

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

**PROPUESTA ECONÓMICA, TÉCNICA Y OPERATIVA PARA LA
CREACIÓN DE UNA EMPRESA RECICLADORA DE LLANTAS
DESECHADAS DE VEHÍCULOS PARA PRODUCIR POLVO DE
CAUCHO Y COMERCIALIZARLO EN LA CIUDAD DE QUITO:
CASO PRÁCTICO APLICACIÓN EN EL ASFALTO.**

**TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:
MAGISTER EN GERENCIA EMPRESARIAL**

ING. PABLO RENÁN MORA CAMPOS

pablomoracampos@gmail.com

ING. MANUEL MESÍAS CHICAIZA DEFAS

mesias_chd@hotmail.com

Director: MAT. GUSTAVO HERRERA PIEDRA, MSC.

gustavofhp@yahoo.com

2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Pablo Renán Mora Campos y Manuel Mesías Chicaiza Defas, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Pablo Renán Mora Campos

Manuel Mesías Chicaiza Defas

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Renán Mora Campos y Manuel Mesías Chicaiza Defas, bajo mi supervisión.

MAT. GUSTAVO HERRERA PIEDRA, Msc.
DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido llegar hasta estas instancias de mi vida.

Un agradecimiento especial al Matemático Gustavo Herrera por su capacidad, tiempo y paciencia en la dirección del presente proyecto.

A todos los maestros de la Facultad por transmitir sus conocimientos y poderlos poner en práctica en el presente estudio y en la vida profesional.

Al señor Jorge Apolo Ati, jefe de planta de la empresa Reencauchadora Ecuador, quien nos facilitó las partículas de caucho. Al Ingeniero Jaime Rivera, Gerente de Obras Públicas de la Epmmp, por la apertura brindada; al Doctor Patricio Vela, coordinador institucional y su asistente la señora Alexandra Vera, por la gestiones asistidas; así como al Ingeniero Víctor Molina, Jefe del Laboratorio de Suelos por las facilidades prestadas y al señor Marcelo Pacheco (laboratorista) por su experiencia y conocimientos compartidos.

A todas las personas e instituciones que directa e indirectamente brindaron su colaboración para la realización del presente estudio.

Pablo

Agradezco especialmente a mi compañero Pablo Mora quien con su impulso y dedicación logramos culminar esta tesis.

También a nuestro director Gustavo Herrera por sus conocimientos brindados en el presente estudio.

Manuel

DEDICATORIA

A mis hijos; Salomé y Renán.

A mi esposa; Sadye.

A mis padres; Lupita y Jaime.

A mi hermana y sobrina; Mariela y Cathy.

A mis familiares, amigos y conocidos a quienes compartí la idea de este proyecto y me brindaron su apoyo moral para continuar.

Finalmente, a la memoria de familiares y amigos que ya no están entre nosotros.

Pablo

Dedico esta tesis a toda mi familia y amigos; a los sueños y esperanzas que a futuro nos permitan convertir este proyecto en realidad.

Manuel

INDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
LISTA DE FOTOS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XI
ANEXOS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPITULO 1	1
INTRODUCCION	1
1.1 HISTORIA DEL CAUCHO	1
1.1.1 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	2
1.1.2 TIPOS DE CAUCHO	3
1.2 GENERALIDADES DE LAS LLANTAS	3
1.2.1 TIPOS DE LLANTAS	4
1.2.2 ESTRUCTURA DE LA LLANTA	5
1.2.3 COMPONENTES DE LA LLANTA	6
1.3 MERCADO DE LLANTAS EN EL ECUADOR	8
1.3.1 OFERTA DE LLANTAS	8
1.3.2 IMPORTACIONES DE LLANTAS	9
1.3.3 DEMANDA DE LLANTAS	10
1.4 ESTIMACIONES DE LAS LLANTAS DESECHADAS	10
1.4.1 LOS DESECHOS EN LA CIUDAD DE QUITO	10
1.4.4 GESTORES DE RESIDUOS EN QUITO	12
1.4.1 EL PARQUE AUTOMOTOR A NIVEL NACIONAL	15
1.4.2 EL PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE QUITO	16
1.4.3 DETERMINACIÓN Y PROYECCIÓN DE LLANTAS DESECHADAS EN QUITO	17

1.5	EFFECTOS AMBIENTALES Y DE SALUD POR EL MANEJO INADECUADO DE LLANTAS DESECHADAS	19
1.5.1	EFFECTOS AMBIENTALES	19
1.5.2	EFFECTOS DE SALUD	20
1.6	APROVECHAMIENTO DE LAS LLANTAS DESECHADAS	21
1.6.1	COMBUSTIBLE DERIVADO DE NEUMÁTICOS	21
1.6.2	INGENIERÍA CIVIL	24
1.6.3	CAUCHO TRITURADO DE LLANTAS	25
CAPITULO 2		26
MARCO TEÓRICO		26
2.1 EL RECICLAJE		26
2.1.1 TIPOS		26
2.1.2 LAS 3 R`s		26
2.1.3 NORMATIVA AMBIENTAL		27
2.2 EVOLUCIÓN DEL RECICLAJE DE LLANTAS DESECHADAS		28
2.3 EL POLVO DE CAUCHO DE LLANTAS DESECHADAS		35
2.3.1 PROCESOS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO		37
2.3.2 TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN TÉRMICA		39
2.4 APLICACIONES DE GRANULO DE CAUCHO		42
2.4.1 APLICACIONES ATLÉTICAS Y RECREACIONALES		42
2.4.2 APLICACIONES PARA PRODUCTOS MOLDEADOS		42
2.4.1 APLICACIONES EN ASFALTO MODIFICADO CON CAUCHO		43
2.4.2 ASFALTO		43
CAPITULO 3		62
METODOLOGIA		62
3.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS LLANTAS DESECHADAS		62
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS INVOLUCRADOS QUE GENERAN DESECHOS DE LLANTAS A NIVEL NACIONAL		63
3.2.1 FABRICANTE		63
3.2.2 IMPORTADORES Y COMERCIALIZADORES		63

3.2.3 VULCANIZADORAS	63
3.3 DISEÑO DEL ENTORNO DE LA EMPRESA.....	65
3.3.1 ESTUDIO DE MERCADO.....	66
3.3.2 ESTUDIO COMERCIAL	72
3.3.3 REQUISITOS LEGALES Y DE FUNCIONAMIENTO PARA LA CONSTITUCIÓN DE UNA EMPRESA	75
3.4. CONSTRUCCIÓN DEL ESQUEMA OPERATIVO, TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA EMPRESA	76
3.4.1 ESQUEMA OPERATIVO	76
3.4.2 ESQUEMA TÉCNICO	82
3.4.3 ESQUEMA ECONÓMICO.....	89
3.4.4 POLÍTICAS DE LA EMPRESA.....	101
3.4.5 IMPACTOS DEL PROYECTO	102
3.4.6 INVOLUCRADOS DE LA EMPRESA	104
CAPITULO 4	105
RESULTADOS Y ANALISIS	105
4.1 APLICACION DE CAUCHO GRANULADO EN MEZCLAS ASFALTICAS	105
4.2 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DEL PRODUCTO DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS	106
4.3 APLICACIÓN Y PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GRÁNULOS DE CAUCHO	107
4.3.1 Elementos para elaboración briquetas de mezcla asfáltica en laboratorio	108
4.3.2 Comportamiento y condiciones de la mezcla convencional y modificada.....	112
4.3.3 Ensayo Marshall	113
4.4 EVALUACIÓN DE LOS PRIMEROS RESULTADOS EFECTUADOS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA.....	121
CAPITULO 5	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1 CONCLUSIONES.....	123
5.2 RECOMENDACIONES	127
REFERENCIAS	128

LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Recogida de Látex del árbol <i>Hevea Brasiliensis</i>	2
Foto 2 - Llantas desechadas en botaderos, escombreras y quebradas en Quito	11
Foto 3 - Quema de llantas en protesta policial Quito	20
Foto 4 - Fumigación llantas para prevenir dengue	21
Foto 5 - Llantas desechadas como combustible en horno de cemento	22
Foto 6 - Aprovechamiento de llantas enteras	24
Foto 7 - Aplicaciones de polvo de caucho en pistas atléticas y recreacionales.....	42
Foto 8 - Aplicaciones de polvo de caucho en productos moldeados.....	42
Foto 9 - Tipos de asfaltos para pavimentación	45
Foto 10 - Planta de Asfalto de la Epmmpop Quito	48
Foto 11 - Pavimento con fisuras y baches, calle Osorio, La Michelena, Quito	53
Foto 12 - Muestra de Pavimento Asfáltico Convencional.....	56
Foto 13 - Muestra de Pavimento Asfáltico Modificado	57
Foto 14 - Llantas desechadas en vulcanizadoras y comercializadoras de Quito	64
Foto 15 - Productos finales del proceso (Partículas de Caucho, Acero y Fibra Textil)	107
Foto 16 - Laboratorio de Suelos Epmmpop Quito	108
Foto 17 - Agregado mineral utilizado en los ensayos de laboratorio	108
Foto 18 - Asfalto utilizado en los ensayos de laboratorio	109
Foto 19 - Partículas de caucho utilizado en los ensayos de laboratorio	109
Foto 20 - Cuarteado agregados, serie de tamices, horno de secado y agregados en briqueta	110
Foto 21 - Mezcla agregados y asfalto para elaboración de briquetas	111
Foto 22 - Ensayo martillo Marshall a briquetas	111
Foto 23 - Briquetas Marshall convencional y modificada.....	113
Foto 24 - Briqueta Marshall ensayo estabilidad y flujo	117
Foto 25 - Ensayo módulo dinámico con máquina Cooper Technology, Epmmpop	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construcción Llanta Tipo Convencional	4
Figura 2 - Construcción Llanta Tipo Radial.....	4
Figura 3 - Llanta con cámara (<i>Tubetype</i>) y sin cámara (<i>Tubeless</i>).....	5
Figura 4 - Estructura de una llanta	5
Figura 5 - Producción Llantas ERCO (Unidades).....	8
Figura 6 - Demanda de Llantas Ecuador	10
Figura 7 - Evolución parque automotor a nivel nacional (unidades)	15
Figura 8 - Evolución de llantas desechadas en Quito 2009 a 2012 (toneladas)	18
Figura 9 - Proyección de llantas desechadas en Quito 2013 a 2018 (toneladas).....	18
Figura 10 - Esquema de Horno de Cemento alimentado por llantas desechadas	23
Figura 11 - Alternativas de rehúso y reciclaje las llantas desechadas	25
Figura 12 - Tamaños de Malla (Mesh)	35
Figura 13 - Esquema de Planta de Trituración Mecánica de Neumáticos.....	37
Figura 14 - Esquema de Planta de Trituración Criogénica de Neumáticos	38
Figura 15 - Esquema del Proceso de Pirolysis con llantas desechadas	39
Figura 16 - Esquema del Proceso de Microonda con llantas desechadas.....	41
Figura 17 - Principales componentes del Asfalto.....	44
Figura 18 - Proceso de elaboración mezcla asfáltica Epmmop, 2013.	49
Figura 19 - Diagrama de Aplicación Gránulos de Caucho por Vía Seca	59
Figura 20 - Diagrama de Aplicación Gránulos de Caucho por Vía Húmeda	59
Figura 21 - Proceso de mezcla asfalto con partículas de caucho.....	60
Figura 22 - Costo de mantenimiento de vías pavimentadas con mezclas convencionales y modificadas caucho en Arizona.....	61
Figura 23 - Tipos de recubrimiento de las vías del DMQ (kilómetros)	68
Figura 24 - Situación de la red vial asfaltada en el DMQ	69
Figura 25 - Proyección Oferta y Demanda de caucho 2014-2018 (Toneladas)	71
Figura 26 - Presentación del producto, partículas de caucho reciclado.....	73
Figura 27 - Organigrama de la Empresa.....	76
Figura 28 - Quito en la estrategia territorial nacional.....	77
Figura 29 - Red vial de la ciudad de Quito.....	78
Figura 30 - Mapa de ubicación zonas industriales del DMQ y posible localización planta	80

Figura 31 - Proyección capacidad producción partículas de caucho (Ton/Año).....	82
Figura 32 - Proceso de Trituración Mecánica de llantas para obtener partículas de caucho	85
Figura 33 - Diagrama de Flujo de Trituración Mecánica para partículas de caucho.....	85
Figura 34 - Mapa de distribución física de la planta de reciclaje de llantas.....	86
Figura 35 - Forma recomendada de almacenamiento llantas desechadas (pilas).....	89
Figura 36 - Punto de Equilibrio para Gránulo de Caucho Reciclado	99
Figura 37 - Proyección Punto de Equilibrio (5 años).....	100
Figura 38 - <i>Stakeholders</i> de la empresa recicladora de llantas.....	104
Figura 39 - Proceso de tamizado de partículas.....	106
Figura 40 - Estabilidad de las mezclas modificadas con caucho y 6,23% de asfalto.....	118
Figura 41 - Flujo de las mezclas modificadas con caucho y 6,23% de asfalto	118

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Componentes de una llanta	7
Tabla 2 - Importación de Llantas en Ecuador (miles unidades).....	9
Tabla 3 - Importación de Llantas por peso 2009 a 2012 (Toneladas)	9
Tabla 4 - Escombreras de basura en la ciudad de Quito.....	11
Tabla 5 - Gestores de Residuos en Quito, Marzo 2013	13
Tabla 6 - Destino de las llantas recolectadas por los Gestores	13
Tabla 7 – Llantas: Producción Nacional e Importación por tipo (Miles Unidades y Ton.)	14
Tabla 8 - Concentración del parque automotor a nivel nacional por provincia (unidades).	16
Tabla 9 - Composición parque automotor DMQ 2009 a 2012 (unidades)	17
Tabla 10 - Evolución de llantas desechadas en Quito 2009 a 2012 (toneladas).....	17
Tabla 11 - Poder calorífico de diferentes combustibles	22
Tabla 12 - Cementeras en Ecuador que utilizan llantas desechadas en sus hornos.....	23
Tabla 13 - Estado de la industria del reciclaje de llantas en algunos de los países	30
Tabla 14 - Empresas Reencauchadoras a nivel nacional	34
Tabla 15 - Conversión de partículas a escalas granulométricas	36
Tabla 16 - Tipo de cemento asfáltico según el Grado de Penetración	46
Tabla 17 - Tipo de cemento asfáltico según el Grado de Viscosidad a 60°C.....	46
Tabla 18 - Tipo de cemento asfáltico según clima y tráfico.....	47
Tabla 19 - Diseño de la mezcla asfáltica Planta Asfalto Epmmp.....	50
Tabla 20- Catálogo de deterioro de pavimentos flexibles	52
Tabla 21 - Principales polímeros utilizados en las mezclas asfálticas	56
Tabla 22 - Especificaciones para asfaltos modificados con polímeros SBS	57
Tabla 23 - Número de establecimientos, ingresos y empleo en la ciudad de Quito.....	65
Tabla 24 - Inflación, desempleo, subempleo y pobreza en la ciudad de Quito	65
Tabla 25 - Oferta máxima de caucho reciclado según disponibilidad de materia prima....	67
Tabla 26 - Proveedores de materia prima.....	67
Tabla 27 - Posible demanda de caucho plantas asfalto Quito 2013 (Toneladas).....	71
Tabla 28 - Precio del granulo de caucho en diferentes países	73
Tabla 29 - Cobertura de servicios básicos en el DMQ.....	79
Tabla 30 - Empresas industriales ubicadas en Quito.....	79
Tabla 31 - Criterios de decisión para ubicación planta reciclaje de llantas.....	81

Tabla 33 - Requerimiento producción caucho triturado	83
Tabla 33 - Maquinaria requerida para proceso de triturado de caucho	84
Tabla 34 - Buenas prácticas de almacenamiento llantas desechadas	88
Tabla 35 - Inversiones del proyecto	89
Tabla 36 - Estructura de la inversión.....	90
Tabla 37 - Detalles del Préstamo	91
Tabla 38 - Depreciación de los activos fijos.....	91
Tabla 39 - Resumen de Costos y Gastos por Kg de caucho producido.....	92
Tabla 40 - Estimación de ingresos y gastos proyectados (flujo de efectivo)	94
Tabla 41 - Flujos de efectivo netos esperados	95
Tabla 42 - Periodo de recuperación de la inversión	98
Tabla 43 - Análisis de sensibilidad.....	101

ANEXOS

ANEXO A - Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 011 para neumáticos.	134
ANEXO B - Constitución de la Republica del Ecuador, derechos del buen vivir, ambiente Sano.	136
ANEXO C - Ordenanza Municipal N° 213	138
ANEXO D - Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes emitida por el Ministerio de Obras Públicas, MOP-001-F-2002, Tomo II	141
ANEXO E - Muestreo y encuesta efectuado a vulcanizadoras y comercializadoras en la ciudad de Quito	146
ANEXO F – Pasos para la constitución de la empresa	148
ANEXO G - Maquinaria para trituración de llantas desechadas	152
ANEXO H - Detalle de inversiones del proyecto	158
ANEXO I - Tabla de amortización del préstamo	160
ANEXO J - Norma ASTM D 6114 Especificaciones Técnicas para mezcla Asfalto-Caucho	162
ANEXO K - Resultados ensayos efectuados en laboratorio de suelos EPMMOP	166
ANEXO L - Respuesta principales constructoras viales requerimiento caucho	172

RESUMEN

La presente tesis de maestría plantea una alternativa de uso de las llantas desechadas que justifique la viabilidad operativa, técnica y económica para crear una empresa recicladora de neumáticos que produzca partículas de caucho reciclado para la aplicación en mezclas asfálticas en la pavimentación de calles de la ciudad de Quito.

