin embargo, una serie de factores hacen que ésta sea la peor alternativa:

En primer lugar, la propia estructura del neumático (hueca) hace que ocupen mucho sitio y, por tanto, se está desaprovechando mucho espacio imprescindible.(26)

En segundo lugar, el propio almacenamiento es un foco de contaminación: debido a su forma, los neumáticos permiten el desarrollo de roedores; pero también permiten que se almacene agua que, en determinadas condiciones, es ideal para la proliferación de mosquitos que pueden transmitir enfermedades.

Y, por último, en caso de incendio (un fenómeno muy frecuente en los vertederos, sobre todo en los ilegales) los neumáticos provocan la emisión de gases que contienen partículas nocivas para el entorno. (26)

1.3.2. Prácticas de eliminación de neumáticos usados

Los neumáticos usados generalmente se desechan en una de las siguientes formas:

a) Los generadores mayoristas contratan un servicio de recolección particular, el cual las transporta hasta un almacén temporal, para posteriormente enviarlas a empresas que las utilicen como combustible alternativo.

b) Los generadores pequeños utilizan el servicio de recolección público de residuos, para desecharlas; este último a su vez, las transporta hasta plantas de selección y aprovechamiento, a estaciones de transferencia de residuos o al sitio de disposición final correspondiente, lugares donde en ocasiones son separadas y enviadas a un sitio que funciona como almacén y donde serán recuperadas pequeñas cantidades.

c) Los generadores o transportistas pueden disponerlos indiscriminadamente en tiraderos a cielo abierto o sitios clandestinos, lo que deriva una disposición inapropiada y acumulación no controlada.

Anteriormente, era común la disposición en relleno sanitario de los neumáticos enteros, sin embargo, esta práctica esta siendo rechazada, por dos razones principalmente:

- Debido a su forma y composición, los neumáticos no pueden ser fácilmente compactadas, ni se descomponen. Por lo tanto, los neumáticos usados consumen cantidades considerables de espacio en sitios de disposición. Con la capacidad disminuyendo en el

Relleno Sanitario, y con los costos de evacuación para los Residuos Sólidos Municipales incrementándose, ya no es posible aceptar materiales voluminosos.

- Debido a su forma hueca, los neumáticos pueden atrapar aire y otros gases, lo que las convierte en boyas, que con el tiempo, "flotan" a la superficie, rompiendo la cubierta de las celdas de disposición. Estas aberturas exponen los residuos a roedores, insectos y aves, y permiten el escape de los gases, también abren vías para que la lluvia entre en las celdas, favoreciendo la generación de lixiviados.(26)

Para el almacenamiento al aire libre, existen dos problemas asociados:

1.3.2.1. RIESGO DE INCENDIO

Un incendio de neumáticos puede causar impactos adversos al ambiente y a la salud pública, por los compuestos que las conforman. Una vez que se están quemando los neumáticos, es difícil apagar el incendio. La combustión incontrolada de los neumáticos a temperaturas relativamente bajas (menos de 1092°C) tiende a producir cantidades importantes de hidrocarburos no quemados (humo negro espeso) y emisiones nocivas para la atmósfera y la calidad del aire de la ciudad. Se han identificado 38 compuestos emitidos al aire, con un potencial dañino debido principalmente a la exposición a hidrocarburos, metales, gases y vapores inorgánicos.

Se ha demostrado que las emisiones al aire, provenientes de la quema de neumáticos a cielo abierto son muy tóxicas, incluso mutagénicas, ya que incluyen contaminantes tales

como partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COVs), hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAHs), dióxinas, furanos, cloruro de hidrógeno, benceno, bifenilos policlorados (PCBs); y metales como arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo y vanadio. Además se pueden generar cantidades significativas de líquidos y sólidos con contenidos químicos dañinos derivados de la fundición de los neumáticos, que pueden ser potenciales contaminantes del suelo, agua superficial y subterránea.

1.3.2.2. Proliferación de fauna nociva

La definición de fauna nociva se aplica a aquellas especies animales, que por condiciones ambientales o artificiales (provocadas por el hombre y sus acciones), incrementan su población llegando a convertirse en plaga, vectores potenciales de enfermedades infecto-contagiosas o causantes de daños a las actividades o bienes humanos al no poder ser regulada por mecanismos naturales. Este tipo de fauna prolifera en lugares donde se han alterado ecosistemas y existen pocas o nulas condiciones de salud. (26)

La forma de los neumáticos les permite actuar como un depósito debido a que capta o acumula el agua procedente de la lluvia. Además, los neumáticos amontonados absorben la luz solar, creando un ambiente propicio en combinación con agua estancada para la reproducción de mosquitos. No existen depredadores naturales para los mosquitos que viven en las pilas de neumáticos, lo que conduce a aumentos incontrolados de la población. Estos mosquitos a menudo son transmisores de enfermedades mortales para el hombre tales como la fiebre amarilla, la encefalitis y el dengue.

Otro problema asociado a las pilas de neumáticos es que sirven como zona de reproducción de roedores. Las condiciones que crean (presencia de agua, calor, ausencia de luz y protección) son ideales para la reproducción de este tipo de organismos. (26)

Los roedores tienen una gran influencia en la contaminación y pérdida de alimentos, produciendo daños por mordedura e infecciones a nivel doméstico y urbano. Además, en abundancia son perjudiciales para zonas agrícolas, para algunas industrias e instalaciones públicas; son además los responsables de la propagación de numerosas enfermedades para el hombre y animales. Las enfermedades más comunes que transmiten son: el virus de la rabia, fiebres hemorrágicas, enfermedades parasitarias y salmonelosis.

Además las condiciones que pueden prevalecer en los neumáticos usados, pueden favorecer al resguardo de otros organismos e incluso servir como incubadoras de moscas, cucarachas, ácaros y arañas.

1.3.3. Buscando una salida acertada.

La regla de las "tres erres": (reducir, reutilizar y reciclar), típica en los residuos, es una asignatura pendiente en nuestro país en el tema de los neumáticos; sin embargo, es un asunto que las Administraciones deberían potenciar más. Hay varias alternativas:(28)

1.3.3.1. SOLUCIONES EXISTEN

¿Podremos seguir disfrutando de algunas de las comodidades que nos ha legado la época sin, con ello provocar una catástrofe ambiental?

Posiblemente en el caso de los vehículos sea posible... hay que cambiar algunas cosas, sencillas si no interfieren los intereses económicos; enormemente complicadas de lograr, si las multinacionales continúan gobernando a los gobiernos.

Desde hace varios años las soluciones existen y están al alcance de todos los países a los que además pueden llegar a proporcionar materiales de primer orden que generalmente, éstos deben importar.

Actualmente hay métodos de reciclaje y de destrucción segura de sus componentes peligrosos, contribuyendo a crear bienestar. El sistema de tratamiento puede convertir los neumáticos en energía eléctrica, en combustible, en asfalto y mucho más. (28)

La inversión para iniciar el reciclaje seguro es casi una obligación para los gobiernos, en forma directa o a través de concesiones, y su costo es doblemente recuperable, a través de la venta del material obtenido y a través de un ambiente más saludable.

El Reciclado de neumáticos es una opción minoritaria en nuestro país. El procedimiento consiste en retirar el acero y las fibras del neumático y, después, trituirarlo. La pasta resultante se utiliza para diferentes cosas: como asfalto de carreteras, como atenuante de ruidos y vibraciones, para bordes de estacionamiento, topes de puertas, parachoques, balizas, suelas de calzado, etc.

1.4. CALORIMETRÍA

Según las teorías que iniciaron el estudio de la calorimetría, el calor era una especie de fluido muy sutil que se producía en las combustiones y pasaba de unos cuerpos a otros, pudiendo almacenarse en ellos en mayor o menor cantidad. Posteriormente, se observó que, cuando se ejercía un trabajo mecánico sobre un cuerpo (al frotarlo o golpearlo, por ejemplo), aparecía calor; hecho que contradecía el principio de conservación de la energía, ya que desaparecía una energía en forma de trabajo mecánico, además de que se observaba la aparición de calor sin que hubiese habido combustión alguna. (1)

Benjamin Thompson puso en evidencia este hecho cuando dirigía unos trabajos de barrenado de cañones observando que el agua de refrigeración de los taladros se calentaba durante el proceso. Para explicarlo, postuló la teoría de que el calor era una forma de energía. Thompson no consiguió demostrar que hubiese conservación de energía en el proceso de transformación de trabajo en calor, debido a la imprecisión en los aparatos de medidas que usó. Posteriormente, Prescott Joule logró demostrarlo experimentalmente, llegando a determinar la cantidad de calor que se obtiene por cada unidad de trabajo que se consume, que es de 0,239 calorías por cada julio de trabajo que se transforma íntegramente en calor. (10)

La Calorimetría es la rama de la termodinámica que mide la cantidad de energía generada en procesos de intercambio de calor. El calorímetro es el instrumento que mide dicha energía. El tipo de calorímetro de uso más extendido consiste en un envase cerrado y perfectamente aislado con agua, un dispositivo para agitar y un termómetro. Se coloca una fuente de calor en el calorímetro, se agita el agua

hasta lograr el equilibrio, y el aumento de temperatura se comprueba con el termómetro. Si se conoce la capacidad calorífica del calorímetro (que también puede medirse utilizando una fuente corriente de calor), la cantidad de energía liberada puede calcularse fácilmente. Cuando la fuente de calor es un objeto caliente de temperatura conocida, el calor específico y el calor latente pueden ir midiéndose según se va enfriando el objeto. (14)

1.4.1. CALOR ESPECÍFICO Y CAPACIDAD CALORÍFICA

El calor específico (**s**) de una sustancia es la cantidad de calor necesario para elevar un grado Celsius la temperatura de un gramo de la sustancia. La capacidad calorífica (**C**) de una sustancia es la cantidad de calor necesario para elevar un grado Celsius la temperatura de una cantidad determinada de sustancia. El calor específico es una propiedad intensiva, en tanto que la capacidad calorífica es una propiedad extensiva. (19)

1.4.2. NATURALEZA FÍSICA DEL CALOR

Hasta el siglo XIX una teoría consideraba al calor como una sustancia indestructible y sin peso, llamado calórico; la temperatura indicaba una cierta mezcla de calórico con la materia. Otra teoría consideraba al calor como algo relacionado con el movimiento, bien de partículas o de un fluido difundido por toda la materia. (4)

Actualmente se considera, desde un punto de vista cinético, que el calor viene ligado, por una parte a la vibración mecánica de la materia (fonones), y por otra a un transporte de partículas dotadas de energía (moléculas,

electrones, etc.). Se transmite en sólidos por conducción, en líquidos por conducción y convección, en gases por conducción, convección y radiación y en el vacío por radiación en forma de ondas electromagnéticas. (4)

Se sabe por la experiencia, que cuando un cuerpo caliente se pone en contacto con uno frío, el primero se enfría y el segundo se calienta, hasta que ambos igualen sus temperaturas. Se ha producido, pues, una transferencia de energía del cuerpo caliente al frío; esta energía así transferida se llama calor; el cuerpo caliente ha disminuido su energía interna, y el cuerpo frío la ha aumentado.

En esta definición viene implícito el hecho de que un cuerpo no contiene calor, sino que denominamos con este término la energía, en tanto cruza los límites, es decir, el calor es un fenómeno transitorio y, por lo tanto, el calor no es una función de estado. Si tenemos un cuerpo caliente como sistema A y un cuerpo frío como sistema B, ni A ni B contienen calor, pero al ponerlos en contacto térmico el calor se transfiere desde A hasta B, (Régimen transitorio), hasta lograr el equilibrio de temperaturas, (régimen estacionario); al final del proceso ninguno de los sistemas contiene calor.(21)

Se define el calor sensible como aquel que va asociado a cambios de temperatura, mientras que el calor latente se considera asociado a efectos caloríficos propios de reacciones químicas, cambios de fase, etc, en los que la temperatura permanece constante.(18)

Unidades, 1 caloría = 4,186 Joules, y es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de un gramo de agua desde 14,5°C hasta 15,5°C a la presión normal.

1.4.3. Calor de combustión

Calor que se desprende en una reacción química en la que se quema una materia en presencia de oxígeno, para obtener CO₂ y H₂O. (15)

1.4.4. Calor de formación

Calor absorbido o desprendido en la formación de un mol del compuesto a partir de sus elementos constituyentes, a presión constante y con todos los productos en sus estados físicos normales. (16)

1.4.4.1. Variación de la entalpía estándar de formación

Se designa como **entalpía estándar de formación** o "calor estándar de formación" de un compuesto a la variación de entalpía que acompaña la formación de 1 mol de una sustancia en su estado estándar a partir de sus elementos constituyentes en su estado estándar (la forma más estable de un elemento a 1 atmósfera de presión y una determinada temperatura, que suele ser 298 K ó 25 °C). Se denota por ΔH_f° .