Para esto se muestra las diferentes opciones de aprovechamiento de las llantas desechadas enteras y así como también se detalla los métodos de reducción de tamaño para adquirir caucho reciclado.

El aumento del parque automotor en la ciudad es un factor determinante para el incremento de las llantas desechadas de vehículos, considerando que la ciudad capital concentra el 42% a nivel nacional con una tasa de crecimiento anual del 8%. El efecto es la generación de este desecho sólido que al no existir un adecuado tratamiento y disposición final termina en botaderos a cielo abierto, escombreras, quebradas y terrenos baldíos convirtiéndose en un elemento contaminante; la Organización Panamericana de la Salud las considera un lugar propicio para la proliferación de roedores, fauna nociva así como al quemarlas emiten gases tóxicos que al ser inhalados afectan a la salud humana.

Por otro lado, según la EPMMOP el 54% de las calles de la ciudad de Quito tienen recubrimiento de asfalto 1.644 km, de las cuales apenas el 33% es bueno, el 27% es regular, el 30% es malo y el 10% es muy malo; este deterioro se debe al clima y al tráfico vehicular que soportan, la última intervención significativa tuvo lugar en el año 1997.

En el desarrollo del presente estudio, se estableció que la mejor alternativa para obtener caucho triturado es mediante el proceso de trituración mecánica y en cuanto a maquinaria la mejor opción por capacidad de producción y costos es de la empresa Qindao Machinery Co.Ltd., de China. El lugar establecido para instalar la planta y realizar las operaciones es la zona industrial de Carcelén ya que cuenta con servicios básicos, red vial que facilita la accesibilidad, cercanía a la materia prima y a los potenciales clientes.

El estudio de mercado muestra el interés por parte de los principales consorcios viales encargados de la pavimentación de calles de la ciudad por adquirir este producto; El estudio financiero se estableció que para iniciar este proyecto se necesita de una inversión inicial de \$ 259.880. El financiamiento se efectuará a través de un crédito en la Corporación Financiera Nacional; las proyecciones financieras indican que el proyecto es rentable ya que la relación costo beneficio es mayor que 1, también se obtuvieron resultados positivos de Tasa Interna de Retorno (TIR) en 55.61% mayor que la Tasa de Descuento del 15.64%, el Valor Actual Neto (VAN) es de \$ 319.565, la inversión será recuperada en 2 años, lo cual determina la viabilidad económica del proyecto.

Finalmente los ensayos Marshall efectuados en el laboratorio de suelos de la EPMMOP a las briquetas de mezcla asfáltica con caucho triturado de llanta arrojan resultados favorables en cuanto a mejoramiento de propiedades técnicas y durabilidad que se traduce en mayor vida útil del pavimento de la ciudad.

Palabras Clave: Caucho reciclado, tasa de descuento, EPMMOP, ensayos Marshall.

ABSTRACT

This master thesis raises an alternative use of discarded tires to justify operational, technical and economic feasibility for the creation of a waste tire recycling company that produces recycled rubber particles to use in asphalt mixes for paving streets in Quito city.

For this reason, it shows the different options for the use of scrap tires as well as whole and detailed methods of size reduction to obtain recycled rubber.

The increase of vehicles on Quito city is a determining factor for the growth of vehicle waste tires, considering that the main city concentrates 42% nationwide of the total national park with an annual growth rate of 8%. The effect is the generation of this solid waste that vehicle and absence of adequate treatment and disposal ends up in dumps, ravines and vacant lots becoming a pollutant; according to Panamerican Health Organization they are considered a place conducive to the proliferation of rodents, vermin and harmful gases when burned emit toxic when inhaled affect human health.

On the other hand, according to EPMMOP, 54% of the city streets have asphalt coating around 1,644 km length, of which only 33% is good condition, 27% is regular condition, 30% bad condition and 10% is very bad condition, this deterioration is due to climate and supporting vehicular traffic. Last significant pavement took place in 1997.

In the development of this study, it was determined the best alternative to obtain ground rubber is through mechanical grinding process and the best choice for machinery production capacity and costs is Qindao Company Machinery Co.Ltd., from China. The specified location to install a plant and perform operations is at Carcelén industrial area because it has basic services, road network that facilitates accessibility, proximity to raw materials and potential customers.

Market study shows interest to main road companies responsible for the paving of city streets for purchasing this product, financial study established that to start this project requires an initial investment of \$259,880. Funding is made through a credit on Corporación Financiera Nacional, the financial projections indicate that the project is profitable because the cost-benefit ratio is greater than 1, it results were positive Internal Rate of Return (IRR) of 55.61% greater than the discount rate of 15.64%, the Net Present Value (NPV) is \$ 319.565. The investment will be recovered in two years which determines the economic viability of the project.

Finally, Marshall assays performed in EPMMOP's soils laboratory to asphalt briquettes crushed with rubber tire give favorable results in terms of yield to improved technical properties and durability, which results in longer life of the pavement of the city.

Keywords: Recycled rubber, discount rate, EPMMOP, Marshall assays.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 HISTORIA DEL CAUCHO

El Caucho tiene su lugar de origen en el centro y sur de América, ha sido recolectado durante mucho tiempo. Desde antes de la llegada de los europeos y su afán mercantilista, ciertos indígenas del amazonas lo llamaban *cautchouc*, o "árbol que llora" y lo usaron para hacer vasijas y láminas a prueba de agua. (Davis, 2005)

Según Bernal Díaz del Castillo, los colonizadores españoles se asombraron por los grandes saltos que lograban esas pelotas de goma de los aztecas. Los mayas también hacían un tipo de zapato de goma sumergiendo sus pies en una mezcla de látex. También fue usado, como tiras para sostener instrumentos de piedra y metálicos a mangos de madera. Los antiguos mesoamericanos, lo utilizaban a manera de juego donde utilizaban pelotas de goma. (Davis, 2005)

En Brasil, los habitantes aplicaban el látex en una rueda de paletas de madera que hacían girar en medio del humo producido por una hoguera y al repetir las inmersiones obtenían una bola de caucho ahumado. Entendieron el uso de caucho para hacer tela hidrófuga. Una historia dice que el primer europeo en retornar a Portugal desde Brasil con muestras de tela impermeable engomada impresionó tanto a la gente que fue juzgado por brujería. (Collier, 1981)

En 1887, el caucho pasó a ser el oro blanco de la selva sudamericana. Durante la Primera Guerra Mundial químicos alemanes fabricaron caucho sintético a partir de dimetil butadieno, en vez de isopreno. A partir de 1945 la producción de caucho sintético supera la de caucho natural, el cual sin embargo ha permanecido en el mercado. En la actualidad el sudeste asiático es el mayor productor de caucho natural a nivel mundial. (Davis, 2005)

Las características únicas del caucho natural han hecho que su demanda aumente por el desarrollo de las llantas, industria textil y calzado, las propiedades

específicas del caucho natural ayudaron a que no fuera reemplazado totalmente por el caucho sintético, se hicieron esfuerzos importantes en programas de investigación y desarrollo para establecer ventajas competitivas, uno de ellos surgió en Malasia en 1965 los cauchos técnicamente especificados (TSB Technically Specified Rubber) lo cual valorizo al caucho natural ya que garantizaba al comprador un producto con características específicas de elasticidad, color, nivel de impurezas entre otras. (Rural, 2006)

Estos esfuerzos han permitido que el caucho natural compita de forma más equitativa con el caucho sintético, este último puede producirse en cualquier parte del mundo y su desarrollo ha estado impulsado por los países desarrollados ante la imposibilidad de tener fuentes propias de caucho natural.



Foto 1 - Recogida de Látex del árbol *Hevea Brasiliensis*

Fuente: (Royal Botanic Plants, 2012, <http://www.kew.org/plants/rubber.html>)

1.1.1 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El látex del caucho es un líquido poco viscoso y de aspecto lechoso, constituido por una suspensión acuosa coloidal de partículas de caucho de 0,5 a 3 μ de diámetro. Aparte del agua se encuentran algunas proteínas naturales, resinas y azúcares. (Ortuño, 2006)

Químicamente, el caucho natural es un polímero del metilbutadieno o isopreno cuya fórmula es (C₅H₈). (Ortuño, 2006)

1.1.2 TIPOS DE CAUCHO

Existen diferentes tipos de cauchos y estos se pueden clasificar en dos grandes grupos: el Caucho Natural (Natural Rubber) y el Caucho Sintético (Synthetic Rubber). La principal diferencia entre ambos radica en el origen de las materias primas. Más del 60% de la producción del caucho natural es utilizado para la fabricación de llantas. (FAO, 2004)

1.2 GENERALIDADES DE LAS LLANTAS

El origen de las llantas ó ruedas neumáticas se remonta al año 1845 cuando *Scot Robert Thomson*, con el objeto de mejorar el confort de los carruajes de caballos, aplico un tubo hinchado al perímetro de una rueda de madera. Sin embargo, su invento no tuvo aceptación y hubo que esperar al año 1888 para que *John Dunlop*, aplicando el mismo diseño a una rueda de bicicleta, inventara la rueda neumática. La primera aplicación del neumático a un vehículo de motor fue llevada a cabo por los hermanos *Andre y Edward Michelin* en el año de 1898. (Pablo Luque Rodríguez, 2003)

Las llantas son el único punto de contacto del vehículo con el suelo y deben asegurar funciones como: rodar, guiar, sustentar, transmitir y durar. Estas funciones garantizan seguridad, confort y ahorro.

1.2.1 TIPOS DE LLANTAS

1.2.1.1 Por su construcción: existen dos tipos de neumáticos:

- ✓ **Convencionales:** Su carcasa está constituida por telas y cuerdas dispuestas diagonalmente y alternadas formando ángulos menores de 90° respecto a la línea central de rodamiento.

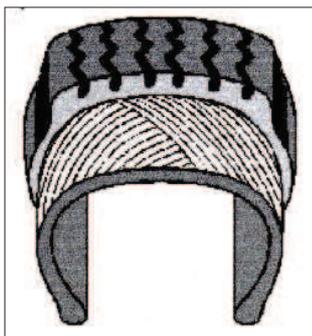


Figura 1 - Construcción Llanta Tipo Convencional

Fuente: (Menpal, 2012, <http://www.menpal.cl>)

- ✓ **Radiales:** Es aquel cuya carcasa está constituida por telas de cuerdas dispuestas perpendicularmente respecto de la línea central de la banda de rodamiento. Además posee un cinturón circumferencial para dar propiedades de estabilidad.



Figura 2 - Construcción Llanta Tipo Radial

Fuente: (Menpal, 2012, <http://www.menpal.cl>)

1.2.1.2 Por el uso de cámara: igualmente existen dos tipos:

- ✓ **Neumáticos con Cámara - *tubetype***: Usan cámara y una llanta específica para ello. No pueden montarse sin cámara. Se usan en algunos 4x4, y vehículos agrícolas.
- ✓ **Neumáticos sin Cámara - *tubeless*** o sin cámara: No emplean cámara. Para evitar la pérdida de aire tienen una parte en el interior del neumático llamada talón que, cómo tiene unos aros de acero en su interior, evitan que se salga de la llanta. La llanta debe ser específica para estos neumáticos. Se emplea prácticamente en todos los vehículos.

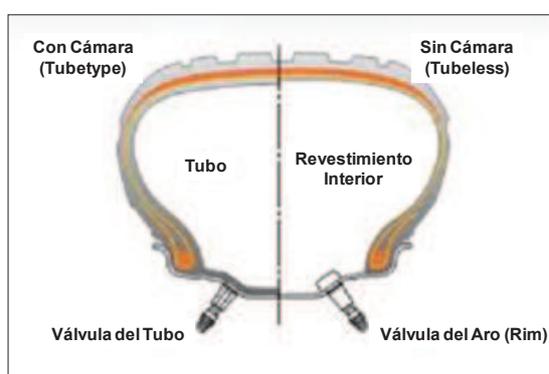


Figura 3 - Llanta con cámara (*Tubetype*) y sin cámara (*Tubeless*)

Fuente: (Hankook Tyre, 2012, <http://www.hankooktyre.com.au>)

1.2.2 ESTRUCTURA DE LA LLANTA

En la figura 4, se muestra la estructura de una llanta:



Figura 4 - Estructura de una llanta

Fuente: (Confortauto, 2012, <http://www.confortauto.com>)

1.- Banda de rodamiento: Es la parte del neumático que permite la adherencia al suelo. Su diseño debe proporcionar capacidad de frenado y tracción. Su compuesto de caucho debe resistir la abrasión y el desgaste.

2.- Pared Lateral: Es la parte de la estructura que va de la banda de rodamiento hasta el talón, la que soporta más presión y sufre más deformaciones durante el rodamiento, está compuesta de caucho con alta resistencia a la fatiga por flexión.

3.- Talones ó Aros: Están compuestos de cables de acero revestidos en cobre para evitar la oxidación, separados individualmente por compuestos de caucho para evitar el contacto entre ellos y revestidos de tejido tratado. Su función es amarrar el neumático a la llanta y tener alta resistencia a la rotura.

4.- Carcasa: Está compuesta por cables de fibra textil formando arcos que van de lado a lado, y pegados a la goma. Es altamente resistente a la presión, y un elemento clave en la estructura del neumático.

5.- Cinturón de lonas: Son cuerdas de la tela de carcasa corren de talón a talón en el sentido radial. Son ellas las que tienen la función de soportar la carga. Sobre las telas de la carcasa, en el área de la banda de rodamiento son montadas las telas estabilizadoras. Sus cuerdas corren en sentido diagonal y son las que mantienen la estabilidad del neumático.

6.- Revestimiento de la goma interior: Es una lámina de goma que hace de revestimiento de la carcasa y la hace resistente al agua. Esto la convierte en cámara de aire para aquellos neumáticos "*tubeless*". A pesar de su rigidez, el aire sale de forma natural, por lo que hay que controlar la presión una vez al mes y siempre antes de un viaje largo.

1.2.3 COMPONENTES DE LA LLANTA

Las llantas están compuestas principalmente por tres elementos: caucho, acero y fibras. El caucho representa el 41%, el acero el 15%, la fibra el 16% y materiales químicos representan el 28% de su composición. (Ver Tabla 1)

Tabla 1 - Componentes de una llanta

Componente	Composición %	
	Automóviles	Camiones
Caucho Natural	14%	27%
Caucho Sintético	27%	14%
Negro de Humo	28%	18%
Acero	14-15%	14-15%
Fibra, Otros	16-17%	16-17%
Peso llanta nueva (lb/kg)	25 lb / 11 Kg	120 lb / 54 Kg
Peso llanta usada (lb/kg)	22 lb / 9 Kg	99 lb / 45 Kg

Fuente: Rubber Manufactures Asociation, USA, 2012

<http://www.rma.org>

Sobre la base de estos supuestos, al procesar una llanta desechada de automóvil se obtendría alrededor de 14,6 lb (6,6 kg) de caucho. (Kaytee Moran, Columbus McKinnon Corp., 2011).

En nuestro país, el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), creó el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 011 para Neumáticos; que establece los requisitos técnicos y de rotulado que deben cumplir los neumáticos destinados al uso en vehículos con el fin de garantizar la seguridad humana, la salud y el medio ambiente, así como evitar la realización de prácticas que puedan inducir a error y provocar perjuicios a los usuarios finales. (INEN, 2012) (Anexo A)

Los productos objeto del presente reglamento se aplica a las siguientes partidas arancelarias:

Clasificación	Descripción
40.11	Neumáticos (llantas neumáticas) nuevos de caucho.
40.12	Neumáticos (llantas neumáticas) recauchutados o usados, de caucho; bandejas (llantas macizas o huecas), bandas de rodadura para neumáticos (llantas neumáticas) y protectores ("flaps"), de caucho.

1.3 MERCADO DE LLANTAS EN EL ECUADOR

1.3.1 OFERTA DE LLANTAS

La única empresa productora de llantas en el Ecuador es Continental Tire Andina S.A., ex Compañía Ecuatoriana del Caucho (ERCO) ubicada en la ciudad de Cuenca, su participación en el mercado nacional es de alrededor del 43% y del 9% en países de la región andina. (Continental, 2012)

En el 2010 su producción diaria alcanzó las 6.000 unidades, que pasaron a 7.200 unidades diarias en el 2011, es decir un incremento anual de 1.200 unidades/día que representa el 20% de incremento. Actualmente, produce alrededor de 7.300 unidades diarias. (Continental, 2012)

En el 2009 su producción anual fue de 1'433.413 llantas, en el 2010 fueron 143'6.703 a pesar de la paralización de 75 días por problemas laborales, en el 2011 se la producción fue de 2'109.735 llantas es decir un incremento del 47% más que en 2010. En el 2012 se estima se produjeron 2.131.200 llantas. (Ver figura 5)

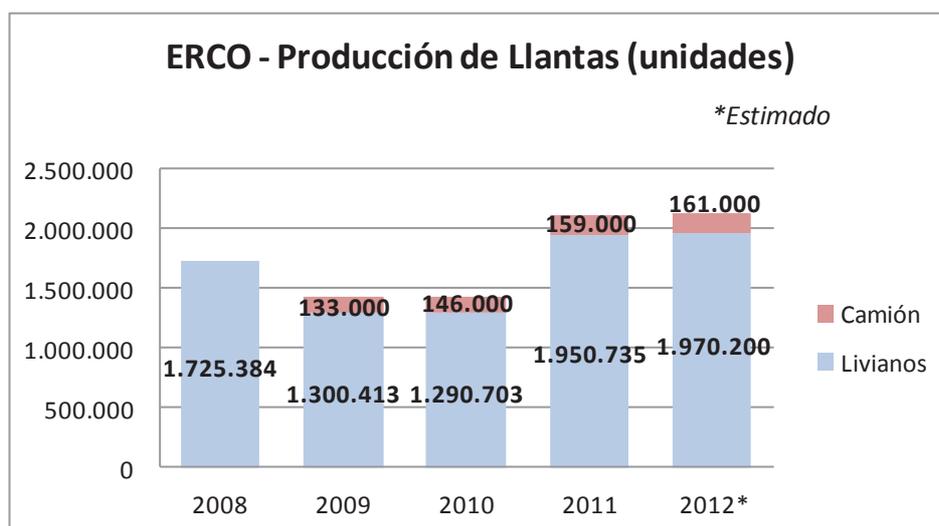


Figura 5 - Producción Llantas ERCO (Unidades)

Fuente: (Revista Continental: 50 años por los caminos de Ecuador, Abril 2012)

1.3.2 IMPORTACIONES DE LLANTAS

Según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, en el año 2010 se importaron un total de 2'558.070 unidades. En el 2011 esta cifra se incremento a 2'638.000 (80.000 unidades más que en el 2010) y en el 2012 se importaron alrededor de 2'698.000 unidades, es decir un incremento del 2.26% más que en el 2011. (Ver tabla 2)

La mayoría de las importaciones en estos últimos años han sido las llantas de tipo vehículos livianos que representan un promedio del 65%, mientras que las de tipo pesado representan un promedio del 24% respecto al total de importaciones. (AEADE, Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2012)

Tabla 2 - Importación de Llantas en Ecuador (miles unidades)

TIPO VEHICULO	2009		2010		2011		2012	
	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%
LIVIANO	805	68%	1.870	73%	1.628	61,7%	1.586	58,8%
PESADO	383	32%	688	27%	528	20,0%	447	16,6%
OTROS	ND	-	ND	-	482	18,3%	664	24,6%
TOTAL	1.187	100%	2.558	100%	2.638	100%	2.698	100%

ND=No Dato

Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2013.

En lo referente al volumen, en estos últimos años la mayor en cantidad de neumáticos importados ha sido para el tipo de vehículos del segmento pesado con un promedio anual de 22.575 toneladas anuales, seguido del segmento livianos con 16.000 toneladas de promedio anual, finalmente las llantas para tipo de vehículos agrícolas se han importado un promedio de 2.700 toneladas. (Ver tabla 3)

Tabla 3 - Importación de Llantas por peso 2009 a 2012 (Toneladas)

TIPO	2009	2010	2011	2012
LIVIANO	8.803	19.522	17.939	18.086
PESADOS	19.145	29.890	22.829	22.435
OTROS	5.061	5.165	4.964	5.616
TOTAL	33.009	54.577	45.732	46.137

Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2013.

1.3.3 DEMANDA DE LLANTAS

En lo referente a la demanda, a nivel nacional en el 2008 eran 2.079 Millones de unidades demandadas, en el 2009 la cifra bajo a 1.903 Millones, y en el 2010 se incremento a 2.056 Millones de neumáticos. (Ver figura 6)

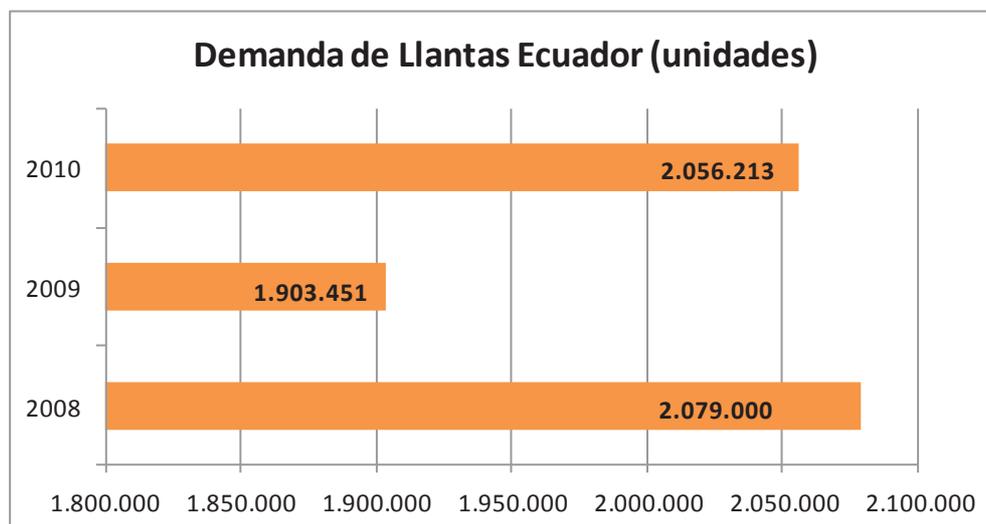


Figura 6 - Demanda de Llantas Ecuador

Fuente: (Diario El Comercio, 29 Julio 2010, Negocios)

1.4 ESTIMACIONES DE LAS LLANTAS DESECHADAS

1.4.1 LOS DESECHOS EN LA CIUDAD DE QUITO

Según datos de la Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EMASEO EP) la ciudad de Quito genera 1.500 toneladas de basura diarias. De las cuales 15,75 (1.05%) corresponden a caucho entre las que se encuentran las llantas desechadas, el mayor volumen de desechos son los de tipo orgánico con el 62,18% del total (932.70 toneladas/día). (El Comercio, Recolección de basura tiene falencias, 2011)

En Quito hay tres escombreras habilitadas por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP), para desechos que por su composición, no pueden ser recogidos por la maquinaria de EPMASEO, evitando que estos desechos sean botados en calles, terrenos baldíos y quebradas y son:

Tabla 4 - Escombreras de basura en la ciudad de Quito

Sector	Nombre	Ubicación	Capacidad Estimada (m ³)
Habilitadas			
Sur	El Troje, Fase 1	Parque Metropolitano del Sur, junto Av. Simón Bolívar	600.000
Norte	Luz y Vida	Calderón, sector del Parque de San José de Morán	400.000
Tumbaco	Alcantarilla	Vía Interoceánica, al final de la calle Universitaria	300.000
Por Habilitarse			
Sur	El Troje, Fase 2	Parque Metropolitano del Sur, junto Av. Simón Bolívar	400.000
Norte	Carapungo, Etapa E	Carapungo	300.000
Norte	Oyacoto	Calderon	1.000.000
Tumbaco	Alcantarilla 2	Vía Interoceánica, al final de la calle Universitaria	300.000

Fuente: Agencia Pública de Noticias de Quito, Epmop, Jul 2011

Según la Jefatura del Área de Escombreras, también existen varios lugares que no han sido autorizados para arrojar escombros mas sin embargo varias personas por la cercanía los arrojan, los sitios más vulnerables para arrojar escombros son los alejados y oscuros como quebradas y terrenos baldíos. Un caso es el de la quebrada El Alicanto, en el Sur, se ubica en medio de la Ciudadela del Ejército y La Ecuatoriana. Otro es en La Av. El Sena, a orillas del río Machángara, en el Centro. Otros sitios donde hay este problema son las avenidas Simón Bolívar, De Los Conquistadores, De Los Libertadores y Las Casas. (El Comercio, Los quiteños confunden los lotes baldíos y quebradas con botaderos, 2011)

Foto 2 - Llantas desechadas en botaderos, escombreras y quebradas en Quito

C.- Escombrera, sector Oyacoto	D.- Quebrada, sector Comité del Pueblo
	
C y D: Fuente Autores (Mora, P., Chicaiza, M.)	Elaboración: Autores (Mora, P. Chicaiza, M.)

Por su parte, EMASEO EP habilitó un servicio de especial para recolección de desechos voluminosos como muebles viejos, escombros de construcción, restos de césped, árboles, llantas o electrodomésticos, especialmente esta recolección se realiza los domingos en cinco puntos de acopio: Norte (2), Centro (1) y Sur (2) los desechos recopilados en el Norte de la ciudad serán trasladados a la escombrera ubicada en Oyacoto, mientras que los residuos que se recopilaren en el Sur, se llevarán a la escombrera de El Troje. (ANDES, ANDES, Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Sudamerica, 2011)

Según la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) Quito tiene 63 quebradas y todas tienen el mismo problema: en ellas se botan desperdicios entre ellos llantas desechadas de vehículos. (Diario, 2011) Se estima que en cada quebrada existe un promedio de 25 llantas arrojadas.

1.4.4 GESTORES DE RESIDUOS EN QUITO

A marzo del 2013, estaban calificados 1.272 Gestores de Residuos en la Secretaría de Ambiente, responsables del manejo, gestión, recolección, transporte, transferencia o disposición final de todo tipo de residuos, incluidos los residuos tóxicos y peligrosos, tales como aceites usados con base mineral o sintética, grasa lubricantes usadas, neumáticos usados, envases usados de pesticidas, plaguicidas o afines, baterías o cualquier otro residuo que signifique un

impacto o riesgo para la salud y calidad ambiental. (Secretaria de Ambiente, 2012)

De los 1.272 gestores calificados: 50 son tecnificados, 146 medianos y 1.076 son artesanales. De estos, solamente 30 es decir apenas el 2% del total se dedican a la recolección de llantas desechadas de vehículos para diferentes usos, detalladamente 1 Gestor tecnificado (de 50), 9 medianos (de 146) y 20 Artesanales (de 1.076) son los encargados de recolectar llantas entre otros desechos. (Ver tabla 5)

Tabla 5 - Gestores de Residuos en Quito, Marzo 2013

Tipo	Recolección Otros Residuos	Recolección Llantas	Total
Tecnificado	49	1	50
Mediano	137	9	146
Artisanal	1.056	20	1.076
TOTAL	1.242	30	1.272

Fuente: Secretaria de Ambiente, Quito

El 37% de los gestores calificados destina las llantas recolectadas para la elaboración de productos como maceteros, adornos artesanales y partes automotrices; el 43% las almacena temporalmente para su posterior entrega a otro gestor calificado y el 20% restante entrega para que sean reencauchadas.

Tabla 6 - Destino de las llantas recolectadas por los Gestores

Que hacen con las llantas?	Cant.	%
Elaboración productos de caucho	11	37%
Entrega al gestor calificado	13	43%
Entrega a establecimientos de reencauche.	6	20%
	30	100%

Fuente: Secretaria de Ambiente DMQ, 2013

Según datos de la Secretaría de Ambiente de Quito, el volumen de toneladas de llantas recolectadas por los gestores en el Distrito Metropolitano en el 2009 fue de 64, en el 2010 fueron 66 y en el 2011 la cifra disminuyó a 53 toneladas anuales.

En el Ecuador se importan alrededor de 2.500.000 neumáticos de todo tipo, según datos del Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), en el 2012 fueron importados 2.698.000 neumáticos nuevos ubicados en las partidas de los tipos utilizados en autobuses y camiones, de estos el 70% termina en los basureros y solamente son reencauchados alrededor del 30% especialmente para vehículos pesados.

Las 127.000 unidades de transporte pesado (buses y camiones) que circulan por las vías del país cuentan con la posibilidad de renovar sus neumáticos a través del plan Reúsa-Llanta implementado por el MIPRO. En 2010, al inicio del plan se reencaucharon alrededor de 200.000 llantas, mientras que en 2012 este número se incrementó a cerca de 288.000. (Telegrafo, 2011)

Tabla 7 – Llantas: Producción Nacional e Importación por tipo (Miles Unidades y Ton.)

ORIGEN	TIPO VEHICULO	2009		2010		2011		2012	
		Unid.	Ton.	Unid.	Ton.	Unid.	Ton.	Unid.	Ton.
PRODUCCION NACIONAL (1)	LIVIANO	1.300	14.235	1.291	14.136	1.951	21.363	1.970	21.571
	PESADOS	133	6.213	146	6.821	159	7.428	161	7.522
	OTROS (*)	-	-	-	-	-	-	-	-
	subtotal	1.433	20.448	1.437	20.957	2.110	28.791	2.131	29.093
IMPORTADAS (2)	LIVIANO	805	8.803	1.870	19.522	1.628	17.939	1.586	18.086
	PESADOS	383	19.145	688	29.890	528	22.829	447	22.435
	OTROS (*)	ND	3.862	ND	3.567	482	3.678	664	3.517
	subtotal	1.187	31.810	1.870	52.979	2.638	44.446	2.698	44.038
TOTAL POR TIPO	LIVIANO	2.105	23.038	3.161	33.658	3.579	39.302	3.556	39.657
	PESADOS	516	25.358	834	36.711	687	30.257	608	29.956
	OTROS (*)	-	3.862	-	3.567	482	3.678	664	3.517
	GRAN TOTAL	2.620	52.258	3.307	73.936	4.748	73.238	4.829	73.130
30%	Reencauche (Pesados)	155	7.607	250	11.013	206	9.077	183	8.987
70%	Desechas Basura	2.466	44.650	3.057	62.923	4.542	64.161	4.646	64.144

Fuente (1): ERCO, 2012.

(*) Excepto Motos

Fuente (2): Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), 2013

ND = No Data

En la tabla 7, se muestran los datos consolidados tanto de llantas nacionales e importadas a nivel nacional para efectuar un estimado de las llantas desechadas dando como resultado que en el 2012 se habrían desechado alrededor de

4`646.000 unidades (entre llantas de tipo de vehículo liviano y pesado) es decir 64.144 Toneladas estarían arrojadas en botaderos, quebradas y terrenos baldíos.