La variación de entalpía estándar de formación se mide en unidades de energía por cantidad de sustancia. Se suelen dar en kilojulios por mol (kJ mol⁻¹), pero puede venir dada en cualquier unidad con las mismas dimensiones. Todos los elementos en sus estados estándares (oxígeno gas, carbono sólido en forma de grafito, etc.) tienen una entalpía

estándar de formación de cero, dado que su formación no supone ningún proceso.(20)

La variación de entalpía estándar de formación se usa en termoquímica para encontrar la variación de entalpía estándar de reacción. Esto se hace restándole la suma de las entalpías estándar de formación de los reactivos a la suma de las entalpías estándar de formación de los productos, como se muestra en la siguiente ecuación.(20)

$$\Delta H_{\text{reacción}}^{\circ} = \Sigma \Delta H_{\text{f}}^{\circ} (\text{Productos}) - \Sigma \Delta H_{\text{f}}^{\circ} (\text{Reactivos}) \text{(Ecuación 1.1)}$$

1.4.5. Reacción química

Una reacción química (o cambio químico) es todo proceso químico en el que unas o más sustancias (reactivas o *reactantes*) sufren transformaciones químicas para convertirse en otra u otras (*productos*). Esas sustancias pueden ser elementos o compuestos. Un ejemplo de reacción química es la formación de óxido de hierro producida al reaccionar el oxígeno del aire con el hierro. (10)

A la representación simbólica de las reacciones se les llama ecuaciones químicas.

Los productos obtenidos a partir de ciertos tipos de reactivos dependen de las condiciones bajo las que se da la reacción química. No obstante, tras un estudio cuidadoso se comprueba que, aunque los productos pueden variar según cambien las condiciones, determinadas cantidades permanecen constantes en cualquier reacción química. Estas cantidades constantes, las magnitudes conservadas, incluyen el número

de cada tipo de átomo presente, la carga eléctrica y la masa total. (5)

1.4.5.1. La energía de las reacciones químicas

La humanidad ha utilizado desde el principio de su existencia reacciones químicas para producir energía. En primer lugar mediante la combustión de madera o de carbón, pasando por las que tienen lugar en los motores de explosión de los coches y llegando hasta las más sofisticadas, que tienen lugar en los motores de propulsión de las naves espaciales.(4)

Las reacciones químicas van acompañadas en unos casos de un desprendimiento y en otros de una absorción de energía, pero ¿de dónde procede esta energía?

Cada átomo y cada molécula de una sustancia posee una determinada energía química o energía interna característica, que depende de las energías cinética y potencial de las partículas constituyentes: átomos, electrones y núcleos. Por tanto, se puede afirmar que los reactivos de una reacción química poseen un determinado contenido energético propio (energía interna) y los productos otro diferente.

Si en una reacción química disminuye la energía interna del sistema, se desprende energía. Si, por el contrario, aumenta la energía interna, se absorbe energía.(5)

La energía de una reacción es la energía que se pone en juego en la reacción y, por tanto, es igual al balance de energía interna entre los productos y los reactivos. (7)

Si existe desprendimiento de energía, la reacción se denomina exoenergética y, por el contrario, si para que se

efectúe la reacción, se requiere el aporte de energía, la reacción se llama endoenergética.

La energía desprendida o absorbida puede ser en forma de energía luminosa, eléctrica, etc, pero habitualmente se manifiesta en forma de calor, por lo que el calor desprendido o absorbido en una reacción química, se llama calor de reacción y tiene un valor característico para cada reacción, en unas determinadas condiciones de presión y temperatura. Las reacciones químicas pueden entonces clasificarse en: exotérmicas o endotérmicas, según se dé desprendimiento o absorción de calor.

1.4.6. Poder Calorífico de un Combustible

El poder Calorífico de un combustible es la máxima cantidad de calor que se puede obtener de él cuando se quema en forma completa y sus productos son enfriados hasta la temperatura original de la mezcla aire-combustible. Entre los productos de la combustión está presente vapor de agua, el cual, dependiendo de la temperatura de los productos, puede permanecer como vapor, puede condensar parcialmente o condensar completamente. Como el vapor al condensar libera calor, mientras más condensado se forme mayor calor se estará obteniendo del combustible. Esto permite diferenciar entre poder Calorífico Inferior y poder Calorífico Superior. (19)

El poder Calorífico Inferior indica la cantidad de calor que puede proporcionar el combustible cuando toda el agua en los productos permanece como vapor, mientras el Superior refleja el calor que puede liberar el combustible cuando toda el agua en los productos condensa.

El poder calorífico es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación (quedan excluidas las reacciones nucleares, no químicas, de fisión o fusión nuclear, ya que para ello se usa la fórmula $E=mc^2$).

El poder calorífico expresa la energía máxima entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible, menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formada en la combustión. La magnitud del poder calorífico puede variar según como se mida. Según la forma de medir se utiliza la expresión Poder calorífico superior (abreviadamente, PCS) y Poder calorífico inferior (abreviadamente, PCI). (7)

La mayoría de los combustibles usuales son compuestos de carbono e hidrógeno, que al arder se combinan con el oxígeno formando dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) respectivamente. Cuando se investigó científicamente el proceso de la combustión, se consideró que para el buen funcionamiento de las calderas donde se producía, era necesario que los gases quemados salieran por el conducto de humos a una cierta temperatura mínima para producir el escape sin problemas. Esta temperatura está por encima de los $100^\circ C$, por lo que el agua producida no se condensa, y se pierde el calor de cambio de estado, que en el agua se estima en 2261 kilojulios (540 kilocalorías) por kilogramo de agua, por lo que hubo necesidad de definir el poder calorífico inferior, para que las calderas tuvieran, aparentemente, unos rendimientos más alentadores. (13)

Por ello se usó la denominación Poder Calorífico Inferior para el calor producido sin aprovechar la energía de la condensación del agua, y Poder Calorífico Superior a la energía una vez aprovechado el calor de la condensación.

Normalmente la mayoría de las calderas y los motores expulsan el agua en forma de vapor. Sin embargo, actualmente existen calderas de condensación que aprovechan este calor de condensación, con rendimientos mucho más altos que las tradicionales, superiores al 100% del PCI, pero, por supuesto, siempre inferiores al 100% del PCS. Sin embargo deben producir el agua caliente a unos 70 °C, lo que limita sus usos y además, solamente pueden usarse con combustibles totalmente libres de azufre (como el gas natural), para evitar condensaciones ácidas; por falta de temperatura suficiente y, por lo tanto, por falta de tiro térmico, la evacuación de los gases debe hacerse por medio de un ventilador.(10)

1.4.7. Calores de reacción

Tratándose de los combustibles, el calor de la reacción química de combustión es conocido como poder calorífico, calor de combustión, entalpía de reacción h_{rp} , o energía interna de reacción u_{rp} . El término poder calorífico es un nombre general sin significado específico, aménos que se exprese la forma en que se mide (o bien, esté implícita) en el contexto. Si el poder calorífico se mide por un calorímetro de bomba (idealmente es una cámara rígida de volumen constante), de uso normal en el caso de combustibles sólidos y líquidos, el poder calorífico

obtenido es el de valor, a volumen constante q_v igual a la energía interna de la reacción (19).

El poder calorífico de combustibles gaseosos por lo general se halla con un calorímetro de flujo constante, sobre todo a presión invariable, dispositivo que da el poder calorífico a presión constante q_p el que numéricamente es igual a la entalpía de reacción. En cada caso para combustibles que contengan hidrógeno, existe un poder calorífico superior (p.c.s.), cuando el H_2O en los productos se ha condensado a la forma $[H_2O]$, y un poder calorífico inferior (p.c.i.), cuando el H_2O no se ha condensado a $[H_2O(g)]$. El p.c.i. q_1 es igual al valor del p.c.s. menos el calor latente del vapor de agua condensado. (19)

1.4.8. Algunas observaciones acerca de poderes caloríficos

La energía proveniente de combustión en apoyo de un proceso de trabajo (y de calentamiento) es la base para determinar la eficiencia de ese proceso termodinámico. La medida se toma como el producto de la cantidad de combustible consumida, durante el proceso, y su poder calorífico. La elección de cuál valor de poder calorífico (el superior o el inferior) se ha de utilizar, plantea un problema. La solución es simple. (14)

Si el sistema termodinámico puede emplear la energía contenida en el vapor de agua que proviene de quemar el hidrógeno en el combustible, se usa entonces el p.c.s. Un caso a considerar es la planta de energía eléctrica que utiliza combustible fósil. Es muy fácil reducir la temperatura de los productos de salida a una inferior

al punto de rocío (que no se puede realizar por razones de mantenimiento). (14)

Por otra parte, se espera que los productos de escape de un motor de automóvil nunca se aproximan a la temperatura de rocío o emplearán la energía contenida en el vapor de agua; por consiguiente, se hará uso del p.c.i. en este caso. (14)

Existen varias unidades para esta propiedad:

- En los combustibles sólido se emplea el Kcal/Kg ó Kcal/mol
- En los combustibles líquidos se emplea el Kcal/mol ó Kcal/l
- En los combustibles gaseosos se emplea el Kcal/m³ ó Kcal/mol (15)

Para determinar el poder calorífico de una sustancia se puede hacer directamente o teóricamente:

1.4.8.1. Medición Directa

Por medio del calorímetro y ayudados de una bomba calorimétrica, teniendo en cuenta además que el calor cedido va a ser igual al calor absorbido. (24)

a) Bomba Calorimétrica

Son muchos los dispositivos y equipos que para operar utilizan como fuente de energía un combustible. La máxima cantidad de energía que puede obtenerse de un combustible cuando se quema es conocida como Poder Calorífico del combustible. Cada combustible tiene entonces un Poder Calorífico característico. En la literatura relacionada

puede ubicarse información referente a los Poderes Caloríficos de diversos combustibles; sin embargo, estos valores pueden cambiar dependiendo de diversos factores, como el proceso de producción del combustible, la materia prima usada para obtenerlos, entre otros. Así, es posible que la gasolina que usó un auto ayer no tenga el mismo poder Calorífico que la que usa hoy, o el carbón extraído de una mina no tenga el mismo poder Calorífico que el extraído en otra. Debido a esto, son muy importantes las mediciones del poder Calorífico de los combustibles, para lo cual puede usarse un equipo conocido como Bomba Calorimétrica. (7)

La Bomba Calorimétrica se usa para determinar el Poder Calorífico de un Combustible cuando se quema a volumen constante. A continuación se explica de manera resumida su funcionamiento. (8)

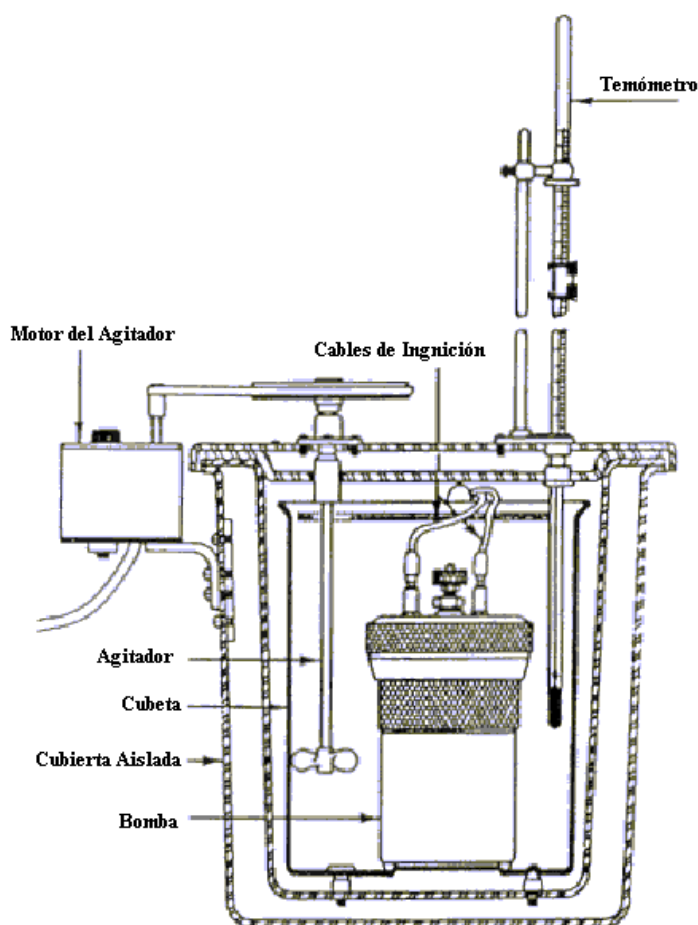
El combustible cuyo Poder Calorífico se desea determinar se coloca en un crisol para combustible (si el combustible es sólido, deberá colocarse en forma de pastilla) dentro de la bomba calorimétrica. Adicionalmente se agrega el oxígeno necesario para la combustión.

La bomba calorimétrica se rodea de una camisa de agua que absorberá el calor liberado por el combustible. Todo esto se realiza dentro de una camisa adiabática para evitar fuga de calor que afecte el proceso. (8)

Sin embargo, el calor que absorbe el agua no es el poder calorífico del combustible, debido a diversos factores, entre los cuales pueden nombrarse: absorción de calor por la propia bomba, liberación de calor del alambre que

provoca el encendido del combustible, liberación de calor por la formación de ácido nítrico y sulfúrico, entre otros.