1.4.1 EL PARQUE AUTOMOTOR A NIVEL NACIONAL

Una de las variables que determina el incremento de las llantas desechadas es el aumento del parque automotor, según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) a nivel nacional pasó de 1 millón 500 mil vehículos en el 2009 a 1 millón 952 mil vehículos en el 2012, lo que significa un incremento promedio de 150 mil 700 vehículos por año a una tasa de crecimiento anual del 9%. (Ver figura 7)

Aproximadamente el 85% del total de vehículos son de tipo livianos (vehículos, camionetas, VAN y SUV) y el 15% restante corresponde a vehículos pesados (camiones y buses).

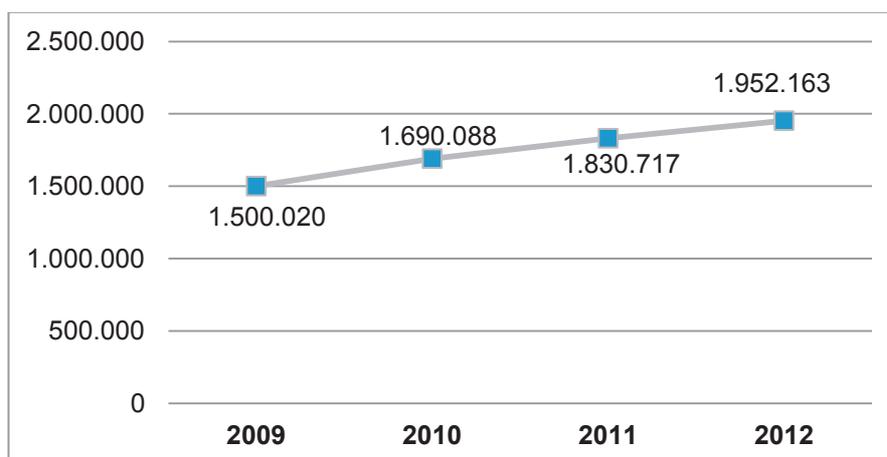


Figura 7 - Evolución parque automotor a nivel nacional (unidades)

Elaboración: Mora, P.; Chicaiza, M., 2013.

A nivel nacional la provincia de Pichincha concentra el mayor porcentaje del parque automotor. En el año 2010 tenía el 30.7% del total (518.578 vehículos) seguido de Guayas con el 24.9% (421.610 vehículos) y Azuay con 7.5% (126.301). En el año 2011, Pichincha con 573.255 unidades concentró el 31.3% del parque vehicular nacional, seguido de Guayas con el 25.1% (458.842) y Azuay con 7.4% (135.223). Para el año 2012, el 31.9% del total de vehículos

estuvo concentrado en Pichincha esto es 621.970 vehículos, Guayas y Azuay tenían el 25.2% y el 7.3% respectivamente es decir (491.463 y 142.603 unidades) de 1`952.163 vehículos del parque automotor nacional. (Ver tabla 8)

Tabla 8 - Concentración del parque automotor a nivel nacional por provincia (unidades)

Provincia	2010	% Partic.	2011	% Partic.	2012	% Partic.
Pichincha	518.578	30,7%	573.255	31,3%	621.970	31,9%
Guayas	421.610	24,9%	458.842	25,1%	491.463	25,2%
Azuay	126.301	7,5%	135.223	7,4%	142.603	7,3%
Tungurahua	87.764	5,2%	98.273	5,4%	107.012	5,5%
Manabi	86.491	5,1%	91.117	5,0%	95.120	4,9%
Imbabura	49.976	3,0%	55.128	3,0%	58.878	3,0%
Otros	399.368	23,6%	418.879	22,9%	435.117	22,3%
TOTAL PAIS	1.690.088	100,0%	1.830.717	100,0%	1.952.163	100,0%

Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, Aeade

1.4.2 EL PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE QUITO

Según datos de la Secretaria de Movilidad, se estima que en el 2012, fueron 470 mil unidades. Y cada año ingresan alrededor de 40 mil vehículos nuevos. Si comparamos los años 2010 y 2011 la tasa de crecimiento anual es del 8%.

A mayor número de vehículos mayor será la cantidad de llantas desechadas, si se considera que cada dos años se realiza el recambio de neumáticos (100.000 kms) y que cada vehículo necesita mínimo 4 llantas para el 2012 se tendrán alrededor de 1`860.000 llantas desechadas en la ciudad capital.

En lo referente a la composición del parque automotor del DMQ, en el año 2009 la Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana (CINAE) estimó los porcentajes por tipo de vehículos que conforman el parque automotor del DMQ, los cuales servirán para efectos de aproximación en los años subsiguientes. De esta manera alrededor del 80% del parque automotor de la ciudad de Quito está conformado por vehículos livianos (automóviles, camionetas, y todo terreno), el 11% del total lo conforman los vehículos pesados (camiones, buses, volquetas, tráiler) y el 9% otros (motos, etc). (Ver tabla 9)

Tabla 9 - Composición parque automotor DMQ 2009 a 2012 (unidades)

Tipo Vehículo	%	2009	2010	2011	2012
LIVIANO	80%	332.536	344.731	372.791	376.799
PESADO	11%	34.842	36.120	39.060	39.480
OTROS	9%	47.410	49.149	53.150	53.721
TOTAL	100%	414.788	430.000	465.000	470.000

Fuente: Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana (CINAE), 2012.

1.4.3 DETERMINACIÓN Y PROYECCIÓN DE LLANTAS DESECHADAS EN QUITO

Para efectuar la determinación de las llantas desechadas en toneladas se ha obtenido multiplicando el número de llantas por vehículo tipo livianos y pesados durante el periodo 2009 al 2012; considerando que solamente se reencaucha el 30% de los vehículos pesados y que apenas un promedio de 61 toneladas es aprovechado por gestores tenemos un valor neto de la cantidad de Materia Prima que serviría para la planta recicladora de llantas. (Ver tabla 10)

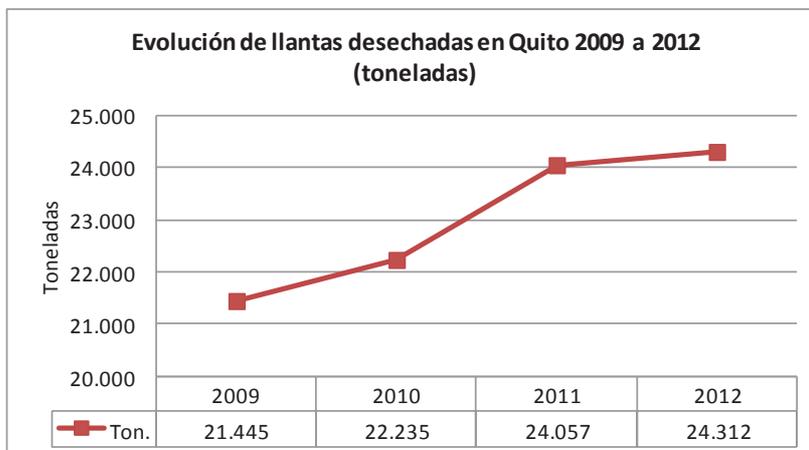
Tabla 10 - Evolución de llantas desechadas en Quito 2009 a 2012 (toneladas)

Tipo Vehículo	# Llanta	2009	2010	2011	2012
		Ton.	Ton.	Ton.	Ton.
LIVIANO	4	14.632	15.168	16.403	16.579
PESADO	6	9.825	10.186	11.015	11.133
OTROS	0	0			
Subtotal		24.457	25.354	27.418	27.713
Reencauche (Pesados)	30%	2.948	3.056	3.304	3.340
Cant. Aprovechan Gestores	Ton.	64	63	56	61
Oferta Llantas Desechadas		21.445	22.235	24.057	24.312

Elaboración: Mora Pablo;
Chicaiza Manuel, 2013.

En la siguiente grafica, se muestra la tendencia de crecimiento de llantas desechadas en los últimos 4 años, que asegura la disponibilidad de materia prima a ser aprovechada para la producción de caucho reciclado.

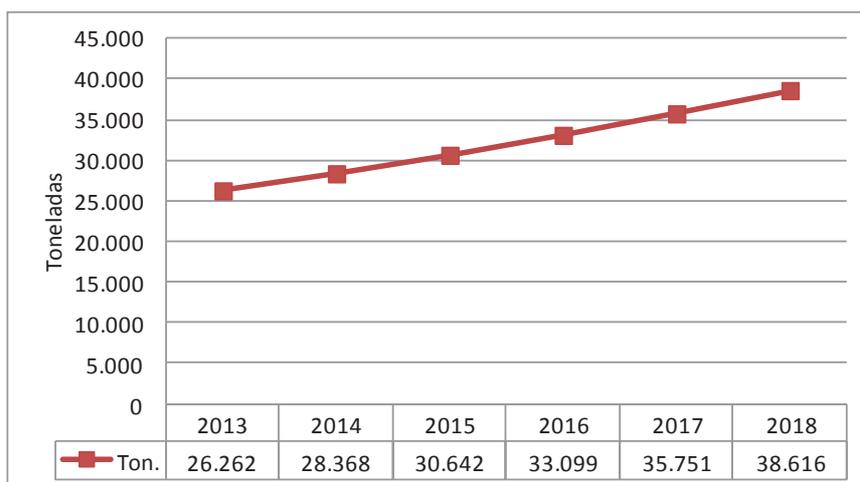
Figura 8 - Evolución de llantas desechadas en Quito 2009 a 2012 (toneladas)



Elaboración: Mora Pablo; Chicaiza Manuel, 2013.

Considerando el criterio anterior y tomando en cuenta la tasa de crecimiento anual promedio del parque automotor de Quito que es del 8%. La Figura 9, muestra una proyección de las llantas desechadas a partir del 2013 hasta el 2018; con estos datos se determina la cantidad de materia prima disponible que será la oferta futura del mercado local (Quito) que abastecería a la planta recicladora.

Figura 9 - Proyección de llantas desechadas en Quito 2013 a 2018 (toneladas)



Elaboración: Mora Pablo; Chicaiza Manuel, 2013.

1.5 EFECTOS AMBIENTALES Y DE SALUD POR EL MANEJO INADECUADO DE LLANTAS DESECHADAS

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, 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 graves 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. (OPS, 2002)

1.5.1 EFECTOS AMBIENTALES

Una llanta tarda en degradarse 500 años, arrojadas al aire libre por su tamaño hace que ocupen mucho espacio físico y por su alto poder calorífico estos espacios se convierten en factor ideal de posibles incendios. (Ver Foto 3)

Las emisiones provenientes de la quema de llantas a cielo abierto incluyen contaminantes tales como: partículas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), y compuestos orgánicos volátiles (COVs). También incluyen contaminantes peligrosos (HAPs), tales como hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAHs), dióxinas, furanos, cloruro de hidrógeno, benceno, bifenilos policlorados (PCBs); y metales tales como arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo y vanadio. Estas emisiones, pueden representar peligros agudos (a corto plazo) y crónicos (a largo plazo) para la salud de las personas dependiendo de la duración y grado de exposición, los efectos a la salud podrían incluir irritación a la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos a las vías respiratorias y sistema nervioso central. (EPA, Environmental Protection Agency, 2012)



Foto 3 - Quema de llantas en protesta policial Quito

Fuente: (Diario La Nación, 2011)

1.5.2 EFECTOS DE SALUD

Cuando las llantas son arrojadas a cielo abierto en rellenos sanitarios, vertederos, quebradas, terrenos baldíos son ideales para el desarrollo de fauna nociva¹ que favorece a la proliferación de roedores, cucarachas y mosquitos.

En épocas de lluvia el agua que se concentra dentro de ellas ocasiona la proliferación de mosquitos todos transmisores de enfermedades como el Dengue y la Malaria. En nuestro país, cada año el Ministerio de Salud Pública (MSP) realiza campañas de fumigación y alerta para prevenir el Dengue. (Ver Foto 4)

Se estima que el 70% de la extensión territorial del país tiene condiciones ambientales propicias para la reproducción del vector transmisor del Dengue el *Aedes aegypti*, sobre todo en la temporada de lluvias por la gran proliferación del vector. La región Costa es la más vulnerable de este tipo de enfermedad. (El Hoy, Casos de dengue en el país llegan a 1 233, 2012)

¹ Especies animales que por determinadas condiciones ambientales incrementan su población y llegan a convertirse en plaga, pudiendo ser factores potenciales de enfermedades infectocontagiosas o causantes de daños a las actividades o bienes humanos. (Fraume, 2006)



Foto 4 - Fumigación llantas para prevenir dengue

Fuente: (Diario El Comercio, Región Amazónica es más propensa a casos de dengue, 26 Enero 2013)

1.6 APROVECHAMIENTO DE LAS LLANTAS DESECHADAS

Existen varias maneras de aprovecharlas, (EPA, Environmental Protection Agency, 2012) los principales usos son:

1.6.1 COMBUSTIBLE DERIVADO DE NEUMÁTICOS

En algunos países de América del Norte, Europa y Asia, las llantas desechadas son utilizadas como fuente de energía que pueden utilizarse en los hornos de cemento (Foto 5), calderas industriales y cúpulas de fundición de materiales. Las altas temperaturas operativas permiten la combustión total de los neumáticos y la oxidación total del acero sin afectar negativamente a la operación del horno. (Herbert, 2001)



Foto 5 - Llantas desechadas como combustible en horno de cemento

Fuente: Moses Chinyama, Alternative Fuels in Cement Manufacturing (Chinyama, 2011)

La tabla 11, muestra el poder calorífico² de algunos materiales combustibles como los neumáticos que equivale alrededor de 36 MJ/kg. El poder calorífico de la madera es de 14 MJ/k. (OPS, 2002)

Tabla 11 - Poder calorífico de diferentes combustibles

COMBUSTIBLE	PCS (MJ/Kg)*
Gas Butano	49.7
Gas Natural	44.0
Gasolina	43.9
Querosén	43.4
Fuel-Oil	40.6
Neumáticos usados	34 - 39
Carbón de madera	31.4
Hulla	30.6
Coque	29.3
Lignito	28.4
Etanol	26.8
Turba	21.3
Maderas	14.4 – 19.0

* Poder Calorífico Superior (PCS), expresado en MJ/Kg

Fuente: Instituto Nacional del Carbón (INCAR), España

El julio es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades utilizada para medir energía y calor. Su símbolo es J. 1 MJ = 1000 kJ = 1000000 J = 947,82 BTU. Una caloría (cal) equivale exactamente a 4,1868 julios (J) mientras que una kilocaloría (kcal) es exactamente 4,1868 kilojulios (kJ).

² El poder calorífico, es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química de oxidación. La unidad de medida es la caloría que se define como la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua pura, desde 14,5 °C a 15,5 °C a una presión normal de una atmósfera.

La siguiente figura muestra el esquema de un horno de cemento donde se procesan llantas desechadas para alimentar la combustión:

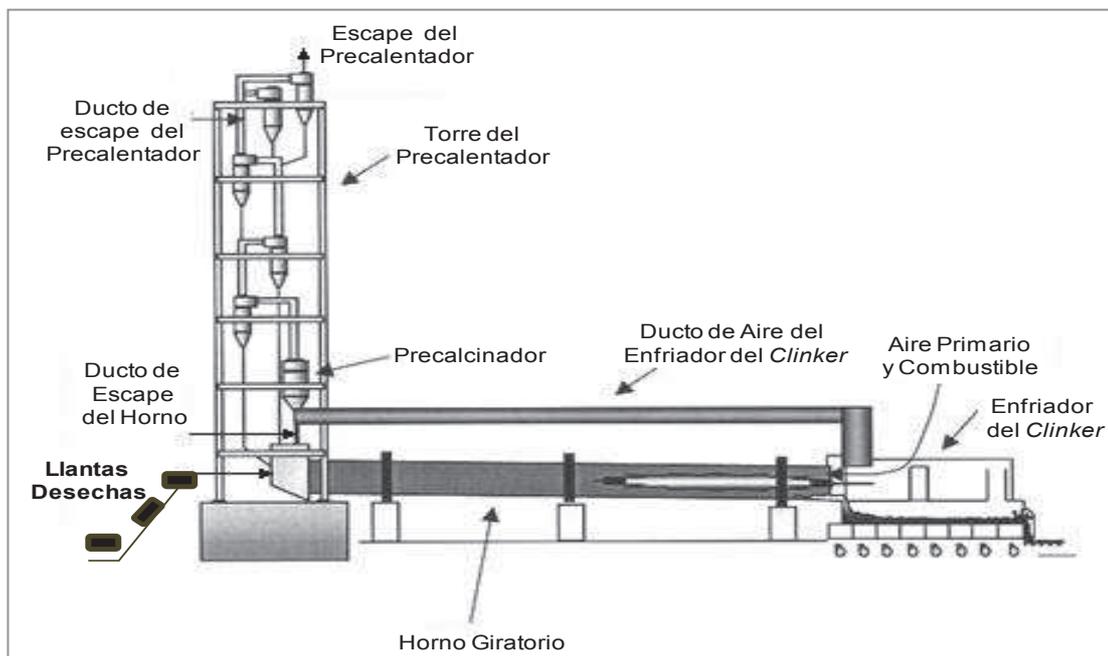


Figura 10 - Esquema de Horno de Cemento alimentado por llantas desechadas

Fuente: (Moses Chinyama, *Alternative Fuels in Cement Manufacturing* (Chinyama, 2011))

En nuestro país la única cementera que realiza procesamiento de llantas usadas en sus hornos es Cementos Guapan que tiene ubicada su planta en la provincia de Cañar, extraoficialmente se conoce que Cementos Holcim también lo hace, pero la información es reservada. Cementos Lafarge en Imbabura está realizando los estudios para ver la posibilidad de procesar llantas desechadas en su horno. Cementos Chimborazo no realiza este procesamiento. (Ver tabla 12)

Tabla 12 - Cementeras en Ecuador que utilizan llantas desechadas en sus hornos.

PROVINCIA	CEMENTERA	CAPACIDAD DE PRODUCCION	OBSERVACIONES
Chimborazo	Cementos Chimborazo	350,000 Ton. Cemento Portland	NO realiza procesamiento con llantas usadas
Cañar	Cementos Guapan	450,000 Ton. Cemento Portland Puzolánico, Tipo IP	Si realizan procesamiento con llantas usadas, Plan desde Septiembre 2011
Imbabura	Cementos Lafarge	1,650,000 Ton. Cemento Portland	Se encuentra realizando un estudio de Factibilidad para uso de llantas usadas como combustible
Guayas	Cementos Holcim	3,600,000 Ton. Cemento Portland	Información reservada, extraoficialmente se conocio que si lo hacen

Fuente: Ministerio de Competitividad y Productividad, 2012

1.6.2 INGENIERÍA CIVIL

Las llantas enteras desechadas son utilizadas desde hace décadas en numerosas aplicaciones de la ingeniería civil (Ver Foto 6) entre las cuales podemos resaltar:

a.- Estabilización de tierras: Aplicando en taludes, terrazas, terraplenes y terrenos para estabilización y compactación de rellenos ligeros

b.- Balas: Son hidráulicamente comprimidas en forma de bloque para reemplazar a los gaviones metálicos son cubiertas con hormigón para estabilización de márgenes fluviales.

c.- Huertos ecológicos: En la ciudad de Cadíz, España se ha llevado a cabo un proyecto de la realización de huertos aprovechando los neumáticos desechados.

d.- Juegos en parques infantiles

Foto 6 - Aprovechamiento de llantas enteras

<p>A.- Estabilización de tierras</p> 	<p>B.- Balas de llantas</p> 
<p>Fuente: www.eird.org Foto: RyGRHC-GTZ©</p>	<p>Fuente: Riefel Trade Company www.henryben45.en.ec21.com</p>
<p>C.- Huertos ecológicos</p> 	<p>D.- Juegos parques infantiles</p> 
<p>Fuente: Huertos Bahía de Cádiz www.huertosurbanosbahiadecadiz.blogspot.com/2011/11/neumaticos-ecologicos.html</p>	<p>Fuente: www.discreetmagazine.blogspot.com</p>

1.6.3 CAUCHO TRITURADO DE LLANTAS

Las llantas desechadas también pueden ser trituradas hasta obtener gránulos (partículas) de caucho de diferentes tamaños milimétricos para esto existen diferentes tecnologías de reducción de tamaño y dependiendo del caso estas partículas de caucho reciclado son utilizadas especialmente en pistas atléticas, canchas deportivas, espacios recreativos y asfalto modificado.

Igualmente estos gránulos de caucho triturado, pueden servir como materia prima para la elaboración de productos moldeados tales como pisos antideslizantes, moquetas para vehículos, rompe velocidades para vehículos, etc., que mas adelante en el capítulo dos, se ampliara un poco más al respecto.

A continuación la figura 11 muestra las diferentes alternativas de reciclaje de llantas desechadas tanto enteras como en cortadas o trituradas:

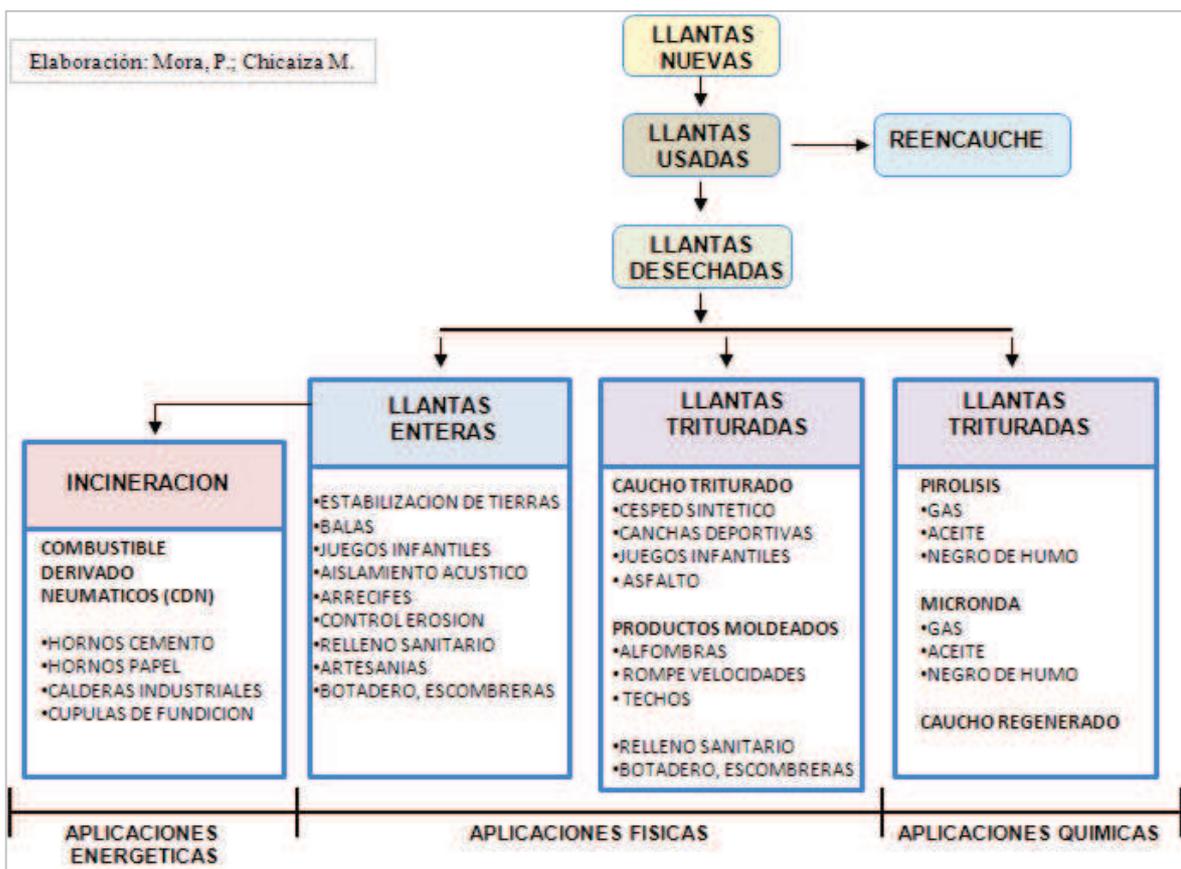


Figura 11 - Alternativas de rehúso y reciclaje las llantas desechadas

Elaboración: Mora P., Chicaiza, M., 2013

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 EL RECICLAJE

Según Xavier Castells (2000), el concepto más general de reciclaje consiste en hallar el medio para sacar algún provecho al residuo. En principio la gran mayoría de residuos generados son susceptibles de ser reciclados ya que se dispone de abundante tecnología para ello de manera que el proceso sea económicamente viable.

También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida, se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales y para eliminar de forma eficaz los desechos. (Ackerman, 1997)

2.1.1 TIPOS

Los materiales reciclados se vuelven a procesar de dos maneras (Miller, 2007):

- ✓ **Reciclaje Primario:** Es cuando los materiales se reciclan en productos nuevos del mismo tipo. Ej.: Latas de aluminio se pueden convertir en nuevas latas.
- ✓ **Reciclaje Secundario:** Es cuando los materiales se convierten en productos distintos. Ej.: Neumáticos usados se convierten en polvo de caucho para asfalto, los periódicos se convierten en aislamiento de celulosa.

2.1.2 LAS 3 R's

El reciclaje se inscribe en la estrategia de tratamiento de residuos basándose en la Teoría de las "Tres R": (Ackerman, 1997)

- ✓ **Reducir;** la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos.
- ✓ **Reciclar;** recogida y tratamiento de residuos que permiten reintroducirlos en un ciclo de vida.
- ✓ **Reutilizar;** el volver a usar un determinado producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente.

2.1.3 NORMATIVA AMBIENTAL

2.1.3.1 A nivel mundial

El 16 de junio de 1972, en Estocolmo, en la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, se emiten y aprueban 109 recomendaciones que ofrezcan a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el medio humano, las cuales regirán a nivel mundial.

Recomendación 10 “Se recomienda que los organismos que prestan asistencia para el desarrollo den mayor prioridad, cuando los beneficios sociales lo justifiquen, a la ayuda a los gobiernos destinada a financiar y poner en marcha servicios de abastecimiento de agua, de evacuación y depuración de aguas residuales y de desechos sólidos.”

En junio 1992, en la ciudad brasileña de Río de Janeiro tuvo lugar la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), conocida como Cumbre de la Tierra, fue un momento decisivo en las negociaciones internacionales sobre las cuestiones del medio ambiente y el desarrollo.

2.1.3.2 A nivel nacional

La Nueva Constitución de la Republica del Ecuador, en su Capítulo Segundo Derechos del Buen Vivir, sección segunda Ambiente Sano, artículo 14 establece que “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *Sumaj Kawsay*.” (Anexo B)

En el Ecuador, la Autoridad Ambiental Nacional la ejerce el Ministerio del Ambiente, instancia rectora, coordinadora y reguladora del sistema nacional descentralizado de Gestión Ambiental; sin perjuicio de las atribuciones que en el ámbito de sus competencias y acorde a las Leyes que las regulan. (MAE, 2012)

El 30 de Julio de 1999, en el Registro Oficial 245 fue promulgada la Ley de Gestión Ambiental que constituye el cuerpo legal específico más importante atinente a la protección ambiental en el país. Esta ley está relacionada

directamente con la prevención, control y sanción a las actividades contaminantes a los recursos naturales y establece las directrices de política ambiental, así como determina las obligaciones, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones dentro de este campo.

El proceso de Gestión Ambiental, se orientará según los principios universales del Desarrollo Sustentable, contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

En la ciudad de Quito, La Secretaría de Ambiente, es la autoridad rectora de la gestión ambiental integral en el territorio del Distrito Metropolitano de Quito, y como tal, determina con la participación ciudadana políticas, estrategias, directrices, normas y ejerce control para contribuir a mejorar la calidad de vida de sus habitantes a base de una cultura de respeto e integración social al ambiente natural y construido. (Secretaria de Ambiente, 2012)

La Ordenanza Municipal N° 213, establece los derechos, deberes, obligaciones y responsabilidades, de los ciudadanos, de las empresas, organizaciones, personas jurídicas, públicas, privadas y comunitarias, que habitan, usan y transitan en el Distrito Metropolitano de Quito, en torno al sistema de gestión de los residuos sólidos. También se determinan las sanciones de acuerdo a las contravenciones estipuladas en los diferentes numerales, entre las cuales el Numeral f) Quemar llantas, cualquier otro material o residuo en la vía pública urbana. (Anexo C)

2.2 EVOLUCIÓN DEL RECICLAJE DE LLANTAS DESECHADAS

Charles Goodyear, quien fue que invento el proceso del sulfuro de vulcanización de la llanta hace 150 años, fue también el primero en enfocar sus esfuerzos al reciclaje de las llantas desechadas a través del método de molienda, pocos años

después el desarrollo de una apropiada tecnología para utilizar la llantas desechadas para enfrentar el problema de la industria del caucho. (Eirich, 2000)

La industria del reciclaje de llantas de desecho se encuentra en diferentes etapas de desarrollo en diferentes países. El desarrollo del mercado está directamente relacionado con el tiempo y el ritmo de la regulación, y el tamaño del mercado automotor nacional de cada país. (Tire Recycling Industry, 2003)

Esta industria se ha creado prácticamente debido a regulaciones gubernamentales adoptadas para hacer frente a las preocupaciones ambientales sobre los neumáticos ilegalmente almacenados objeto de *dumping*. Los gobiernos también están tratando de mejorar la viabilidad de la industria al ofrecer incentivos a los mercados finales que utilizan productos derivados de llantas de desecho. Los Estados Unidos y Japón fueron los dos primeros países en hacer frente a los peligros ambientales de las llantas de desecho y poner las leyes en su lugar. Como resultado de ello, son actualmente los líderes en las tasas de reciclaje y tamaño del mercado. Europa ha estado rezagado en este aspecto, pero con vísperas de la fecha límite para la aplicación de las directivas de la Unión Europea (UE), se espera que la industria europea registre un crecimiento fuerte. (Tire Recycling Industry, 2003)

En la tabla 13, se muestra una síntesis del estado de la industria del reciclaje de llantas en algunos de los países industrializados más importantes del mundo.

Tabla 13 - Estado de la industria del reciclaje de llantas en algunos de los países

<i>País</i> <i>Descripción</i>	Estados Unidos	Canada	Japón	Italia	Francia	Alemania	Reino Unido	España
Generación de Llantas Desechas (1)	4.139.100	317.520	1.004.000	388.389	372.330	600	450	301
Reservas Existentes (2)	271	34	Minimo	NA	NA	NA	NA	NA
Porcentaje de Reciclaje	80%	85%	86%	70%	52%	78%	59%	25%
Mercados	Combustible Derivado de Neumaticos, Productos para Ingeniería Civil, Productos Moldeados, Asfalto	Combustible Derivado de Neumaticos, Productos Moldeados, Asfalto	Combustible derivado de Neumaticos	Combustible derivado de Neumaticos	Productos Derivados de Neumaticos	Combustible derivado de Neumaticos	Productos Derivados de Neumaticos	Combustible derivado de Neumaticos, Asfalto
Regulación	A nivel estatal; Casi todos los estados tienen leyes para el manejo de neumaticos desechados	A nivel estatal; Casi todos los estados tienen leyes para el manejo de neumaticos desechados	Regulado como parte de los desechos sólidos	Marco normativo sigue evolucionando	Importadores y Productores son los responsables del manejo de los neumaticos desechados	No hay regulación específica del manejo de los neumaticos desechados	Neumaticos enteros y pedazos son prohibidos en botaderos, existe manejo de voluntariado	Existe regulación en cada ciudad
Programas Gubernamentales	Si, A nivel Estatal	Si, A nivel Estatal	Ninguna	Ninguna	Ninguno, pero Aliapur coordina el programa de llantas desechadas	Ninguna	Ninguno, pero la Asociación de Recuperadores de Llantas coordina el programa	Ninguna
Competencia	Intensa	Alta	-	-	-	-	-	-
Otros Comentarios	Mercado muy avanzado	-	Industria bien estabilizada	-	-	-	-	-

(1) En Toneladas cada año

(2) En Millones cada año

Fuente: RMA, ETRA, JATMA, BLIC and Others, Irevna Analysis

A nivel mundial, Estados Unidos es el mayor reciclador de neumáticos, en el 2003 recicló alrededor de 3,3 millones de toneladas de neumáticos. Seguido por Japón, país que recicló 855.000 toneladas. Alemania es el país con mayor reciclaje de neumáticos en Europa. Mientras que, el combustible derivado de neumáticos (CDN) es el principal mercado final en la mayoría de los países, Las aplicaciones de ingeniería civil son cada vez más comunes. Los mercados de llantas de desecho son más diversificados en los Estados Unidos que en otros países. En países como Japón y Alemania, CDN es la aplicación predominante.