Figura 4. Esquema de una Bomba Calorimétrica Adiabática



Al aplicar la ecuación de Primera Ley al proceso de combustión a volumen constante, tomando en cuenta todos los factores nombrados con anterioridad, se obtiene la siguiente ecuación:

$$Hg = (\Delta TW - e_1 - e_2 - e_3) / g \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde W es la constante de la bomba calorimétrica, ΔT es el cambio de temperatura registrado durante la experiencia; H es el poder calorífico del combustible; e_1 es la corrección por el calor que libera la formación de ácidos de nitrógeno y e_2 de azufre; e_3 es la corrección por el calor generado por la combustión del filamento de ignición; g es la masa de combustible. (12)

Debido a que los gases producidos durante la combustión al final se encuentran a temperaturas bastante bajas y a que el ensayo se lleva a cabo a alta presión, la mayor parte del agua presente en los productos condensa, por lo cual el poder calorífico que se estará determinando en esta experiencia es el superior. Como no se puede medir en el laboratorio la cantidad de agua presente después de la combustión, es imposible el cálculo del poder calorífico inferior del combustible. (10)

1.4.8.2. Medición Teórica

Aplicando la ley HESS (calores de reacción en una reacción química). Un proceso de combustión no es más que una reacción química: (5)

$$Q_{react} = \Delta H_{react} - \Delta h_{productos} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Se puede medir la cantidad de energía térmica almacenada mediante el valor térmico o calorífico.

- Energía = masa x poder calorífico
- Masa = volumen x densidad

El poder calorífico superior (PCS) o poder calorífico bruto (PCB) mide la cantidad total de calor que se producirá mediante la combustión. Sin embargo, una parte de ese calor permanecerá en el calor latente de la evaporación del agua existente en el combustible durante la combustión.

El poder calorífico inferior (PCI), o poder calorífico neto (PCN), excluye el calor latente. Por consiguiente, el valor térmico más bajo es la cantidad de calor disponible

realmente en el proceso de combustión para captarlo y utilizarlo. (20)

Cuanto mayor sea el contenido de humedad de un combustible mayor será la diferencia entre el PCB y el PCN y menor será la energía total disponible, Estos parámetros se expresan generalmente en Megajulios (MJ/kg) o kilojulios por kg (kJ/kg). (14)

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

- Muestra de neumático desechado
- Alambre de hierro
- Cronómetro
- Una bureta de 50 mL.
- soporte universal
- pinza para bureta
- probeta de 1000 mL.
- pipeta graduada 10mL.
- Un vaso de precipitados de 250 mL.
- Un matraz Erlenmeyer de 250 mL. titulacion)

2.2 APARATOS Y EQUIPO.

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.000 1 g.
- Calorímetro adiabático
- Tanque de oxígeno comercial con dos manómetros
- Calentador de agua (Estufa)
- Termómetro digita

2.3. REACTIVOS

- Ácido benzoico.
- Oxígeno.
- Solución de hidróxido de sodio de concentración conocida.
- Indicador Fenolftaleína.
- Agua destilada

2.4. METODOS

Tabla 2.1. Métodos y equipos empleados

Parámetros/Actividades	Método/Referencia	Material/Equipos Utilizado
<ul style="list-style-type: none"> • Calibración del Equipo 	<ul style="list-style-type: none"> • ASTM standards for Bomb Calorimetry and Combustion Methods 	<ul style="list-style-type: none"> • PARR (Adiabatic Calorimeter) • Ácido benzoico • Alambre de hierro • Cronómetro • Vaso de precipitados de 250 mL. • Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g. • Tanque de oxígeno comercial con dos manómetros • Estufa • Termómetro Digit

Continuación de la tabla 2.1 Métodos equipos empleados

Parámetros/Actividades	Método/Referencia	Material/Equipos Utilizado
		<ul style="list-style-type: none"> • PARR (Adiabatic Calorimeter) • Muestra de neumático desechado • Alambre de hierro

<ul style="list-style-type: none"> • Determinación del potencial de las muestras 	<ul style="list-style-type: none"> • ASTM standards for Bomb Calorimetry and Combustion Methods 	<ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro • Bureta de 50 mL. • soporte universal • pinza para bureta • probeta de 1000 mL. • pipeta graduada 10mL. • Vaso de precipitados de 250 mL. • Matraz Erlenmeyer de 250 mL. • Balanza analítica con sensibilidad de 0.000 1 g. • Tanque de oxígeno comercial con dos manómetros • Estufa • Termómetro digital • Solución de Hidróxido de sodio de concentración conocida. • Indicador Fenolftaleína • Agua destilada
---	--	---

PARTE

EXPERIMENTAL

CAPITULO III

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Estimación del parque automotor y la producción de neumáticos desechados que se generan en la ciudad de Riobamba

Primero se realizó el censo en la Jefatura Provincial de Transito, para poder conocer la cantidad de vehículos existentes en el parque Automotor del perímetro Urbano de la Ciudad, donde se determino el numero de vehículos en porcentaje, para el presente estudio se lo dividió en dos clases, según el tipo y sus distintas actividades que realizan dentro de la ciudad en:

Vehículos Pesados, están destinados principalmente para el transporte masivo de personas y de carga.

- Bus (urbanos, intercantonales e interprovinciales)
- Camión (volquetas, cabezales, grúas, tanqueros ,etc)

Vehículos Livianos, destinados para el transporte de personas ya sea de uso público o uso personal.

- Autos particulares
- Taxis
- Camioneta
- Furgoneta
- Motocicleta

Ya teniendo la clasificación de los vehículos, se procedió a realizar las encuestas a las distintas distribuidoras de neumáticos existentes en la ciudad, donde se les pregunto: ¿Cuáles son las marcas de neumáticos existentes en el mercado?, ¿Cuáles son las marcas de neumáticos de mayor

demanda en la ciudad? y ¿Cuál es la frecuencia con la que se realiza el cambio de neumáticos para cada tipo de vehículo?, con esta información se procedió a estimar la producción de neumáticos desechados que se generan al año.

3.2. Zonas de Monitoreo

Dentro del perímetro urbano de la ciudad de Riobamba, están distribuidas 68 vulcanizadoras registradas, según el Catastro de Patentes de la Ilustre Municipalidad de Riobamba; el cual nos permitió identificar las 24 zonas de muestreo, escogidas por su importancia y gran afluencia de vehículos para realizar el respectivo cambio de neumáticos; en dichas zona es donde se procederá a tomara las muestras respectivas; como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 3.2. Zonas de Muestreo.

ZONA DE MONITOREO	RAZÓN SOCIAL	DIRECCIÓN
Zona 1	Vulcanizadora Tungurahua	Carabobo Y Barón de Carondelet
Zona 2	Vulcanizadora Cotopaxi	AV. Lizarzaburo y RE-00600
Zona 3	Vulcanizadora Chimborazo	Av. Pedro Vicente Maldonado y Martin de Ariola
Zona 4	Vulcanizadora Colcha	Carabobo Y once de Noviembre
Zona 5	Vulcanizadora S/N	Av. La Prensa y Unidad Nacional
Zona 6	Vulcanizadora Hidrahulica	Av. Luis Cordovez y Cinco de Junio
Zona 7	Vulcanizadora Fairestone	Condorazo y Av Unidad Nacional
Zona 8	Vulcanizadora La	Argentinos y

	Dolorosa	Puruha
Zona 9	Vulcanizadora S/N	Av. Unidad Nacional y Duchicela
Zona 10	Vulcanizadora S/N	José Veloz y Autachi
Zona 11	Vulcanizadora San Antonio	Av. Atahualpa y Av. Nueve de Octubre
Zona 12	Vulcanizadora Olivus	Av. Antonio José de Sucre y Av. Chimborazo
Zona 13	Vulcanizadora Michelyn	Rey Cacha y Avenida la Presenta
Zona 14	Vulcanizadora Nacional	Av. Lizarzaburo e Incas
Zona 15	Vulcanizadora S/N	Av. Nueve de Octubre e Isabel de Godin
Zona 16	Vulcanizadora S/N	Colombia y Francia
Zona 17	Vulcanizadora Escorpión	Marina de Jesús y Venezuela
Zona 18	Vulcanizadora Virgen del Quinche	Av. Pedro Vicente Maldonado y Panamericana Sur
Zona 19	Vulcanizadora S/N	Av. Edilberto Bonilla y ER-00600
Zona 20	Vulcanizadora Continental	Francia y Gaspar de Villarroel
Zona 21	Vulcanizadora El Ejecutivo	José Veloz y Puruha
Zona 22	Vulcanizadora San	España y Ayacucho

	Diego	
Zona 23	Vulcanizadora General	Av. Leopoldo Freire y Paris
Zona 24	Vulcanizadora S/N	Panamericana Sur Km 2

3.3 Toma de Muestras

Las distintas muestras a analizar fueron tomadas entre los meses de Junio y Julio del 2008, tiempo en el cual se llevo a cabo la selección de muestras de los neumáticos desechados en las 24 distintas vulcanizadoras, las marcas escogidas están basadas en las encuestas realizadas a dichos establecimientos de acuerdo a las marcas que tienen una mayor demanda en las mismas que se encuentran detalladas a continuación:

- KUMHO
- GENERAL TIRE
- BRIGESTON
- YOKOHAMA

Foto 1. Marcas de Neumáticos escogidas para el estudio



3.4. Análisis de las Muestras en el Calorímetro Adiabático

3.4.1. Calibración del Equipo.

Se tomaron 0,8 g de Ácido Benzoico en forma de una pastilla, está debe colocarse en el crisol de la bomba. El recipiente del agua se debe llenar de 2000 a 2200 mL de agua.

Se corta un trozo de alambre de Hierro de 10 a 15 cm y se ata firmemente a los electrodos de la bomba calorimétrica, asegurándose que el alambre toque la pastilla. Se cierra la bomba, se presuriza con oxígeno a 10 atmósferas y se introduce en el recipiente del agua. Luego este recipiente se introduce dentro de la camisa adiabática y se coloca la tapa correspondiente.

Es conveniente familiarizarse con el termómetro del equipo, así como determinar su apreciación. Una vez que se haya alcanzado el equilibrio térmico entre los distintos componentes del sistema, se enciende el agitador, tomando nota cada medio minuto de la temperatura del agua en la bomba. Esto se realiza hasta que la temperatura se estabilice o hasta que los cambios de temperatura se hagan constantes.

Una vez logrado lo anterior, se conectan eléctricamente los electrodos de la bomba, presionando el interruptor correspondiente. En este momento el hilo de hierro se torna incandescente y se funde, y quemando completamente la pastilla de Ácido. En este momento la temperatura comienza a subir rápidamente. Las lecturas de temperatura siguen tomándose cada medio minuto hasta que se estabilice.

Si luego de dar por culminada la prueba principal se aprecian algunos nuevos cambios de temperatura, estos se anotan cada medio minuto hasta verificar la estabilidad o hasta que los cambios sean constantes.

Hecho ya los distintos análisis y teniendo ya los valores los cuales son necesarios para determinar la constante del

equipo el resultado es el siguiente: 2681,08 cal/g valor con el cual se trabajara para los distintos análisis de la muestras a determinar.

3.4.2. Preparación de la muestra (Neumático Desechado)

Una vez tomadas las muestra de todas las zonas se procedió a clasificar según el tipo de vehículo y también según la marca, posterior a esto se trituro las muestras hasta llegar a obtener pedazos lo mas fino posible.

De la mezcla anterior se toma 0,2 g los cuales se coloca en el crisol de la bomba. Se corta un trozo de alambre de Hierro de 10 a 15 cm y se ata firmemente a los electrodos de la bomba calorimétrica, asegurándose que el alambre toque la muestra. Se coloca 5mL de agua destilada dentro de la bomba, esto es para que el momento de la combustión se añada al agua el azufre presente en el neumático, Se cierra la bomba, se presuriza con oxígeno a 10 atmósferas. El recipiente del agua se llena con 2000 a 2200 mL de agua y se introduce la bomba en el. Se introduce el recipiente dentro de la camisa adiabática y se coloca la tapa correspondiente.

Foto 2. Pasos para determinar el potencial energético de las muestras



Es conveniente familiarizarse con el termómetro del equipo, así como determinar su apreciación. Una vez que se haya alcanzado el equilibrio térmico entre los distintos componentes del sistema, se enciende el agitador, tomando nota cada medio minuto de la temperatura del agua en la bomba. Esto se hace hasta que la temperatura se estabilice o hasta que los cambios de temperatura se hagan constantes. Una vez logrado lo anterior, se conectan eléctricamente los electrodos de la bomba, presionando el interruptor correspondiente. En este momento el hilo de hierro se torna incandescente y se funde, y quemando completamente la muestra. En este momento la temperatura comienza a subir rápidamente. Las lecturas de temperatura siguen tomándose cada medio minuto hasta que se estabilice. Si luego de dar por culminada la prueba principal se aprecian algunos nuevos cambios de temperatura, estos se anotan cada medio minuto hasta verificar la estabilidad o hasta que los cambios sean constantes. Si esto no ocurre, la prueba

finaliza cuando el número de lecturas sea igual al de la prueba preliminar.

Foto 3. Continuacion de la tecnica del analisis en el Calorimetro Adiabatico.



3.4.3. Determinación del contenido de Azufre

Una vez terminada la combustión de la muestra se procede a la titulación del ácido sulfúrico (H_2SO_4) con el hidróxido de Sodio (NaOH) y el indicador fenoltaleína para luego saber la cantidad de Azufre que se encontró presente en el análisis de la muestra.