Se espera que el crecimiento de la industria de reciclaje de neumáticos en Europa supere a la de los Estados Unidos y Japón en los próximos años. Los Países de la UE, especialmente los que tienen bajas tasas de reciclaje, se espera que contribuyan a la mayor parte del crecimiento. Las tasas de reciclado en la UE han despegado después de la emisión de las directivas comunitarias sobre rellenos sanitarios y reciclaje. Se espera disminuir el crecimiento de la tasa de reciclaje tanto en los Estados Unidos y Japón, cuyos porcentajes se aproximan al 100% y la demanda automotriz permanece estática. Países como la India y China, cuya demanda automotriz está actualmente en auge, se espera prestar atención a este problema pronto. (Tire Recycling Industry, 2003)

Es probable que esto continúe hasta que los productos derivados de llantas puedan competir con otros materiales en términos puramente técnicos y el precio en lugar de depender de los incentivos. Sin embargo, la falta de normas y especificaciones técnicas para el caucho granulado de llanta de desecho hasta hace poco ha dificultado la introducción en los mercados de ingeniería. La Rentabilidad futura es una puerta abierta tanto en la capacidad de la industria para convertir en productos innovadores y el apoyo continuo del gobierno. (Tire Recycling Industry, 2003)

En nuestro país, actualmente no existe un tratamiento específico para que los municipios manejen de manera adecuada la disposición final de las llantas que generalmente van a parar a botaderos a cielo abierto, escombreras, quebradas, lotes baldíos, y muchas veces en las calles. Los gestores ambientales no reciclan llantas a gran escala, las recogen para enviar a reencaucharlas, para elaborar artesanías y partes automotrices.

El Ministerio del Ambiente (MAE), a través del Programa Nacional de Desechos Sólidos (PNDS), propuso la elaboración del Reglamento para la gestión de neumáticos usados, mismo que actualmente se encuentra en revisión y una vez finalizado se presentará la propuesta al Gobierno Nacional.

Fabián Espinoza, gerente del PNDS de ese tiempo, explicó que en el país se desechan tres millones de llantas al año. El 12% va a reencauche y se busca que el restante sea reutilizado en novedosos productos. (El Comercio, Las llantas viejas de Galápagos se usarán para pisos y asfalto, 2012)

En agosto del 2012, el MAE conjuntamente con el Ministerio de Salud Pública (MSP) llevaron a cabo el Plan de Eliminación de Neumáticos en las Islas Galápagos cuya iniciativa fue de preservación ambiental del ecosistema de este Patrimonio Natural de la Humanidad y lograron recolectar con éxito alrededor de 35.000 llantas que recibirán un tratamiento técnico y ecológico, del total una parte serán entregadas a la empresa Aliboc que cuenta con el equipo para hacer adoquines y material para asfalto mejorado, así como a gestores y artesanos calificados. (El Comercio, Las llantas viejas de Galápagos se usarán para pisos y asfalto, 2012)

La problemática relativa al mal manejo de los residuos sólidos actualmente constituye un problema de alcance nacional, ya que los servicios básicos de aseo urbano en el país, en términos de cobertura, eficiencia y calidad, no han logrado atender a la mayoría de la población en forma satisfactoria; situación que compromete seriamente la salud y el bienestar de la comunidad y que afecta con mayor intensidad a los segmentos de población menos privilegiados económicamente.

Marcela Aguiñaga, Ministra de Ambiente del periodo 2011, indico que “161 municipios no hay manejo de la basura” es decir el 73% no tiene manejo de ningún tipo y menciono que si los cabildos no colaboran no puede incentivar el reciclaje. Además sostuvo que el Presidente acepta que el tema tardará. (El Comercio, En 161 municipios no hay manejo de la basura, 2011)

Otra iniciativa a corto plazo para evitar el desecho de las llantas, es el reencauche el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) en el 2011 creó el Plan Reúsa Llanta que se aplicará para los neumáticos a partir del rin 15, utilizados en vehículos livianos, tipo "SUV", y de transporte pesado (pasajeros y de carga). Con esto se busca dinamizar la industria del reencauche en el país, promover una producción más limpia, disminuir las importaciones de neumáticos especialmente de buses y camiones, y reducir la salida de divisas. (MIPRO, 2013)

Según datos de la Internacional de Llantas y Cauchos (INTRA), en el Ecuador se reencaucha el 20% del total de neumáticos utilizados por el parque automotor, mientras que en países como Brasil el proceso llega al 120%; EEUU 100%; Colombia 46%; Perú 33% y Europa 70%.

El Estado ha invertido USD 2 millones en la primera fase de este proyecto y desde la instauración del programa, el abastecimiento de la demanda nacional por parte de las industrias locales ha crecido significativamente.

Al momento, 11 empresas reencauchadoras de Quito, Ambato, Cuenca y Guayaquil participan en el proyecto, entre ellas: Durallanta, Conauto Recamic, Iso Llanta, Europea, Llantera Oso y Renovallanta, de las cuales Durallanta y Reencauchadora Europea lideran la producción mensual con 3.800 y 3.600 unidades respectivamente lo que representa el 22% y 21% de participación en el mercado del reencauche a nivel nacional. (Ver tabla 14)

Tabla 14 - Empresas Reencauchadoras a nivel nacional

Nº	Empresa	Total Unidades Mes	% Participación	Ubicación
1	Grupo Durallanta	3.800	22%	Quito, Guayaquil, Cuenca
2	Europea	3.600	21%	Quito, Guayaquil
3	Renovallanta Superior General Tire	2.800	16%	Quito
4	Llantera Oso	1.600	9%	Quito
5	Isollantas	1.200	7%	Cuenca
6	Cauchos Sierra	1.100	6%	Ambato
7	Recandina Goodyear	800	5%	Cuenca
8	Recamic Conauto	900	5%	Guayaquil
9	Ecuador Goodyear	850	5%	Quito
10	Antonio Pino Ycaza Goodyear	400	2%	Guayaquil
11	Galarza	200	1%	Manabí
	TOTAL	17.050	100%	

Fuente: Ministerio de Productividad, MIPRO

Según datos del MIPRO, en el 2010, al inicio del plan se reencaucharon alrededor de 200.000 llantas, mientras que en 2012 este número se incrementó a cerca de 288.000. (Telegrafo, 2011)

Según datos del Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE), en el 2009 Ecuador importó \$ 64 millones de dólares en 357.814 neumáticos; en el 2010, dicha cifra llegó a \$ 105 millones de dólares por la traída de 629.872 llantas (76% más). Sin embargo, en el 2011, el volumen importado bajó a 531.610. Hasta septiembre del 2012, las compras externas de neumáticos cifran las 237.162, unidades, por \$ 59,6 millones de dólares, acotó el SENAE. (PP El Verdadero, 2012)

2.3 EL POLVO DE CAUCHO DE LLANTAS DESECHADAS

El polvo de caucho, es el nombre dado al material obtenido a partir de la trituración del caucho residual de los neumáticos de automóviles y camiones desechados, mediante este proceso el acero y la fibra son retirados dejando el caucho con una consistencia granular a medidas granulométricas o escalas mesh³ que van desde 3/8" a 40 mesh y la eliminación del 99% del acero y la fibra adheridas al caucho de las llantas de desecho. (Wikipedia, Wikipedia, 2012)

En el proceso, el polvo de caucho pasa a través de las aberturas entre los alambres de cada malla. Cuantas más aberturas tenga la malla mayor tamizado o cernido tendrá por pulgada lineal. Es decir, malla 30 significa que hay 30 agujeros o aberturas por pulgada lineal. A mayor número de aberturas, menor debe ser el material que pasa a través de la malla. (Ver figura 12)

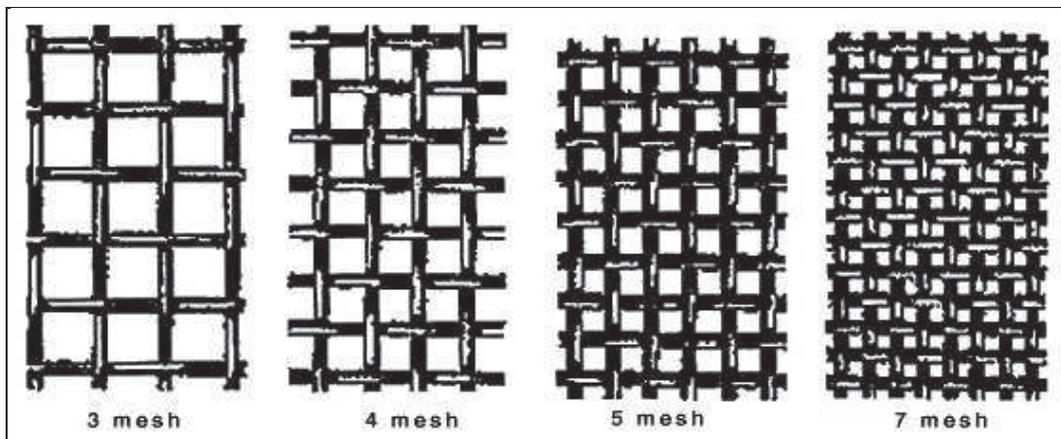


Figura 12 - Tamaños de Malla (Mesh)

Fuente: (Scrap Tire News, USA, 2012)

A continuación en la tabla 15, se muestra la conversión de partículas de caucho a escalas granulométricas de referencia para los diferentes tipos de utilizaciones.

³ Especificación de malla o tamiz generalmente hechos de hilos sean de metal, fibra u otro tipo de material flexible ó dúctil. Actúa de manera similar a la tela que tiene muchos tejidos entre sí.

Tabla 15 - Conversión de partículas a escalas granulométricas

Designación del Tamiz		Apertura Nominal Tamiz		
Estandar	MESH	Milímetros	Pulgadas	Micras
25.4 mm	1 in.	25.4	1.00	25400
22.6 mm	7/8 in.	22.6	0.875	22600
19.0 mm	3/4 in.	19.0	0.750	19000
16.0 mm	5/8 in.	16.0	0.625	16000
13.5 mm	0.530 in.	13.5	0.530	13500
12.7 mm	1/2 in.	12.7	0.500	12700
11.2 mm	7/16 in.	11.2	0.438	11200
9.51 mm	3/8 in.	9.51	0.375	9510
8.00 mm	5/16 in.	8.00	0.312	8000
6.73 mm	0.265 in.	6.73	0.265	6730
6.35 mm	1/4 in.	6.35	0.250	6350
5.66 mm	No. 3 1/2	5.66	0.223	5660
4.76 mm	No. 4	4.76	0.187	4760
4.00 mm	No. 5	4.00	0.157	4000
3.36 mm	No. 6	3.36	0.132	3360
2.83 mm	No. 7	2.83	0.111	2830
2.38 mm	No. 8	2.38	0.0937	2380
2.00 mm	No. 10	2.00	0.0787	2000
1.68 mm	No. 12	1.68	0.0661	1680
1.41 mm	No. 14	1.41	0.0555	1410
1.19 mm	No. 16	1.19	0.0469	1190
1.00 mm	No. 18	1.00	0.0394	1000
0.841 mm	No. 20	0.841	0.0331	841
0.707 mm	No. 25	0.707	0.0278	707
0.595 mm	No. 30	0.595	0.0234	595
0.500 mm	No. 35	0.500	0.0197	500
0.420 mm	No. 40	0.420	0.0165	420
0.354 mm	No. 45	0.354	0.0139	354
0.297 mm	No. 50	0.297	0.0117	297
0.250 mm	No. 60	0.250	0.0098	250
0.210 mm	No. 70	0.210	0.0083	210
0.177 mm	No. 80	0.177	0.0070	177
0.149 mm	No. 100	0.149	0.0059	149
0.125 mm	No. 120	0.125	0.0049	125
0.105 mm	No. 140	0.105	0.0041	105
0.088 mm	No. 170	0.088	0.0035	88
0.074 mm	No. 200	0.074	0.0029	74
0.063 mm	No. 230	0.063	0.0025	63
0.053 mm	No. 270	0.053	0.0021	53
0.044 mm	No. 325	0.044	0.0017	44
0.037 mm	No. 400	0.037	0.0015	37

Fuente: Sigma Aldrich, 2012

La Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), cuenta con una gama de normas para la especificación de los diferentes rangos de tamaños de polvo de neumáticos, para los fabricantes de polvo de caucho a menudo es necesario tener un análisis más detallado de la gama de tamaños de las partículas.

2.3.1 PROCESOS DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO

2.3.1.1 Trituración Mecánica

La trituración mecánica emplea cuchillas para desmenuzar las llantas; por lo general este tipo de proceso se realiza en cascada, es decir, se trituran paulatinamente las llantas hasta alcanzar el tamaño mínimo requerido y luego se emplean clasificadores neumáticos y magnéticos para separar el acero y la fibra textil presentes.

La mayor ventaja de este proceso es que se obtienen productos de buena calidad con un reducido número de etapas de proceso; adicionalmente no requiere de etapas de purificación ya que no se emplean sustancias ajenas a las llantas.

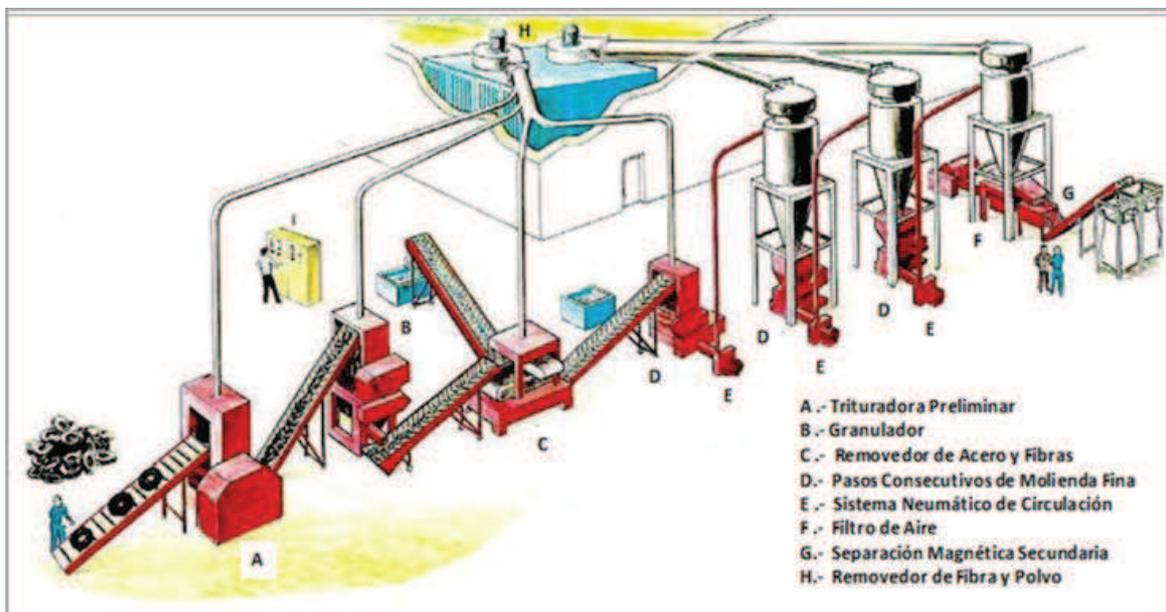


Figura 13 - Esquema de Planta de Trituración Mecánica de Neumáticos

Fuente: (CIMP, Francia, 2012)

Arriba, la figura 13, muestra un diseño de la planta, los neumáticos se transforman primero a una trituradora preliminar y quedan en pedazos de 2 "(50 mm) de tamaño (A). Los pedazos pasan a un granulador (B). En esta etapa se reducen a un tamaño más pequeño gránulos de 3/8 "(10 mm), mientras es liberada la mayor parte del acero y fibra de los gránulos de caucho. Después de salir del granulador, se retira el acero magnéticamente y las fracciones de fibra son eliminadas por una combinación de agitación pantallas y tamices de aire (C).