Foto 4. Titulación de la muestra



3.4.4. Calculo de los Resultados

Para realizar el cálculo de los poderes caloríficos se aplica la siguiente formula:

$$Hg = (\Delta TW - e_1 - e_2 - e_3) / g \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

Donde:

Hg: Poder calorífico de la Muestra, cal/g

ΔT : La entalpía de la Temperatura, °C

W: La constante del Equipo, cal/°C

e_1 : Corrección por el calor de formación del HNO₃, cal

e_2 : Corrección por el calor de formación del H₂SO₄, cal

e_3 : Corrección por el calor de combustión del alambre, cal

g: Peso de la muestra, g

En los cálculos de los análisis es despreciable e_1 , ya que la muestra no cuenta en su composición con nitrógeno por ende no podría desprender Ácido Nítrico.

RESULTADOS

4. Resultados

4.1. Estimación del parque automotor de la Ciudad Riobamba

Para la estimación del parque automotor de la ciudad de Riobamba, se basó en los datos obtenidos: en la Jefatura Provincial de Transito de Chimborazo, el cual indicó el número de vehículos existentes entre livianos y pesados con los respectivos porcentajes de acuerdo a su clasificación, los cuales se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Estimación del número de vehículos existentes

Tipo de Vehículo	Numero de vehículos (%)	total de vehículos
Livianos		
Autos particulares	57	22.800
Taxi	23	9.200
camioneta	15	6.000
Furgoneta	3	1.200
motocicleta	2	800
Subtotal	100	40.000
Pesados		
Bus	73	7300
Camión	27	2700
Subtotal	100	10.000
Total		50.000

4.2. Estimación del número de neumáticos generados.

Con los valores obtenidos en la tabla 4.1 sobre el número de vehículos y la frecuencia con la que cambian los neumáticos obtenido a través de las encuestas, se procede a calcular el numero de neumáticos que están en uso así como también el número de neumáticos que se generan en un año.

Tabla 4.2. Estimación del número de neumáticos en uso y generados al año.

Tipo de Vehículo	Numero de vehículos	Numero de neumáticos	Total de neumáticos en uso	CTCN(Cada que tiempo cambian el neumático al año)	Neumáticos generados al año
Livianos					
Autos particulares	22.800	4	91.200	0,25	22800
Taxi	9.200	4	36.800	0,75	27600
camioneta	6.000	4	24.000	0,45	10800
Furgoneta	1.200	4	4.800	0,8	3840
motocicleta	800	2	1600	0,2	320
Subtotal	40.000		158.400		66.400
Pesados					
Bus	7300	6	43.800	2	87.600
Camión	2700	6	16.200	1,5	24.300
Subtotal	10.000		60.000		111.900
Total	50.000		218.400		177.260

4.3. Análisis de las muestras realizadas en el Calorímetro Adiabático.

Una vez realizado el análisis de las muestras, los datos obtenidos al determinar los poderes caloríficos de las distintas cuatro marcas de neumáticos con sus respectivos usos como lo son para vehículos pesados y para vehículos livianos, donde cada una de ellas fueron tomadas en distintas Vulcanizadoras de la zonas de muestreo en el perímetro Urbano de la Ciudad de Riobamba, en estas se obtuvieron resultados dentro de los rangos que fluctúan los poderes Caloríficos del neumático desechado y por consiguiente se puede llegar a determinar que estos servirían como posible combustible alternativo.

Los respectivos cálculos para encontrar el poder calorífico se lo realizan con la ecuación (3.1).

4.3.1. Datos obtenidos para la marca Kumho para vehículos pesados.

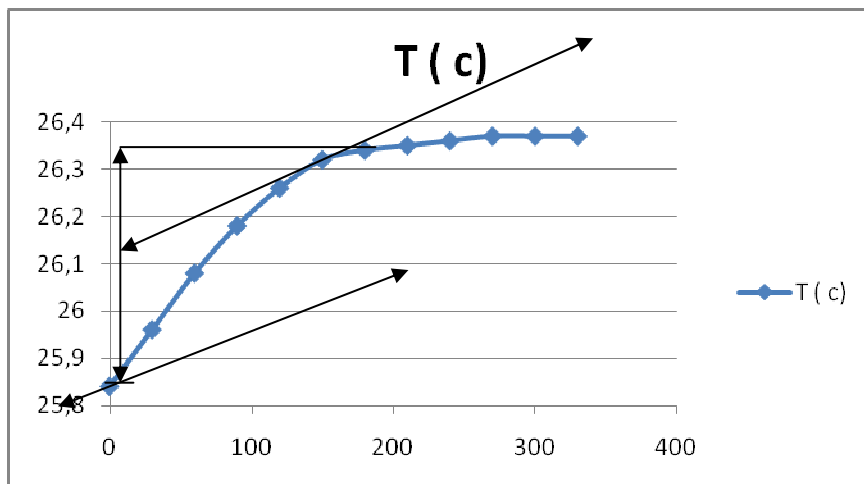
Los datos obtenidos al momento de realizar la combustión de muestra en el calorímetro adiabático de la temperatura con respecto al tiempo, son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Variación de temperaturas de la muestra de neumático de marca Kumho de vehículo pesado.

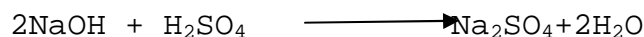
t (s)	T (c)
0	24,29
30	24,36
60	24,48
90	24,56
120	24,62
150	24,69
180	24,77
210	24,88
240	24,92
270	24,96
300	24,99
330	25,01
360	25,01

Con los valores obtenidos de la tabla anterior se procede a graficarlos, para obtener la variación de temperatura (ΔT), al trazar dos tangentes en los puntos.

El valor del ΔT obtenido en la grafica anterior es de 0.59°C .



Al momento de terminar el análisis en la Bomba Calorimétrica se desprendió Azufre, debido a que la muestra esta compuesto de este elemento, para ello se procedió a la titulación con Hidróxido de Sodio (NaOH) de Normalidad Equivalente a 0,0719N por consiguiente ocurrió la siguiente Reacción Química la cual se demuestra a continuación:



La cantidad de Hidróxido de Sodio (NaOH) que se necesito para neutralizar el Ácido Formado (H_2SO_4) fue de 0,5ml

$$0,005 \text{ L} \times 0,0719 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 3,595 \times 10^{-4} \text{ mol NaOH}$$

Por lo tanto las moles del H_2SO_4 que se encuentran presentes son: $1,7975 \times 10^{-4} \text{ mol}$ o $1,76 \times 10^{-4} \text{ Kg H}_2\text{SO}_4$

El Calor de Formación del H_2SO_4 es: 207,cal/Kg

Con estos datos vamos a determinar el calor desprendido al formarse $1,76 \times 10^{-4} \text{ Kg H}_2\text{SO}_4$.

$$1,76 \times 10^{-4} \text{ Kg H}_2\text{SO}_4 \times \frac{207 \text{ cal}}{1 \text{ Kg H}_2\text{SO}_4} = 0,03655 \text{ cal.}$$

Por consiguiente la constante e_2 tiene un valor de:
0,03655cal

El siguiente paso es determinar e_3 que corresponde al alambre

$$0,0487\text{g} \times \frac{1400 \text{ cal}}{1\text{g}} = 68,18 \text{ cal.}$$

Teniendo estos datos se procede a aplicar la formula para calcular el poder calorífico del neumático desechado

$$Hg = \frac{\left[(0,59^\circ\text{C} \times 2681,08 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}) - (0,03655 \text{ cal} - 68,18 \text{ cal}) \right]}{0,2065 \text{ g}}$$

$$Hg = 7990,3803 \frac{\text{cal}}{\text{g}}$$

Los mismos pasos se ocupan para los demás análisis lo que cambia es el volumen de la titulación y los pesos de las diferentes muestras así como el alambre utilizado

4.3.2. Marca 1 Kumho para vehículos livianos.

Na OH (L) =	0,007
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005033
moles de Acido sulfurico	0,00025165
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,46617E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,005117303
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0517
e3 = (cal)	72,38
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,58
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	7965,74294cal/g
(g) muestra 3 =	0,2043
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.3.3. Marca 2 General Tire para vehículos pesados.

Na OH (L) =	0,006
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0004314
moles de Acido sulfurico	0,0002157
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,11386E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,00438626
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0409
e3 = (cal)	57,26
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,59
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8030,8320cal/g
(g) muestra 2 =	0,2041
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.3.4. Marca 2 General Tire para vehículos livianos.

Na OH (L) =	0,007
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005033
moles de Acido sulfurico	0,00025165
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,46617E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,005117303
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0525
e3 = (cal)	73,5
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,57
$H_g = (t_w - e_1 - e_2 - e_3) / g$	7851,5219cal/g
(g) muestra 4 =	0,204
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.3.5. Marca 3 Brigestone para vehículos pesados.

Na OH (L) =	0,007
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005033
moles de Acido sulfurico	0,00025165
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,46617E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,005117303
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0446
e3 = (cal)	62,44
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,7
$H_g = (t_w - e_1 - e_2 - e_3) / g$	8911,7228cal/g
(g) muestra 5 =	0,2176
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.3.6. Marca 3 Brigestone para vehículos livianos.

Na OH (L) =	0,008
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005752
moles de Acido sulfurico	0,0002876
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,81848E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,005848346
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0775
e3 = (cal)	108,5
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,65
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8899,9814cal/g
(g) muestra 8 =	0,208
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.3.7. Marca 4 Yokohama para vehículos pesados.

Na OH (L) =	0,009
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0006471
moles de Acido sulfurico	0,00032355
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	3,17079E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,006579389
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,078
e3 = (cal)	109,2
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,63
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8832,3861cal/g
(g) muestra 7 =	0,2036
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.3.8. Marca 4 Yokohama para vehículos livianos.

Na OH (L) =	0,01
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,000719
moles de Acido sulfurico	0,0003595
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	0,000035231
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,007310433
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0542
e3 = (cal)	75,88
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,5
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	6809,6763cal/g
(g) muestra 6 =	0,208
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.4. Con Repeticiones:

Para poder comprobar que los anteriores análisis están dentro del rango del potencial energético de neumáticos desechados para la utilización como combustible alternativo, se procede a realizar nuevos estudios con la misma metodología de análisis. Los cuales cambian en los poderes Caloríficos pero no en una forma muy representativa ya que estos también se encuentran dentro del rango para poder utilizarlos como combustible alternativo. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

4.4.1. Marca Kumho para vehículos pesados.

Na OH (L) =	0,007
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005033
moles de Acido sulfurico	0,00025165
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,4662E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,0051173
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0527
e3 = (cal)	73,78
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,64
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8637,38457
(g) muestra 1 =	0,2072
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.4.2. Marca 1 Kumho para vehículos livianos

Na OH (L) =	0,008
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005752
moles de Acido sulfurico	0,0002876
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,8185E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,00584835
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0533
e3 = (cal)	74,62
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,6
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8007,9074cal/g
(g) muestra 3 =	0,2102
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.4.3. Marca 2 General Tire vehículos pesados.

Na OH (L) =	0,007
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005033
moles de Acido sulfurico	0,00025165
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,4662E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,0051173
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0464
e3 = (cal)	64,96
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,57
Hg = (tW - e1- e2 - e3) / g	7779,15275
(g) muestra 2 =	0,2048
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.2.4. Marca 2 General Tire vehículos pesados

Na OH (L) =	0,007
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005033
moles de Acido sulfurico	0,00025165
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,4662E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,0051173
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0572
e3 = (cal)	80,08
$\Delta T = T_f - T_i$ °	0,54
Hg = (tW - e1- e2 - e3) / g	7388,09518
(g) muestra 4 =	0,2068
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.4.5. Marca 3 Brigestone para vehículos pesados.

Na OH (L) =	0,008
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005033
moles de Acido sulfurico	0,00025165
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,4662E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,0051173
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0648
e3 = (cal)	73,5
$\Delta T = T_f - T_i$ ©	0,64
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8702,3379cal/g
(g) muestra 5 =	0,2076
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.4.6. Marca 3 Brigestone para vehículos livianos.

Na OH (L) =	0,007
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005752
moles de Acido sulfurico	0,0002876
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,8185E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,00584835
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0525
e3 = (cal)	90,72
$\Delta T = T_f - T_i$ ©	0,64
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8586,3055cal/g
(g) muestra 8 =	0,2084
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.4.7. Marca 4 Yokohama para vehículos pesados.

Na OH (L) =	0,008
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0005752
moles de Acido sulfurico	0,0002876
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	2,8185E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,00584835
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0686
e3 = (cal)	96,04
$\Delta T = T_f - T_i$ ©	0,64
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	8873,2877cal/g
(g) muestra 7 =	0,2042
W (Calorimetro)= (cal/c)	2681,08

4.4.8. Marca 4 Yokohama para vehículos livianos.

Na OH (L) =	0,009
N (moles/L)=	0,0719
moles de Hidroxido de Sodio	0,0006471
moles de Acido sulfurico	0,00032355
1 mol de Acido Sulfurico =(g)	98
1 Kg =(g)	1000
Kg de Acido Sulfurico	3,1708E-05
calor de Formacion del H2SO4 (cal/Kg)	207,5
e2 = (cal)	0,00657939
1g de Alambre = (cal)	1400
peso alambre = (g)	0,0588
e3 = (cal)	82,32
$\Delta T = T_f - T_i$ ©	0,48
Hg = ($t_w - e_1 - e_2 - e_3$) / g	6705,3468cal/g
(g) muestra 6 =	0,2042

4.5. Tabla de resultados.

A continuación se presenta los resultados obtenidos del estudio realizado del potencial energético de los neumáticos desechados de la ciudad de Riobamba, para entender más estos datos vamos a dar un valor de referencia: Los neumáticos tienen un valor calorífico entre 6.500 a 9.000 cal/g.

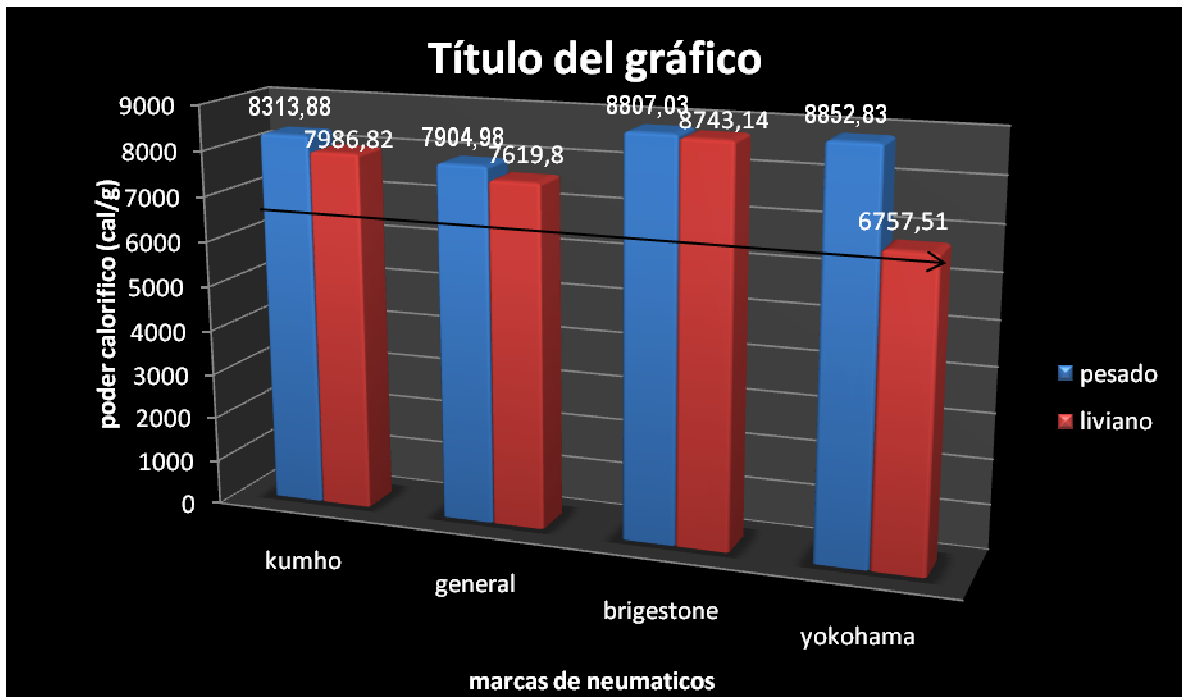
MARCA	ANALISIS	REPLICA	PROMEDIO	DESVIACIÓN. EST
KUMHO				
Veh. Pesado	7990,3803 Cal/g	8637,3845 Cal/g	8313,88 cal/g	+/- 457,50
Veh. Liviano	7965,7429 Cal/g	8007,9074 Cal/g	7986,82 cal/g	+/- 29,81
GENERAL TIRE				
Veh. Pesado	8030,8320 Cal/g	7779,1527 Cal/g	7904,98 cal/g	+/- 177,96
Veh. Liviano	7851,5219 Cal/g	7388,0951 Cal/g	7619,80 cal/g	+/- 327,69
BRIGESTONE				
Veh. Pesado	8911,7228 Cal/g	8702,3379 Cal/g	8807,03 cal/g	+/- 148,06
Veh. Liviano	8899,9814 Cal/g	8586,3055 Cal/g	8743,14 cal/g	+/- 221,80
YOKOHAMA				
Veh. Pesado	8832,3861 Cal/g	8873,2877Cal/g	8852,83 cal/g	+/- 28,92
Veh. Liviano	6809,6763 Cal/g	6705,3468cal/g	6757,51 cal/g	+/- 73,77

4.6. Discusión de los resultados.

Como se puede apreciar en la tabla anterior los resultados obtenidos tras los análisis en el calorímetro adiabático, están dentro de los rangos de referencia del potencial calorífico que tienen los neumáticos desechados, es por esto que se puede llegar a determinar que estos pueden servir como un tipo de combustible alternativo, ya que su elevado poder energético estaría contribuyendo a dar sus posibles alternativas como un combustible.

Dicho todo lo anterior se puede llegar a las distintas observaciones, donde las diferentes marcas que fueron tomadas para ser objeto del estudio se pudo determinar, cual es la que mayor eficiencia energética tiene, por ello se puede ver en la siguiente tabla que los de mayor eficiencia son los vehículos pesados y también se puede observar que la mejor marca es la Bridgestone y la q menor es la Yokohama para vehículos livianos, pero no por ello mala como fuente energética a continuación la tabla de las eficiencias de los neumáticos.

Figura 1. Eficiencia de las distintas marcas de los neumáticos desechados



Después de haber discutido y observado los distintos resultados se procede a dar alternativas de uso así como un plan de disposición final de los neumáticos desechados en la Ciudad de Riobamba, donde para mayor entendimiento se lo puede comprender en el siguiente capítulo a continuación.

**PLAN DE
DISPOSICION FINAL**

PLAN DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS NEUMÁTICOS DESECHADOS Y SUS ALTERNATIVAS DE USO Y COMO COMBUSTIBLE

Introducción

En la Ciudad de Riobamba en el perímetro urbano se desechan aproximadamente **177.260** neumáticos al año, los cuales se tienen que disponer en los vertederos o diferentes vulcanizadoras. No obstante, la falta de disposición adecuada de estos desperdicios es uno de los problemas mayores en la ciudad y el desecho de neumáticos es parte de este problema. Debido al gran espacio que ocupan los neumáticos en los vertederos, los cuales reducen así la vida útil de los mismos, su difícil manejo, el peligro de incendio y la propagación de mosquitos a causa de la acumulación de éstos, han llevado a este estudio a dar posibles soluciones para este problema.

La disposición inadecuada de los neumáticos afecta la salud y el ambiente de todos, sin que hasta el momento se haya realizado algún paso afirmativo e integrado encaminado a remediar el problema.

El procesamiento y/o reciclaje es una forma adecuada para manejar y disponer de los neumáticos, ya que éstos se pueden reutilizar, entre otros, como: combustible derivado o suplementario, agregado de asfalto, agente abultante para compostaje de cieno de aguas residuales, construcción de arrecifes artificiales, control de erosión pueden ser triturados para un mejor manejo de éstos en los rellenos sanitarios en ausencia de un mercado de uso final.

El desarrollo de dichos métodos de manejo y disposición, así como sus mercados de uso final, es indispensable para resolver el problema de disposición inadecuada de neumáticos descartados.

Por tal razón, el Estudio de la presente Tesis tiene por objeto el dar posibles soluciones de manejo y disposición final de neumáticos, promoviendo su reciclaje, así como el de sus posibles usos y como combustible alternativo.

Para la presente investigación se tomo como referencias las alternativas que están dando otros países, para una correcto Manejo, Disposición Final y sus posibles usos como combustible Alternativo de los neumáticos Desechados, entre los cuales se puede nombrar los siguientes:

www.mintrab.gov.ec, donde se tomaron algunas políticas de almacenado y disposición final; Reglamento sobre Llantas de Desecho N° 33745-S Puerto Rico (Publicado en La Gaceta No. 92 del 15 de mayo del 2007), donde también se tomaron algunas ordenanzas y políticas ambientales sobre el manejo adecuado de Neumáticos Desechados al igual que el GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL, Secretaría del Medio Ambiente, Llantas Usadas Diagnóstico De La Situación Actual En El Distrito Federal. Y por ultima la del Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de neumáticos usados generados por el parque automotor de Santa Fe de Bogotá.

Con estas pautas se desarrolla el presente plan y manejo de disposición final de Neumáticos Desechados acoplándole a los requerimientos de nuestra ciudad.

Desarrollo del Manejo, Disposición Final y su Alternativa como Combustible Alternativo.

Para esto debería existir una política pública o una ordenanza municipal, para reducir el volumen de los desperdicios sólidos, reciclar o procesar aquellos que se puedan reutilizar en forma de materia prima, como otros productos derivados y/o darle uso final y velar por la seguridad de sus ciudadanos con respecto al uso de neumáticos en las vías de rodaje.

Como parte de esta política o ordenanza, se deberá implantar un programa para controlar la disposición final de neumáticos en las facilidades de disposición de desperdicios sólidos autorizadas y se promoverá el establecimiento de sistemas de procesamiento y/o reciclaje de neumáticos, devolviendo su valor a la economía de la Ciudad en materia prima para la elaboración de otros productos y/o su utilización como combustible derivado de gomas en hornos industriales. Para la implantación de la política pública expuesta anteriormente se dispone lo siguiente:

- Establecer un programa de manejo adecuado de neumáticos.
- Fomentar el procesamiento y/o reciclaje de neumáticos desechados.
- Establecer un control del almacenamiento de neumáticos desechados.
- Establecer penalidades por el incumplimiento de esta Ley.

Con estas pautas se puede llegar a un plan de manejo y disposición final de los neumáticos desechados en la Ciudad de Riobamba siempre teniendo en cuenta sus grandes ventajas

tanto Económicas como Ambientales que estos tienen para el surgimiento de la Ciudad y en post de la Ciudadanía.

A continuación se detalla de una manera técnica y muy resumida las posibles Metodologías de manejo y disposición final para dichos residuos los cuales en la práctica se debería hacer o por lo menos tratar de hacérselos en algunos sectores donde el problema se encuentra en una mayor magnitud.

Actualmente se registra un volumen creciente en la generación de llantas usadas en la Ciudad de Riobamba, debido al gran incremento del parque automotor y a las nuevas disposiciones de tránsito vigentes en nuestro país donde, estas obligan al dueño del vehículo hacer su respectivos cambios cada un tiempo prudencial de kilometraje recorrido.

La disposición final de las llantas usadas ha llegado a representar un problema técnico, económico, ambiental y de salud pública. En efecto, las llantas son difíciles de compactar en un relleno sanitario y peor en las diferentes vulcanizadoras, haciendo este proceso costoso y presentando además el inconveniente de que ocupan mucho espacio.

Su almacenamiento en grandes cantidades provoca problemas estéticos y riesgo de incendios difíciles de extinguir. Su uso como combustible en hornos que no cuentan con la tecnología de control adecuada genera grave problemas de emisiones contaminantes a la atmósfera. Por otro lado, las llantas usadas almacenadas se convierten en un lugar favorable para la reproducción de diferentes vectores que ponen en riesgo la salud de la población.

Las ciudades del País no son ajenas a esta problemática. La implementación de programas de manejo adecuado de llantas usadas es un aspecto de prioritaria atención en especial por la necesidad de proteger la salud de la población ante el riesgo del continuo rebrote de enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla o la encefalitis, la proliferación de roedores, etc.

Como es sabido, las llantas usadas son uno de los sitios preferidos para que los zancudos depositen sus larvas, convirtiéndose en una importante vía para su proliferación, lo cual da como resultado el rebrote de la epidemia del dengue, tal como se registra en la mayoría de ciudades del Ecuador.

Para entender de una forma mas clara este problema se realizo primero el diagnóstico ambiental donde este involucró la evaluación de la problemática del residuo y de los actores implicados.

El diagnóstico ambiental parte de la cuantificación y caracterización del residuo. Al respecto se estableció la estimación de las llantas generadas anualmente. Para la cuantificación se consideró la información suministrada por la Jefatura Provincial de Tránsito del Chimborazo, en cuanto al número de vehículos por tipo, y los hábitos de uso y cambio de las llantas por parte de los usuarios, evaluación realizada mediante encuestas.

La Información suministrada sobre el parque automotor establece un estimado de 50.000 de vehículos de los cuales aproximadamente 80% corresponde a transporte liviano y 20% a transporte pesado. Con base en la encuesta realizada, en una muestra representativa de ese universo de vehículos, se investigaron los hábitos de los usuarios de los vehículos

en cuanto a sitios de cambio, periodicidad de cambio y otras características que motivan realizar su reemplazo. Esta información procesada permitió determinar un índice de generación de llanta usada (IGLL), por tipo de vehículo y determinar la totalidad del residuo generado. En la Tabla de resultados se permite observar la información encontrada al respecto.

Con esta información se puede llegar a determinar Metodologías de Manejo, disposición Final y alternativa de uso.