Aunque hay una cierta demanda de gránulos de 3/8", la mayoría de las aplicaciones requieren un material más fino, principalmente en el intervalo de 10 a 30 mesh. Por esta razón, las plantas de molienda tienen una serie de pasos consecutivos de trituración (D). Así como también sistemas neumáticos de circulación de aire (E), filtros y separadores magnéticos (G) para el metal residual, finalmente separadores de fibra remanente (H).

2.3.1.2 Trituración Criogénica

Consiste en congelar con nitrógeno líquido llantas enteras, las cuales son golpeadas para obtener el caucho en forma de polvo, con liberación de nitrógeno gaseoso. Este proceso tiene como ventaja el reducido tamaño de las partículas obtenidas y como desventaja el hecho de que las partículas acero y caucho se encuentran mezclados; la desventaja es que se requiere instalaciones con altos costos de inversión y mantenimiento, así como maquinaria altamente especializada. (Ver figura 14)



Figura 14 - Esquema de Planta de Trituración Criogénica de Neumáticos.

Fuente: (CIMP, Francia, 2012)

2.3.2 TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN TÉRMICA

2.3.2.1 Pirolisis

La pirolisis es la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales (excepto metales y vidrios), causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno. (Wikipedia, 2006) A través de este proceso se obtiene productos de menor peso molecular como líquidos, gases y carbón residual. (Miranda, 2005)

Los principales componentes de las llantas son elastómeros, carbón negro, material reforzado y otros productos como óxido de zinc y acero. Al calentar, el caucho y demás componentes se descomponen y son convertidos en aceite y gas. El residuo de pirolisis consiste en recuperar el carbón negro de relleno, materiales inorgánicos y proporciones variables de material carbonoso formado a partir de los productos de caucho en descomposición. (CATRA, 2005)

Un ejemplo de pirolisis es la destrucción de neumáticos usados. En este contexto, la pirolisis es la degradación del caucho mediante el calor en ausencia de oxígeno. (Ver figura 15)

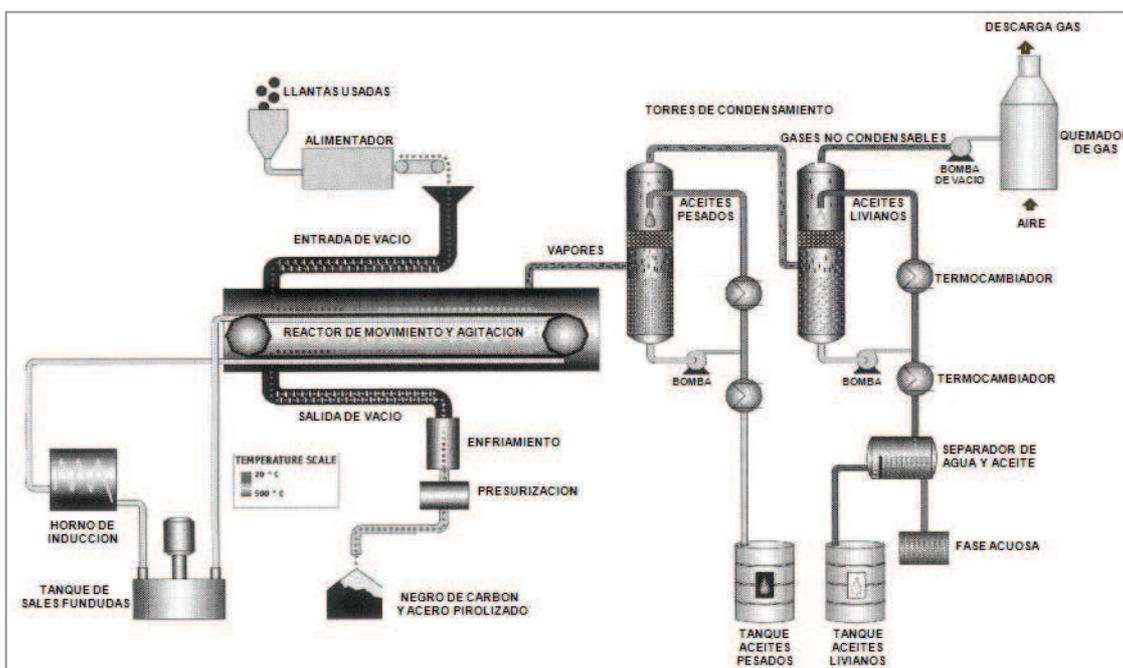


Figura 15 - Esquema del Proceso de Pirolisis con llantas desechadas

Fuente: (Pirolisis al vacío de llantas usadas, C.Roy, A.Chaala. Universidad de Quebec, 1999)

En el proceso las llantas usadas son alimentadas en un tanque que tiene 14 m de largo y 2 m de diámetro, a través de un sistema de mezcla rastrillo que circula sobre dos placas de calentamiento fijas. (Ver figura 12)

Las partículas de llantas pirolizadas permanecen en el interior del reactor durante un tiempo aproximado de 12 minutos a 500°C y la presión de pirolisis es 15-20 kPa⁴ (1.45-2.17 Psi). El negro de carbón pirolítico se enfría en la extracción de transportadores de tornillo, mientras que los vapores pirolíticos y productos gaseosos son arrastrados por la bomba de vacío principal a través de un sistema de condensación de dos etapas. El aceite pesado se condensa en la primera torre sellada y el aceite ligero se recupera en la parte inferior de la segunda torre sellada. El exceso de gas pirolítico es suficiente para mantener el suministro de energía para la planta de pirolisis y el gas en exceso puede ser vendido

Los resultados finales producto de las llantas desechadas que pasaron por el proceso de pirolisis aproximadamente son los siguientes:

34% aceite pirolítico (valor calorífico 43.800 kJ/kg, 1.2% contenido de sulfuro), 32% negro de carbón pirolítico, 17% gas (valor calorífico 46.000 kJ/kg, rico en hidrogeno, metano propano, butano), 15% acero y 2% fibras.

2.3.2.2 Microonda

Es otra tecnología utilizada para reciclaje y reducción de llantas desechadas, un ejemplo del proceso de microondas fue patentada por Environmental Waste International empresa canadiense que actualmente se encuentra operando en la provincia de Ajax, en Ontario. (CATRA, 2005)

El sistema aplica directamente la energía de microondas a los neumáticos a medida que pasan a través de un túnel lleno de nitrógeno sobre una base continua. El nitrógeno evita la formación de subproductos peligrosos. (EWI, 2012)

⁴ Kilopascal es una unidad métrica de presión y es igual a 1000 fuerza de newton por metro cuadrado. La abreviatura es kPa. Se utiliza ampliamente a nivel mundial, aunque en algunos países es reemplazado por Psi (*Pound force per Square Inch*) 1 libra de fuerza por pulgada cuadrada. 1 kPa = 0.145037738 Psi

En este proceso, las llantas desechadas entran en el área de procesamiento y suben en una torre inclinada de alimentación seca. Cada llanta pasa a través de una serie de entrepuertas antes de entrar en la línea de proceso. Las llantas son movidas a través de un túnel, donde el campo de microondas hace que los neumáticos se rompan. El proceso del túnel los gases se extraen y pasan a través de un condensador, donde se recoge el aceite. Los hidrocarburos gaseosos restantes continúan a la torre de limpieza donde se elimina el azufre. El gas e hidrocarburos de aceite recuperados pueden ser usados para generar electricidad para el sistema o se puede vender como materia prima para otros procesos industriales. (EWI, 2012) (Ver figura 16)

El carbón y el acero sobrante en la banda transportadora hasta salir del túnel de microondas. En este punto, el carbón es separado del acero y pasan a través de un tanque de agua separador donde el carbón es recolectado y transferido a recipientes para un nuevo procesamiento o almacenaje. Igualmente, el acero es limpiado y almacenado. Este proceso reúsa y reutiliza el 100% de las llantas desechadas que fueron alimentadas en la línea. (EWI, 2012)

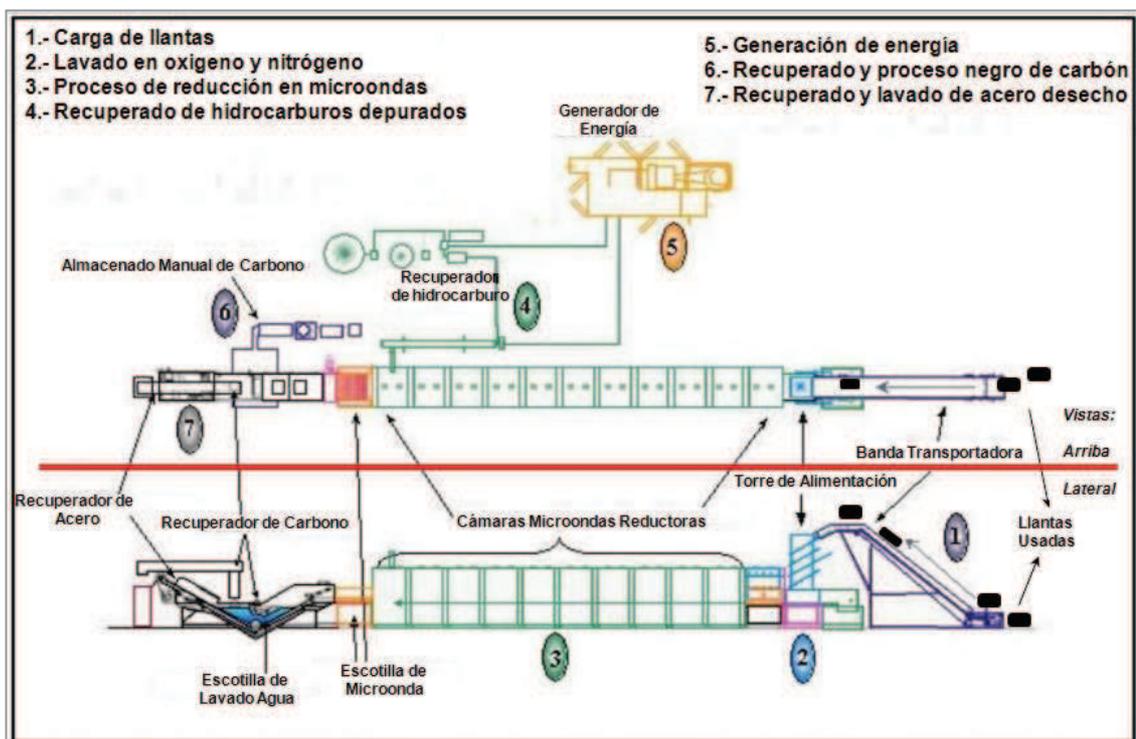


Figura 16 - Esquema del Proceso de Microonda con llantas desechadas

Fuente: (Environmental Waste International, 2012)

2.4 APLICACIONES DE GRANULO DE CAUCHO

Los neumáticos reducidos a gránulos de caucho se los puede utilizar en:

2.4.1 APLICACIONES ATLÉTICAS Y RECREACIONALES

Sirve como una carpeta artificial para campos deportivos, pasto natural (césped), y como recubrimiento amortiguador en áreas de juegos para proteger a los niños de las caídas.

Foto 7 - Aplicaciones de polvo de caucho en pistas atléticas y recreacionales



2.4.2 APLICACIONES PARA PRODUCTOS MOLDEADOS

Las llantas triturados también sirven para elaborar productos manufacturados:

Foto 8 - Aplicaciones de polvo de caucho en productos moldeados



<p>Rompe velocidades, topes de estacionamientos:</p>  <p>Fuente: www.gnrtech.com</p>	<p>Techos</p>  <p>Fuente: www.tracc.ca</p>
---	---

2.4.1 APLICACIONES EN ASFALTO MODIFICADO CON CAUCHO

Para el caso del presente estudio se dará énfasis a la utilización del polvo o gránulo de caucho de llantas desechadas para su uso en la pavimentación de asfalto modificado. El caucho molido se agrega al aglutinante asfáltico para mejorar las características de desempeño de las vialidades, incluyendo su duración.

2.4.2 ASFALTO

2.4.2.1 Composición

El asfalto es considerado un sistema coloidal complejo de hidrocarburos. El modelo adoptado para configurar la estructura del asfalto se denomina modelo micelar, el cual provee de una razonable explicación de dicha estructura, en el cual existen dos fases; una discontinua (aromática) formada por dos asfáltenos y una continua que rodea y solubiliza a los asfáltenos, denominada máltenos. Las resinas contenidas en los máltenos son intermediarias en el asfalto, cumpliendo la misión de homogeneizar y compatibilizar a los de otra manera insolubles asfáltenos. Los máltenos y asfáltenos existen como islas flotando en el tercer componente del asfalto, los aceites. (Instituto del Asfalto, 2012) (Ver Figura 17)

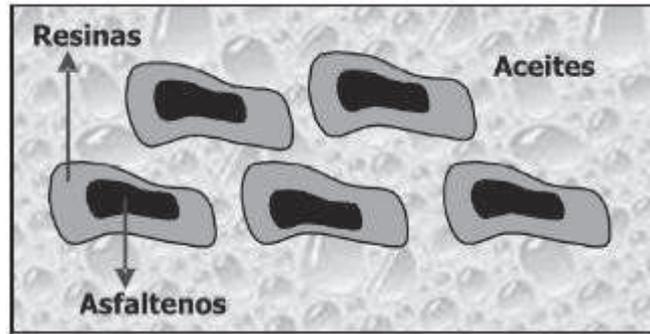


Figura 17 - Principales componentes del Asfalto

Fuente: (Figuroa. A, Reyes. F, Universidad Nacional, Bogotá, 2007)

2.4.2.2 Características

El asfalto es un líquido viscoso constituido esencialmente por hidrocarburos o sus derivados, a continuación nombramos algunas de sus características: (Asfalto en obra civil, 2012)

- ✓ **Viscosidad:** es una propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan mayor resistencia a fluir en comparación de un fluido con baja viscosidad que fluye con facilidad. Es importante mencionar que la viscosidad es inversamente proporcional a la temperatura; a mayor temperatura, menor viscosidad. La viscosidad de un asfalto es usualmente medida en un viscosímetro capilar en una manera similar a la que se miden los aceites lubricantes.
- ✓ **Durabilidad:** capacidad para mantener sus propiedades con el paso del tiempo y la acción de agentes envejecedores.
- ✓ **Elasticidad:** es una propiedad que tienen los materiales para recuperar su forma al finalizar o disminuir la carga que los modifica.
- ✓ **Resistencia al corte:** es la capacidad de resistencia a altas temperaturas, la cual se determina con un “reómetro de corte dinámico”, que es el aparato que imprime una fuerza cortante cosenoidal con la que se miden dichas resistencias.

- ✓ **Consistencia:** se refiere a la dureza del material, la cual depende de la temperatura. A altas temperaturas se considera el concepto de viscosidad para definir las (mayor temperaturas, menor viscosidad).

2.4.2.3 Tipos de asfaltos para pavimentación

Para el uso en pavimentos, los asfaltos se clasifican en:

- **Cemento asfáltico:** Es el Asfalto refinado o una combinación de éste con un aceite fluidificante, cuya viscosidad es apropiada para los trabajos de pavimentación.
- **Asfalto líquido:** Es el cemento asfáltico licuado con solventes como la gasolina (RC), el kerosén (MC) o un aceite liviano (SC). Su uso está muy limitado por efectos ambientales.
- **Emulsión asfáltica:** Dispersión de glóbulos de cemento asfáltico dentro de agua en presencia de un agente emulsificante. Puede ser aniónica o catiónica, dependiendo de la carga eléctrica de los glóbulos.