1. Metodologías de manejo de los neumáticos usadas

Toda persona natural o jurídica obedecerá las siguientes normas de manejo y disposición de neumáticos:

- No dispondrá o depositará neumáticos usados o desechados en lugares no autorizados por las autoridades de control públicas correspondientes para su manejo o disposición; los lugares autorizados son los siguientes:

Vulcanizadoras

Centros de expendio y cambios de neumáticos

Concesionarias de los vehículos

- No dispondrá de neumáticos enteros y sin triturar en vertederos o instalaciones de relleno sanitario, excepto neumáticos de bicicletas o similares; ni quemará o permitirá la quema de neumáticos, excepto por una instalación debidamente autorizada.

- No almacenará neumáticos desechados sin tomar las medidas de seguridad para evitar que causen o sufran un incendio; que acumulen agua en su interior; que sirvan de refugio a animales que pongan en riesgo la salud; que sean acumulados en áreas verdes; o que se almacenen sin los debidos permisos.
- Informar e instruir a los y trabajadoras sobre métodos y sistemas a adoptar para evitar siniestros y daños profesionales.
- Prohíbese la promoción e incorporación de niños, niñas y adolescentes menores de dieciocho años en el trabajo de recolección de neumáticos usados.
- Establecer horarios, cumplir con las frecuencias de recolección de los neumáticos usados, y ponerlos en conocimiento de los habitantes de la Ciudad de Riobamba.
- Vigilar el cumplimiento de las normas legales vigentes, relativas a Seguridad y Salud de los trabajadores.
- Toda persona que, sin la debida autorización, genere, almacene, disponga, transporte, contamine, quemé o permita que se quemen, o que reúse neumáticos desechados en violación a las normas contenidas en los apartados anteriores, será sancionada con multa.

En la ciudad se puede realizar estos procesos de manejo y disposición final ya que como se menciona anteriormente con una buena ordenanza y una correcta política para este problema se llevaría a cabo estos procesos de una mejor manera teniendo en cuenta que dar soluciones es la mejor salida para disminuir este gran problema, donde el encargado de realizarlo, darle difusión y llevando una correcta estimulación a la ciudadanía sería el Municipio. A continuación se muestra las posibles disposiciones finales que pueden tener los neumáticos usados.

2. DISPOSICIONES FINALES DE LOS NEUMÁTICOS DESECHADOS

2.1. RENOVACIÓN (RENCAUCHE)

En la nueva ley de tránsito del Ecuador se dice que el espesor mínimo del labrado del neumático para rodaje es de 1,6 mm menor a este ya es una infracción, menor a este espesor puede realizar un rencauche al neumático.

La renovación es el proceso por el cual un neumático cuya cubierta está desgastada, es vitalizada mediante la colocación de una nueva banda de rodaje con el diseño igual o diferente al original.

El proceso de renovado comprende, en términos generales, los siguientes pasos: inspección, raspado, cementado, la aplicación del nuevo piso de hule de dimensiones específicas y la vulcanización del mismo; a condiciones controladas de presión, temperatura y tiempo. En una matriz que posee el dibujo del piso de la llanta que es grabado. A continuación se describen con más detalle los pasos del proceso:

La inspección inicial, es un examen físico minucioso de las condiciones en las que se encuentra cada una de las partes de la llanta que se va a renovar, consideradas como críticas y en general de toda ella. Esta fase del proceso es de suma importancia ya que de esta forma se asegura el logro de un casco en perfectas condiciones, evitándose así fallas futuras en servicios.

La inspección externa consiste en: el casco seco y limpio se coloca en el des plegador y bajo una luz adecuada que permita el examen de la cubierta y costados. La cubierta se examina en cuanto al desgaste excesivo, cuerdas expuestas, materiales extraños, (clavos vidrios, etc.) cortaduras profundas o agrietamiento excesivo.

En el área de los costados se determina la presencia de grietas por la intemperie con profundidad excesiva o agrietamientos radiales.

El área de la ceja se examina para determinar los daños en las cuerdas, deterioro de la ceja misma o ceja expuesta. A juicio del inspector, si los defectos mencionados son excesivos no debe permitirse el renovado.

En la inspección interna, nuevamente se coloca el casco en el des plegador, pero de tal manera, que permita separar las cejas lo suficiente para asegurar la inspección adecuada.

Aquí se determina la existencia y gravedad de lo siguiente: roturas por flexión, en cruz y por impactos; daños en el armazón que requieran una reparación seccional o de refuerzo; en el caso de las llantas sin cámara, forro

interno poroso o con unión defectuosa; separación de capas; ceja dañada, en las cuerdas o en los alambres y cuerdas abiertas en el armazón.

El raspado es la eliminación de la superficie desgastada de la cubierta de la llanta a renovar. Los objetivos principales de esta operación son: remover la superficie desgastada y oxidada y el dibujo remanente en el casco; se le da una textura adecuada para una mejor adherencia del piso nuevo y desarrollar en el casco el contorno adecuado para proporcionarle un ajuste exacto en la matriz correspondiente.

La máquina de raspado consiste en una rueda giratoria provista en su superficie de una serie de cardas afiladas. Esta superficie se hace coincidir con la superficie de la cubierta a raspar, habiendo colocado el casco previamente en un rin giratorio y a la presión de inflado especificada, dando así el contorno y la aspereza adecuada a la superficie del casco.

El piso del casco se rebaja cuidadosamente sin desgarrar, ni rajar la superficie, además con la mínima generación de calor y evitando el raspado muy profundo que pudiese exponer las cuerdas y aún cortarlas. Para lograr esto, la rueda de raspado puede moverse en diferentes direcciones para lograr el corte deseado, además de que puede variarse la profundidad en el corte según se desee. Para el contorno se usan normalmente plantillas según el tamaño de la llanta.

El cementado es la aplicación de una sustancia adherente (cemento), sobre la superficie del casco raspado. Su aplicación es fundamental para lograr una adhesión adecuada

a la superficie del casco en la adaptación del nuevo piso en banda y así evitar las fallas de separación del renovado en servicio.

La construcción o armado con hule piso de banda, consiste en que el casco cementado se coloca en la rueda giratoria de la máquina de construcción y el rollo de hule piso frente a ella. Se desenrolla una cantidad conveniente quitándole simultáneamente la película protectora y se corta el extremo inicial al ángulo deseado para la unión. El piso se aplica colocando la superficie acojinada sobre el casco y centrándolo perfectamente. Una vez cubierta toda la llanta se traslapa el extremo final sobre el inicial alrededor de $\frac{1}{4}$ de pulgada y se corta enseguida ese extremo final a un ángulo tal que las superficies cortadas coincidan estrechamente, ligándose perfectamente y presionando la unión con una carretilla. Para el asentado final del nuevo piso se procede a carretillar del centro hacia las orillas para expulsar el aire atrapado.

Otro caso es la construcción con extrusor en donde existen dos tipos disponibles.

El primero constituye una tira relativamente delgada y angosta que envuelve mecánicamente al casco siguiendo un patrón y que controla electrónicamente el espesor y el contorno del renovado por aplicar.

El segundo tipo destruye una banda de material con un ancho y espesor especificado, similar en apariencia al hule piso en banda; el tamaño se obtiene por medio de un dado con la forma adecuada.

Finalmente, el equipo para efectuar la vulcanización del renovado está formado por la matriz, la bolsa de vulcanización y el rin. Este equipo está codificado en forma cruzada de tal manera que a cada medida de la llanta le corresponde una matriz, un rin y una bolsa específica. Todo esto es con el fin de ajustar la llanta a la matriz en forma precisa lográndose así una correcta vulcanización.

Dentro de la vulcanización existe una serie de factores estrechamente ligados entre sí que la determinan: temperatura, presión y tiempo.

2.1.1. Temperatura

El suministro de calor puede provenir mediante vapor para lo que será necesario el uso de calderas generadoras. La rapidez de transferencia de calor entre la fuente de vapor y el hule piso a vulcanizar, variará particularmente entre diferentes fabricantes y tipos de equipos. El equipo puede calentarse eléctricamente manteniendo la temperatura deseada en la matriz mediante el uso de termostatos.

Es práctica común que todas las matrices se mantengan a una temperatura de 300° F en la superficie del piso durante el ciclo de vulcanización, por lo que es necesario que el suministro de calor se efectúe a una temperatura entre 295 y 305° F.

2.1.2. Presión

Para que el hule se vulcanice hasta el estado sólido necesario y además se una al casco, se requiere que la totalidad del material, el piso y el área del piso, se

encuentren completamente confinados y sujetos bajo presión durante todo el ciclo de vulcanización. Esta presión se ejerce por medio de la bolsa de vulcanización, en la parte interior de la llanta y por la matriz, en la externa. La presión se genera por medio de un compresor de aire.

2.1.3. Tiempo

El tiempo requerido en el renovado depende de:

- Sistema de vulcanización del compuesto renovado, tamaño y espesor del casco.
- Temperatura de la fuente de calor y temperatura en la superficie de la matriz.
- Eficiencia en la transferencia de calor de la matriz.
- Diseño del piso de la matriz.
- Espesor del hule piso.
- Distribución del hule piso en el casco.

Ha sido costumbre en las renovadoras el establecer el tiempo de vulcanización en base de minutos por 1/32 pulgadas de espesor del hule de piso. Este criterio se ha mantenido en muchas renovadoras como regla empírica conveniente. La determinación exacta de dicho tiempo requiere de un estudio de flujo de calor y su desarrollo en diferentes puntos de la llanta mediante termopares.

2.2. USO EN LA INGENIERÍA

Las llantas usadas enteras son utilizadas desde hace décadas en numerosas aplicaciones de la Ingeniería, tales como:

- Señalamiento de los costados de las carreteras.
- Elemento de contención en parques y terrenos de juego.
- Rompeolas.
- Obstáculos para el tránsito.
- Arrecifes artificiales para la cría de peces y mariscos.
- Proyectos para la construcción de rellenos sanitarios considerando la estabilización del manto impermeable con una estructura de cauchos amarrados entre sí.

A continuación algunas técnicas que nos muestran el como o las posibles alternativas de uso que pueden tener el neumático desechado.

2.2.1. PRODUCCIÓN DE CAUCHO EN POLVO

Diferentes empresas ofrecen el reciclaje de llantas usadas para ser convertidas en caucho en polvo que será destinado a numerosos usos (asfalto, pista atlética, parques infantiles, etc.).

La aplicación denominada "asfalto modificado con goma" ha recibido un gran apoyo por parte del gobierno norteamericano, que pretende incrementar el reciclaje de llantas usadas incentivando su incorporación al asfalto empleado en la pavimentación de carreteras.

El proceso supone la incorporación del caucho en pedazos o en polvo. A pesar de su mayor costo, el agregado de neumáticos al pavimento puede hasta duplicar la vida útil de la vía, debido a que el caucho le confiere propiedades de elasticidad ante las variaciones de temperatura. También reduce el ruido de los vehículos que transitan por la vía.

2.2.1.1. ASFALTADO

El asfalto ahulado, es un material que propicia carreteras duraderas, debido a varias propiedades que adquiere en su fusión con el hule:

- Elasticidad que es la resistencia al agrietamiento;
- Flexibilidad, que permite su adecuación al movimiento de la superficie;
- Impermeabilidad, da estabilidad a la estructura, al impedir la filtración de humedad en los sentidos descendente y ascendente y además, evita la pérdida de los elementos volátiles;
- Cohesión y adhesividad, reduce el desmoronamiento que ocurre en el borde de las grietas;
- Antioxidante y antiozonante, con lo que retrasa su endurecimiento y desgaste. Confirmando su rendimiento superior al asfalto convencional, respecto a las características de fricción, abrasión y deshielo.

El asfalto modificado con el hule de las llantas usadas está definido como "una mezcla de cemento asfáltico, hule reciclado y ciertos aditivos en los que el hule representa por lo menos el 15% del peso total de la mezcla, el cual ha reaccionado lo suficiente con el cemento asfáltico para provocar la fusión e integración de las partículas de los componentes. "

Existen dos formas para utilizar las llantas en la producción de asfalto:

2.4.1. Caucho asfáltico

Normalmente empleado como material de sellado o como una capa relativamente fina entre dos capas de pavimento.

2.4.2. Hormigón asfáltico modificado con caucho

Los trozos de llanta sustituyen parte del árido asfáltico en la mezcla de pavimento; este hormigón se aplica de la misma forma que el asfalto convencional.

El caucho asfáltico es un hormigón asfáltico que se consigue calentando el asfalto a una temperatura cercana a los 204 °C o añadir caucho molido de un tamaño seleccionado y se mezclan los ingredientes durante 45 minutos. Normalmente, el caucho molido que se añade está entre el 15% y 25 % del total. Este caucho asfáltico debe prepararse unos minutos antes de ser usado, debido a que no puede almacenarse porque se dificulta mantener el caucho en suspensión.

Las plantas mezcladoras de caucho asfáltico, requieren de un equipo especializado ya que el caucho debe premezclarse con el árido asfáltico y se aplica de la misma forma que el hormigón asfáltico estándar.

Para fabricar caucho asfáltico, las llantas deben triturarse a un tamaño máximo de criba entre 16 y 25 mm. Si el caucho viejo no se muele suficientemente firme y las condiciones de digestión (mezcla y calentamiento) no son suficientemente severos, el cemento de caucho asfáltico resultante quedará debilitado y el árido podrá separarse.

El acero y fibras textiles se deben quitar del caucho, para que éste se pueda utilizar en el caucho asfáltico, cuyos usos son:

- Capas en fases de pavimentación.
- Capas intermedias absorbentes de tensiones para pavimentos.
- Lubricantes para rutas superficiales.
- Revestimientos para lagos y lagunas.

Añadir el caucho triturado al cemento asfáltico incrementando la ductilidad de la superficie, mejora la resistencia frente a las grietas y reduce la fragilidad en periodos cálidos.

El RUMAC, es una pavimentación asfáltica en la que parte del árido de la mezcla asfáltica será sustituida por llantas trituradas y molidas. Este método fue inventado en Suecia y esta patentado en EUA bajo el nombre de "Plus Ride" por la empresa Enviro Tire, de Seattle Washington, la cual utiliza todo el caucho de la llanta incluyendo las paredes laterales, el revestimiento central y el dibujo, reciclando todo menos el acero y la tela. El asfalto modificado "Plus Ride" es una combinación de cemento asfáltico, árido y caucho triturado de llantas usadas. Se ha utilizado en carreteras, calles y aeropuertos.

2.2.2. TRATAMIENTO Y DESTOXIFICACIÓN

Entre las tecnologías disponibles para el tratamiento y destoxificación de las llantas usadas, se encuentran los tratamientos térmicos: incineración, pirolisis o termólisis, a continuación se presenta una breve descripción de ellos.

2.2.2.1. INCINERACIÓN

La incineración de las llantas es un proceso de tratamiento que consiste en la transformación de los materiales combustibles en un producto gaseoso y un residuo sólido relativamente inerte y libre de microorganismos, compuesto por escorias y cenizas, basándose en una combustión controlada, vía oxidación a altas temperaturas. El producto gaseoso que se genera en este tipo de proceso, está compuesto principalmente por sustancias que se encuentran en la atmósfera como son: bióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O).

Este tipo de tratamiento se ha utilizado en Europa desde el siglo pasado, principalmente para este tipo de desechos y surge como necesidad debido a la falta de espacio para su disposición. En la actualidad, la incineración de desechos se utiliza en varios países del mundo, sin embargo, su adopción ha estado sujeta a las necesidades y condiciones de cada país. El proceso de incineración se ha utilizado principalmente para reducir el volumen de este tipo de desecho, y sobre todo para recuperar un 30% de energía calorífica; en forma de vapor o energía eléctrica, para su comercialización.

El proceso consiste en la combustión de los materiales orgánicos de las llantas. La combustión se realiza a temperaturas muy elevadas, lo que obliga a verificar los hornos, constituidos por materiales resistentes de alta calidad y de un costo elevado. Uno de los inconvenientes de la combustión es que se realiza a diferentes velocidades, así mismo existe la necesidad de instalar un limpiador de

emisiones y alimentar los hornos con pedazos de llanta de tamaño constante, también hay que hacer una selección de las llantas grandes, por lo que este proceso es considerado muy complejo.

La incineración es considerada un método exotérmico, ya que se genera una gran cantidad de calor que sirve como fuente de energía.

A. Tipos de procesos de incineración

a) HORNOS ROTATORIOS (FABRICACIÓN DEL CEMENTO)

El cemento se fabrica controlando el calentamiento de una mezcla triturada muy fina de material calcáreo (por ejemplo roca caliza), material arcilloso (arcilla o esquisto) y material silicio (arena), hasta alcanzar aproximadamente los 1,500 -1,600 °C en un horno rotatorio. Estos materiales proporcionan los elementos básicos necesarios en el cemento: calcio, silicio, hierro y aluminio. Las elevadas temperaturas provocan la descarbonización de la cal y la reacción subsiguiente con el silicio para formar silicatos de calcio. Las "escorias" de silicatos de calcio se trituran con yeso para producir el cemento.

Los hornos rotatorios son hornos cilíndricos, largos e inclinados, a través de los cuales pasan los ingredientes del cemento durante tiempos que van desde una a cuatro horas. Debido a su alta temperatura de operación y al largo tiempo de residencia de los gases de combustión en la zona de quemado, los hornos de cemento tienen capacidad para utilizar de una forma segura una amplia variedad de combustibles derivados del petróleo, incluyendo llantas

usadas, de modo que son un buen combustible auxiliar para los hornos de cemento que queman carbón o aceite, asimismo:

1. Su valor calorífico es mayor al del carbón utilizado para fabricar el cemento, (una llanta equivale a 20 libras de carbón).

2. Su contenido en acero proporciona hierro adicional al cemento. Su contenido en nitrógeno, azufre y cenizas es menor que el del carbón típico.

Las altas temperaturas operativas en el horno permiten la combustión total de las llantas usadas y la oxidación total del acero sin que afecte negativamente la operación del horno. Por lo tanto, no es preciso separar el reforzamiento de acero antes de utilizar a la llanta usada como combustible. De hecho, como el hierro es uno de los ingredientes básicos del cemento, y la temperatura en los hornos de cemento es lo suficientemente alta como para conseguir la combustión total del acero que se convierte en óxido de hierro, el quemado de las llantas usadas o del combustible derivado de ellas con contenido en acero reduce los costos en materias primas para algunos hornos. La fabricación del cemento es energético y requiere unos 160 KWh de energía por tonelada de escoria de cemento producida.

La forma en que las llantas usadas pueden utilizarse como combustible derivado, depende de la configuración del horno. Las llantas usadas pueden tener un pre tratamiento como la molienda para tener partículas muy pequeñas llamadas "migajas" o piezas de un tamaño mayor entre 2X2 cm hasta 15X15 cm, o pueden ser alimentadas al horno enteras. Este último es el método más utilizado ya que no requiere de un pre tratamiento que puede llegar a incrementar los

costos de tratamiento, las llantas usadas enteras se alimentan en el horno mediante un sistema mecánico diseñado para cargarlas y alimentarlas.

Las llantas usadas proporcionan del 10 al 25 % del valor calorífico total del combustible; el consumo anual en una planta de tipo medio varía entre los 2 y 3 millones de llantas usadas, éstas han sido utilizadas ampliamente en Europa y Japón como combustible alternativo en los hornos de cemento durante varios años, e incipientemente en México durante la última parte de la década de los 90's.

El uso de las llantas usadas como combustible en los hornos de cemento reduce la producción de óxidos de nitrógeno y no incrementa significativamente los componentes restantes de las emisiones atmosféricas. Esto se debe a las características favorables de las llantas usadas en comparación con los carbones que normalmente se utilizan en la fabricación del cemento. El contenido medio de azufre en las llantas usadas está entre el 1.23% en peso, frente al 1.59% en el carbón; el contenido en nitrógeno también es más bajo que el del carbón 0.2% en peso, frente al 1.76%; el contenido en cenizas es en promedio el 4.7% en peso y el de carbón el 6.23%; el azufre se incorpora a la cal de calcinación en forma de carbonato cálcico, que es una materia prima en la fabricación de cemento; toda la ceniza se añade al cemento, de esta forma no hay desechos (residuos) procedentes de las llantas en los hornos de cemento; no se ha descrito ningún efecto adverso sobre la calidad del cemento.

2.2.2.3. PIRÓLISIS

Los residuos industriales son: plástico, fibras de vidrio, cubiertas de cable, aglomerado, solventes, tintas, químicos y residuos hospitalarios entre otros.

El sistema de pirólisis involucra la degradación térmica en ausencia de oxígeno. El beneficio de esta aplicación es la conversión de llantas usadas en productos agregados como oleofinas, cera y el hollín.

Este es un método de reciclamiento, y no sólo reduce el volumen de las llantas, sino que también genera otros compuestos químicos, para combustible.

El proceso general de la pirólisis consiste en el sometimiento de las llantas usadas a un proceso de trituración, donde posteriormente se introducen a hornos con temperaturas que van desde los 600 a los 800° C (en ausencia de oxígeno).

Los productos primarios son los gases pirolíticos y los aceites, entre otros. Los aceites se trasladan a procesos adicionales para la fabricación de productos secundarios.

Utilizando un horno para el aceite y las cenizas libres se convierten en carbón negro de alta calidad, y como una alternativa, se pueden separar los aceites por medio de la destilación. El producto final, que se obtiene con esta tecnología, es el denominado negro de humo. Este producto es esencial para la fabricación de llantas nuevas, por lo que su mercado está asegurado siempre que se garantice la pureza del producto obtenido.

2.2.2.4. TERMÓLISIS

Este proceso consiste básicamente en someter el material (llanta triturada) a un calentamiento en ausencia de oxígeno (atmósfera inerte), provocando así la ruptura de los enlaces químicos (craqueo), dando lugar a la aparición de cadenas cortas, medias y largas de hidrocarburos, que constituirán la fase gaseosa y sólida.

El procedimiento que es requerido en este tipo de sistema es la preparación de las llantas usadas, después someterlas a la termólisis, seguido del aprovechamiento de los materiales obtenidos, y finalmente la producción y/u obtención de la energía eléctrica.

Las ventajas principales son que existe una ausencia de combustión o quema directa en el material base, además se genera un aprovechamiento integral de la llanta usada, es decir, hay una separación de materiales a baja temperatura antes de que entre a la caldera, conservando éstos, sus propiedades originales, con la ventaja que ello conlleva.

Existe también un rendimiento energético global, en donde la termólisis permite la transformación de los componentes principales de la llanta usada en carbono y gas (combustibles convencionales). También hay una rápida amortización debido al bajo costo de la instalación, la capacidad de cada planta es de 10,000 a 20,000 toneladas anuales, consiguiendo una producción eléctrica de 2.5 a 5 MW, respectivamente.

La descripción de una Planta completa, de eliminación y aprovechamiento de las llantas usadas mediante termólisis consta fundamentalmente de cuatro etapas:

- Preparación de llantas para su tratamiento
- Termólisis
- Aprovechamiento de los materiales obtenidos
- Producción de energía eléctrica

Mediante el proceso de termólisis se produce una recuperación integral de todos los compuestos originales de las llantas, lo que supone un 100% de aprovechamiento de todos sus componentes originales. Los productos obtenidos de la aplicación de la termólisis a las llantas usadas son dos:

HIDROCARBUROS: Al ser combustible de alto poder calorífico, pueden ser introducidos en una caldera de vapor para el aprovechamiento energético mediante turbina.

CARBÓN: Debido a las cualidades que poseen se convierten en combustibles de alto poder calorífico y se podrán introducir, al igual que los anteriores, en la caldera de combustión. Las cenizas obtenidas en la combustión de los carbones, son depuradas mediante un sencillo tratamiento que permite su empleo en la fabricación de hormigones y otros materiales de construcción homologados.

2.3. REGENERACION DEL CAUCHO

Este método se realiza con cubiertas de estructura textil, se recupera con gran calidad la goma de cubiertas de estructura de alma de acero de las llantas.

La regeneración se puede realizar por medio de dos fases:

La llanta se tritura o muele con un cilindro estriado o con otro sistema que realice una reducción de 1 a 2 mm. Se mezcla con aceites minerales, desvulcanizadores, etc., posteriormente se introduce a una autoclave para desvulcanizarla, y como producto final se obtiene el caucho reciclado, que tiene como características ser un material blando y pegajoso equivalente al caucho virgen.

En el proceso de regeneración del caucho, el reciclado se mezcla con una porción de caucho virgen (5 al 10%), azufre y otros productos en calderas de vapor de agua. Aquí es donde se produce la vulcanización, en esta fase de la regeneración del material que se obtiene es en forma de placas que se transforman en alfombrillas para automóvil, suelas, etc.

2.4. Usos Agrícolas

Las llantas usadas son una imagen común en la mayoría de las granjas. Su utilización varía desde servir para anclar lonas colocadas sobre los alimentos para animales, hasta formar bordes en las carreteras. La cantidad de llantas usadas utilizadas en esta forma es limitada. La mayor diferencia, sin embargo, radica en que la agricultura normalmente usa llantas procedentes del equipo agrícola, que son más grandes, pesadas y difíciles de procesar que las llantas de coches y camiones. Por lo tanto, esta utilización especializada juega un papel importante dentro de la evaluación global y reciclaje de las llantas usadas.

2.5. RELLENO SANITARIO (MONORRELLENO)

Aunque la disposición final de llantas usadas en relleno sanitario no es una de las alternativas ambientales preferida, las llantas trituradas pueden disponerse en estas instalaciones sin dificultad y sobre todo si se trata de rellenos exclusivamente concebidos para la disposición final de llantas (de ahí el prefijo mono), ya que tienen capacidad para alojar cantidades importantes de los residuos ya triturados.

Como en la mayoría de alternativas aquí presentadas para la disposición final de los neumáticos desechados, es fundamental que estos se encuentren triturados, a continuación se presentan las técnicas de trituración:

2.5.1. TRITURACIÓN

2.5.1.1. Trituración o molienda mecánica

Consiste en romper la llanta mecánicamente, en partículas pequeñas. El acero es retirado por medio de un separador magnético (cribas vibratorias y separadores convencionales, como la centrífuga, etc.).

Los componentes de fibra o textil son separados por clasificadores neumáticos u otro equipo de separación; estos sistemas tienen un alto desempeño y pueden producir caucho de costo relativamente bajo; este sistema es fácil mantenerlo y exige poca mano de obra para operar y reparar el sistema. En el caso de las partes del equipo, son generalmente fáciles de obtener e instalar.

Las ventajas que ofrece son productos de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas; lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y

aplicaciones. Este método puede ser también una etapa previa a la mayoría de las demás soluciones para el aprovechamiento rentable y eficaz de estos residuos y sobre todo favorece la ausencia de compuestos contaminantes en el medio ambiente.

El proceso para la trituración, consiste inicialmente en la clasificación de los desperdicios, después se desmenuza en molinos de trituración y se clasifican por su tamaño mediante una operación de tamizado.

Una de las alternativas para variar la capacidad de la trituradora y como consecuencia, el tamaño del producto resultante consiste en el cambio de la configuración de la cuchilla. Generalmente el material triturado tiene un ancho aproximadamente igual al de la cuchilla. Sin embargo la longitud del producto no puede ser definida de la misma forma, siendo normalmente inferior al de la longitud de la cuerda entre los dientes consecutivos en la misma cuchilla y cuanto mayor sea el número de diente, los productos obtenidos tendrían menor dimensión. No obstante, es necesario tener en cuenta la potencia del corte que limita el número final de elementos. La elección entre menor espesor de la cuchilla y el mayor número de dientes tiende a inclinarse en favor del primero, debido al menor trabajo requerido sobre la superficie de la cuchilla.

2.5.1.2. Trituración Criogénica

En este tipo de sistema se utilizan las llantas usadas enteras. El procedimiento es congelar con nitrógeno líquido a las llantas, y golpearlas para que puedan liberar la estructura metálica o textil del caucho, recogándose éste último en forma de polvo y el nitrógeno en forma de gas.

Se aplica una pequeña parte del caucho regenerado (dependiendo de la finura del polvo de goma) para la fabricación de cubiertas de menores requerimientos técnicos, como para maquinaria agrícola, carretillas etc., también en el ámbito de la construcción y obras públicas, pistas de atletismo, asfaltado de carreteras y otras vías públicas.

Dentro de este tipo de instalación existen algunas desventajas, como la baja calidad de los productos, así obtenidos, que salen como mezcla de los diferentes materiales que conforman a la llanta antes de ser procesada. Requiere de instalaciones complejas, y de alto costo, tiene una gran dificultad de mantenimiento de la maquinaria y de su proceso, se tiene una gran dificultad material y económica para purificar y separar al caucho del metal y de los materiales textiles que también están presentes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

1. Al estimar la producción de neumáticos desechados que se generan en el parque automotor de Riobamba se puede llegar a tener un valor aproximado de estos residuos, en la producción que se estarían generando en un año y con este valor poder desarrollar el plan de Manejo y Disposición Final.
2. Es importante Identificar los puntos para la recolección de muestras para el presente estudio, ya que estos nos ayudan a recolectar las distintas clases y tipos de neumáticos por zonas, para posteriormente mezclar y hacer una sola muestra a analizar.
3. La caracterización de la muestra a ser parte del estudio es fundamental ya que con este se tiene referencia de los valores tanto Físico-Químicos como Químicos del Neumático, con estos nos ayudan a saber de que esta compuesto la muestra a analizar.
4. Las muestras analizadas en el calorímetro adiabático se encuentran dentro de los rangos de los poderes caloríficos de Neumático Desechado, y que estas pueden servir como combustible alternativo como lo sería en una empresa de producción de Cemento.
5. Sería rentable implementar una empresa de recolección y suministro de neumáticos desechados, para ser vendidos a la industria del cemento, en donde serán incinerados, aprovechando tanto el contenido

energético como las cenizas del neumático en el proceso de fabricación del cemento en nuestra ciudad.

6. La valorización energética de neumáticos desechados al interior de los hornos de cementos da absolutas garantías de limpieza de los gases de combustión y de captura de los elementos peligrosos al interior de la estructura cristalina del cemento, esto debido al contacto íntimo entre las materias primas y los gases de combustión. Esta técnica, cuenta con el apoyo de las autoridades ambientales de los países desarrollados en los que se ha implantado, y la experiencia acumulada indica que se trata de un proceso seguro, bien estudiado, y que en la práctica presenta la mejor alternativa de eliminación de neumáticos en términos de ecobalance.

7. La iniciativa de plantear un PLAN DE DISPOSICION FINAL DE LOS NEUMATICOS DESECHADOS, es una solución viable en nuestro país y en nuestra ciudad, ya que el parque automotor va en aumento, para enfrentar el problema de la contaminación del ambiente, transformando residuos que no tienen la posibilidad de ser reciclados para su propósito original (y que además afectan el proceso de degradación de la basura) en un combustible de alto poder calorífico cuando es factible y cuando no lo es provee alternativas de manejo y disposición final ayudando a la conservación del ambiente.

8. Por todos los antecedentes recopilados en este estudio y los resultados obtenidos en los análisis, podemos concluir que en la actualidad y bajo las condiciones

de sensibilidad y riesgo descritas, harán de éste un proyecto interesante y rentable en corto plazo.

6.2. RECOMENDACIONES

1. En el caso de que se un alza en los precios de los combustibles y este repercuta en una mejor cotización del neumático desechado como combustible alternativo, se recomienda invertir en una empresa recolectora que resultaría altamente atractiva.
2. Es aconsejable tener un mercado y políticas de gobierno que se encarguen de buenos manejos y

disposiciones adecuadas de los neumáticos desechados y abran las posibilidades para que surjan nuevos incentivos, los cuales se conviertan en un elemento fuerte tanto en la parte Económica como la Ambiental, para que los empresarios vean en este tipo de proyectos una clara oportunidad de negocio.

3. Determinando el potencial energético de los neumáticos desechados los resultados son excelentes como fuente energética, pudiendo ser tomados estos tipos de residuos como una fuente de referencia para que se haga estudios a otros tipos de residuos que no tienen un manejo y disposición final adecuados.
4. Es necesario recomendar a las autoridades municipales que muestren mas interés sobre temas ambientales ya que el objetivo principal es vivir en un ambiente sano y libre de contaminación, y con esto manifestar que para posteriores investigaciones brinden el apoyo y la preocupación necesaria para la elaboración de cualquier proyecto que tenga un fin ambiental.
5. Se recomienda que las autoridades de la Facultad adquieran los equipos necesarios para poder hacer estos estudios, ya que son muy importantes para el aprendizaje de nuestra carrera

RESUMEN

7. RESUMEN

Este estudio se basó en el análisis el potencial energético de los neumáticos desechados de la ciudad de Riobamba, para la identificación de los posibles usos como combustible alternativo y su correcto plan de manejo y disposición final de este tipo de residuos que se están convirtiendo en una gran molestia en nuestra ciudad por sus grandes dimensiones que dificultan su almacenaje.

Las encuestas y los análisis se realizó durante los meses de Junio a Octubre del 2008, donde se determinó la cantidad del parque automotor de Riobamba en 50.000 vehículos, datos obtenidos en la Jefatura Provincial de Transito, los cuales generan alrededor de 177.260 neumáticos usados al año en la ciudad esto se determinó por medio de encuestas en las distintas concesionarias y distribuidoras de neumáticos, las zonas de monitoreo elegidas fueron 24 de las 68 vulcanizadoras existentes en el perímetro urbano por su ubicación e importancia, el análisis del Poder Calorífico que se lo realizó en el laboratorio de Coloideoquímica de la Universidad Central del Ecuador.

Con los resultados obtenidos en este estudio se pudo determinar que el poder energético es el adecuado y pues oscila entre 6.500 a 9.000 cal/g, pudiendo ser usado como combustible alternativo, por ejemplo, en la Industria Cementera. Como un aporte para la solución de este problema se elaboró un Plan de Manejo y Disposición Final de estos residuos. Pudiendo servir como referencia para posteriores estudios.

SUMMARY

8. SUMMARY

This study was based on the analysis the power potential of the rejected tires of the city of Riobamba, for the identification of the possible uses as combustible alternating and its correct plan of handling and final disposition of this type of residues that are becoming a great annoyance in our city by their great dimensions that make difficult their storage.

The surveys and the analyses were realised during the months of June to October of the 2008, where the amount of the vehicle park of Riobamba in 50.000 vehicles was determined, data collected in the Provincial Headquarters of Transit, which generate around 177,260 tires used to the year in the city this determined by means of surveys in the different concessionaires and distributors from tires, the chosen zones of monitoring were 24 of the 68 existing vulcanizadoras in the urban perimeter by their location and importance, the analysis of the Calorific Power that was realised it in the laboratory of Coloideoquímica of the Central University of Ecuador.

With the results obtained in this study it was possible to be determined that the power power is the adapted one and because cal/g oscillates between 6,500 to 9,000, being able to be used like alternating fuel, for example, in the Cementera Industry. As a contribution for the solution of this problem elaborated a Plan of Handling and Final Disposition of these residues. Being able to serve like reference for later studies.

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 2

Foto 1. Vulcanizadora



Foto 2. Distribuidora de Neumáticos



Foto 3. Neumático Desechado Marca Kumho



Foto 4. Neumático Desechado Marca Yokohama



Foto 5. Neumático desechado Marca General



Foto 6. Neumático desechado Marca Bridgestone



Foto 7. Lugar donde se realizo el análisis(Universidad Central)



Foto 8. Calorímetro Adiabático



Foto 9. Inyección de oxígeno a la muestra

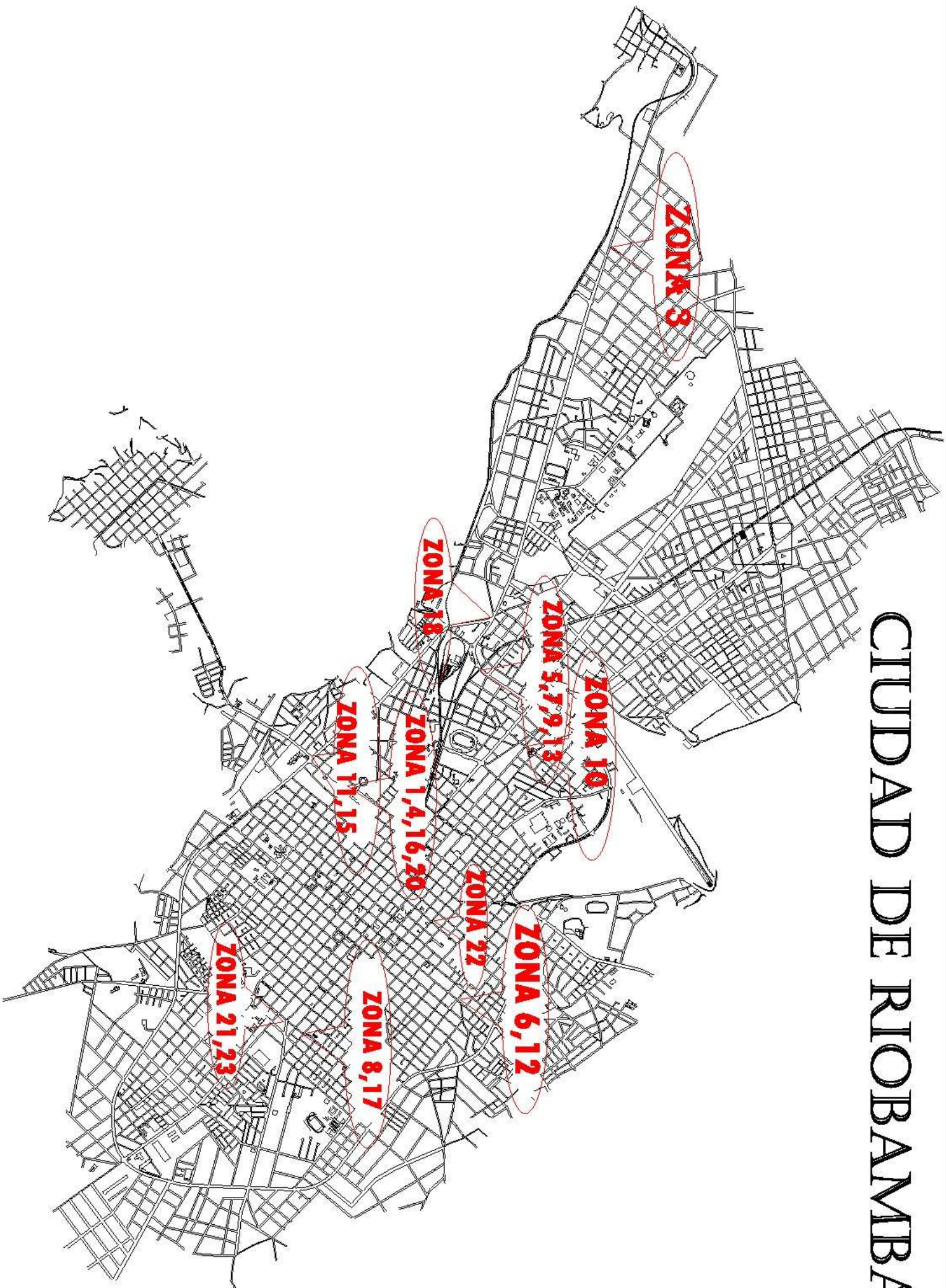


Foto 10. Asegurando el Calorímetro Adiabático



ANEXO 3

CIUDAD DE RIOBAMBA



DISTRIBUCION POR ZONAS