Foto 9 - Tipos de asfaltos para pavimentación

Fuente: (Ensayos sobre pavimentos, México, 2012)

- **Grado de penetración del asfalto**

Se basa en el resultado del ensayo de penetración, es cual describe la consistencia a una temperatura de 25°C el MTOP ha adoptado dos grados de cemento asfáltico para pavimentación, con penetraciones comprendidas dentro de los rangos 60-70 y 80-100. (Ver tabla 16)

Tabla 16 - Tipo de cemento asfáltico según el Grado de Penetración

CARACTERISTICA	Referencia	GRADO DE PENETRACION				
		40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
PENETRACION A 25°C, 100 g,5 s, 0,1 mm	Min.	40	60	85	120	200
	Max.	50	70	100	150	300
PUNTO DE INFLAMACION, (Copa Cleveland)	°f	450	450	450	425	350
DUCTILIDAD A 25°C, 5 cm/min	cm	100	100	100	100	100
SOLUBILIDAD TRICLOROETILENO	%	99	99	99	99	99
PENETRACION RETENDIDA DESPUES DE TOF	%	55	52	47	42	37
DUCTILIDAD A 25°C, 5 cm/min	cm	-	50	75	100	100

Fuente: ASTM D946: Especificaciones para asfaltos graduados por Grado de Penetración en construcción de pavimentos

➤ Grado de viscosidad del asfalto

Se basa en la determinación de la viscosidad absoluta del producto a 60°C

Cuando las pruebas se realizan sobre el asfalto original se designan como AC-2.5; AC-5; AC-10; AC-20 y AC-40 y se designan como AR 1000, AR 2000, AR 4000, AR 8000 y AR 1600, cuando se efectúan sobre muestras de asfaltos sometidos a un ensayo de envejecimiento acelerado.

En el primer caso, el número de identificación es la centésima parte de la viscosidad deseada a 60°C, en Poises, y en el segundo caso es la viscosidad deseada a la misma temperatura, en Poises. (Ver tabla 17)

Tabla 17 - Tipo de cemento asfáltico según el Grado de Viscosidad a 60°C

CARACTERISTICA	GRADO DE VISCOSIDAD					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosidad, 60° poises	250-50	500+100	1000+200	2000+400	3000+600	4000+800
Viscosidad 135° Cs-mínima	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25° C 100 g.,5 segundos – min.	220	140	80	60	50	40
Punto inflamador, Cleveland. °C(°F) - min.	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en tricloroetileno, % min.	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO:						
Perdida por calentamiento, % máx.(opcional) (1)		1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60° C, poises - máx.	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25° C, 5 cm por minuto, cm min.	100 (2)	100	75	50	40	25

(1) El uso de perdida por calentamiento es opcional

(2) Si la ductilidad es menor que 100, el material será aceptado si es a 15.6° C tiene un valor mínimo de 100

Fuente: ASTM D3381: Especificaciones para asfaltos graduados por Grado de Viscosidad en construcción de pavimentos

2.4.2.4 Función del asfalto en los pavimentos

En la construcción de pavimentos, el asfalto puede cumplir las siguientes funciones: (Reyes, 2003)

- ✓ Impermeabilizar la estructura del pavimento haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua.
- ✓ Proporcionar una íntima unión y cohesión entre los agregados capaces de resistir a la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos.
- ✓ Mejorar la capacidad portante de la estructura y permite reducir el espesor

En la tabla 18, se muestra el tipo de cemento asfáltico que deberá ser utilizado según el clima y el tipo de tráfico vehicular, para el caso de la ciudad de Quito el clima es moderado y deberá usarse el de tipo 60-70.

Tabla 18 - Tipo de cemento asfáltico según clima y tráfico

Lugar de Pavimentación	CLIMA				
	Muy Cálido	Cálido	Moderado	Frio	Muy Frio
CARRETERAS					
Tráfico pesado y muy pesado	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Tráfico medio ligero	40-50	60-70	60-70	85-100	120-150
CALLES					
Tráfico pesado y muy pesado	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Tráfico medio ligero					
CAMINOS PARTICULARES					
Industriales	40-50	40-50	60-70	85-100	120-150
Comerciales/Estación Servicio	40-50	60-70	60-70	85-100	85-100
Residenciales	60-70	60-70	85-100	85-100	85-100

Fuente: Manual del Asfalto USA y experiencia de aplicación en países de Europa y Sudamérica

En la ciudad de Quito, la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP) es la institución encargada del mantenimiento, bacheo y repavimentación vial de la ciudad, se abastece de asfalto de la Refinería Estatal de Esmeraldas (REE) y en su planta ubicada en la Av. Interoceánica y Av. Simón Bolívar, sector Miravalle (Ver Foto 10). Procesa aproximadamente 80 toneladas de mezcla asfáltica cada hora (El Hoy, El 40% de las vías asfaltadas de Quito se encuentra en mal estado, 2012)



Foto 10 - Planta de Asfalto de la Epmmpo Quito

Fuente: (Mora, P., Chicaiza M., 2013)

2.4.2.5 La mezcla asfáltica

Es una mezcla en proporciones exactas de agregados minerales pétreos y un ligante derivado del petróleo llamado asfalto. Esta generalmente constituida aproximadamente por un 90% de agregado pétreo, un 5% de polvo mineral y un 5% asfalto. De las correctas proporciones de estos materiales dependen sus propiedades técnicas y funcionales.

Estas mezclas asfálticas pueden ser confeccionadas en plantas estacionarias o portátiles y con los equipos apropiados para esta labor.

En la planta de asfalto de la EPMMOP se elabora la mezcla asfáltica preparada con materiales granulares, ligante asfáltico y aditivo, la cual se tiende y compacta en la vía y sobre capas granulares previamente colocadas, todas forman parte del paquete estructural de pavimento.

La EPMMOP, elabora dos tipos de mezclas asfálticas:

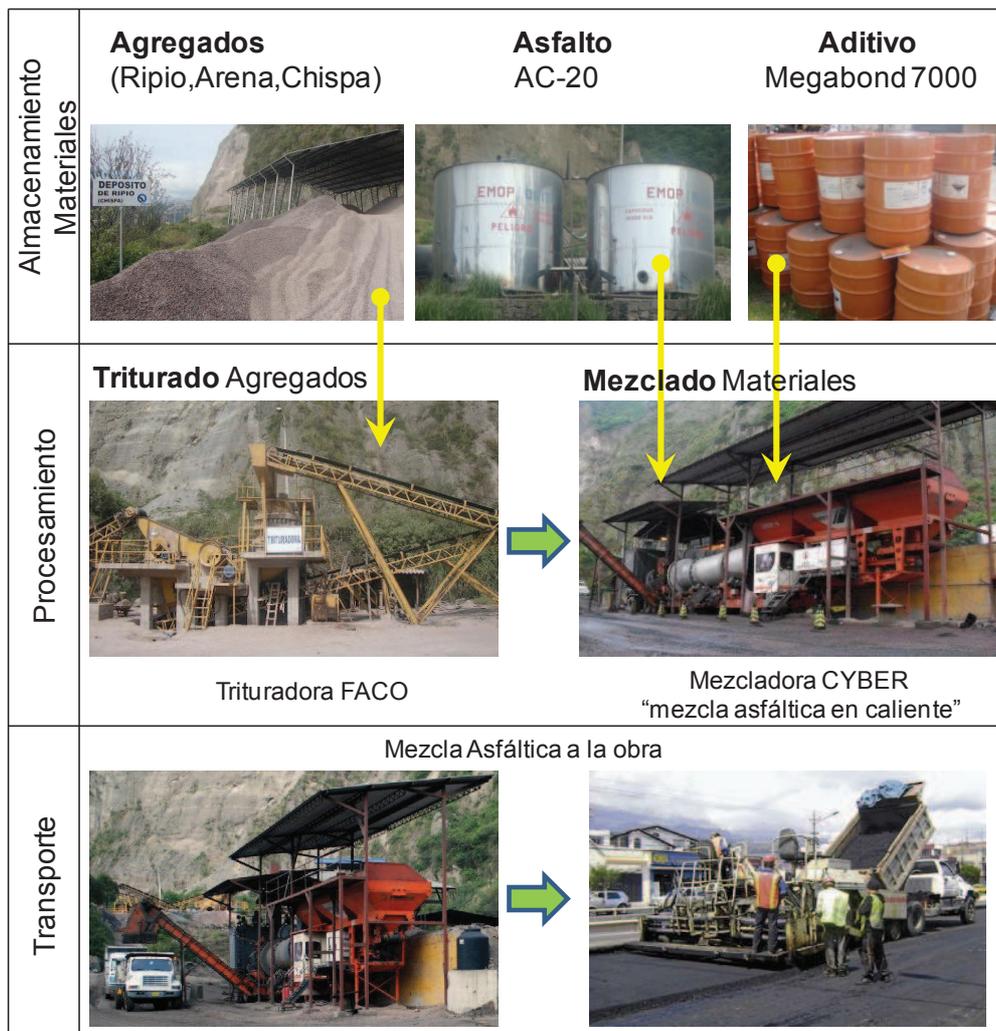
- ✓ **En frío** (reciclados con emulsión, micropavimentos y sellos carpeta asfáltica) para esto cuenta con una maquina Mezcladora BARBER GREEN.
- ✓ **En caliente** (base asfáltica, carpeta asfáltica) para esto cuenta con una maquina Mezcladora CYBER.

Los materiales utilizados en las mezclas son:

- ✓ **Material Granular:** Ripio y arena que provienen de minas y canteras de material pétreo de las inmediaciones del DMQ como Pintag y Guayllabamba. Este material es triturado en una máquina FACCO.

- ✓ **Asfalto:** El tipo utilizado es el AC-20, producido por la Refinería Estatal de Esmeraldas, que cumple con la norma de calidad INEN 2515-2010, en base a la Norma Internacional ASTM D3381 del tipo AC-20. Es almacenado en 2 tanques de 10.000 galones cada uno.

Una vez efectuada la mezcla es trasladada en volquetas hasta los lugares en donde se ejecutan a diario las obras de conservación vial. (Ver figura 18)



Diseño: Autores (Mora, P., Chicaiza, M.)

Figura 18 - Proceso de elaboración mezcla asfáltica Epmop, 2013.

Según datos de la EPMMOP, al mes se utilizan 81 mil galones de emulsión asfáltica para mezcla asfáltica en caliente utilizada en pavimentación y bacheo; y 25 mil galones para los asfaltos en frío. (El Hoy, El 40% de las vías asfaltadas de Quito se encuentra en mal estado, 2012)

En la siguiente tabla, se muestra el diseño de la mezcla asfáltica que se elabora en la planta de asfalto de la EPMMOP, tanto para la base como para la carpeta asfáltica:

Tabla 19 - Diseño de la mezcla asfáltica Planta Asfalto Epmmpop

Material	Base	Carpeta Asfáltica
Asfalto (AC-20)	5,4%	7,0%
Aditivo (Megabond)	0,5%	0,5%
Ripio	34,1%	18,6%
Chispa 3/8"	18,0%	18,6%
Arena 1/2"	42,0%	55,3%
TOTAL	100,0%	100,0%

Fuente: Planta Asfalto Epmmpop, 2013

El control de calidad de la mezcla asfáltica, se lo realiza en planta y en la obra:

- ✓ **Temperaturas de la mezcla:** La mezcla asfáltica en caliente, debe salir de planta mínimo a 160°, tenderse en vía aproximadamente a 140° y compactarse 120°, aproximadamente.
- ✓ **En obra se toman muestras de la mezcla,** mismas que son ensayadas en laboratorio determinando varios parámetros como: cantidad de asfalto de los agregados, abrasión etc. Esto permite identificar la calidad final, este control se efectúa tanto para las obras contratadas como para las que se ejecutan por administración directa, los resultados obtenidos son satisfactorios. Cuando no cumplen las exigencias, la mezcla es levantada en forma inmediata y repuesta.

2.4.3.2 Tipos de pavimentos

El pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo de terraplén.

Existen dos tipos de pavimentos: los flexibles (de asfalto) y los rígidos (de concreto hidráulico). La diferencia entre estos tipos de pavimentos es la resistencia que presentan a la flexión. (Díaz, 2011)

2.4.3.2.1 Diseño de pavimentos

Todos los diseños de pavimentos deben generarse para que cumplan su vida útil de la estructura que si no se diseña dependiendo de paso vehicular se pueden producir varios tipos de fallas de funcionabilidad a la estructural debido que al pavimento no brinda un paso seguro sobre él, de tal forma que no transporta cómoda y seguramente a los vehículos. La falla estructural está asociada con la pérdida de cohesión de algunas o todas las capas del pavimento de tal forma que éste no pueden soportar las cargas a la que está sometida.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezcan las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un “índice” de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

Para el caso de Ecuador, el diseño de de los pavimentos se encuentra enmarcado de acuerdo a las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes emitida por el Ministerio de Obras Públicas, MOP-001-F-2002, Tomo II. (MTOPI, 2002) (Anexo D)

2.4.3.2.2 Deformaciones en los pavimentos

Los pavimentos asfálticos flexibles sufren deterioros por tres principales factores:

- ✓ **Clima:** Tiene que ver con la temperatura a la que se ve expuesto el pavimento y variaciones de temperatura por cuestiones climáticas y humedad propiciada por lluvia así como las bajas temperaturas en los meses de invierno.

- ✓ **Deformación por tránsito:** Los pavimentos asfálticos se diseñan para soportar una carga promedio que con el uso genera una deformación por la circulación de vehículos.
- ✓ **Tiempo:** Considerando que los pavimentos asfálticos de la ciudad de Quito cumplieron con la vida útil que es de 20 años.

Rommel Herdoíza, docente de Ingeniería Civil, asegura que cuando llueve el agua empieza a abrir surcos y si el material compuesto con ripio no está pegado bien con el asfalto, se desgasta, otro problema: la falta de un sistema de drenaje de aguas lluvia. “Al permanecer mucho tiempo en la vía, el agua penetra por los poros y el material empieza a dañarse”. La recomendación del técnico es que antes de poner el asfalto, la base y sub-base deben ser compactadas para que la carpeta asfáltica no quede sobre partes vacías. (El Comercio, 12 Contratistas a cargo del bacheo vial, 2010)

Tabla 20- Catálogo de deterioro de pavimentos flexibles

1. DETERIOROS DE LA SUPERFICIE
1.1 DESPRENDIMIENTOS
a) PERDIDA DE AGREGADOS (SURCOS)
b) PERDIDA DE CAPA DE RODADURA (PELADURAS)
c) PERDIDA DE LA BASE (BACHE SUPERFICIAL)
1.2 ALISAMIENTOS
a) EXUDACION DEL LIGANTE (ASFALTO LLORADO)
b) DESGASTE DE ARIDOS (AGREGADOS)
c) EXPOSICIÓN DE AGREGADOS
2. DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA
2.1 DEFORMACIONES
a) RODERAS
b) BLANDONES
c) BACHES PROFUNDOS
d) ONDULACIONES
2.2 AGRIETAMIENTOS
a) GRIETAS LONGITUDINALES
b) GRIETAS TRANSVERSALES
c) FISURAS, SOLAS O EN RETICULA (MALLA)
d) PIEL DE COCODRILO (MALLA CERRADA)
3. DETERIOROS POR DEFECTOS CONSTRUCTIVOS

Fuente: Consejo de carreteras de iberoamerica, Volúmen 11, México, 2002.

Según un informe de los trabajos de mantenimiento vial realizados por la Epmmp, durante 2011, se taparon 461.650 baches en toda la ciudad, con una inversión de \$3`461 920. (El Hoy, Quito: pavimento en pésimo estado, 2012)

Jaime Rivera, Gerente de obras Publicas de la Epmmp, reconoce que la calidad del asfalto no es la mejor y dijo que, con aditivos, se puede mejora. Entre el 2 y el 22 de enero del 2012, se invirtieron \$950 mil en la compra del asfalto. Al año, se

invierten unos \$20 millones en mantenimiento vial. (El Hoy, El 40% de las vías asfaltadas de Quito se encuentra en mal estado, 2012)



Foto 11 - Pavimento con fisuras y baches, calle Osorio, La Michelena, Quito

Fuente: (Mora P.; Chicaiza, M., 2012)

2.4.3.3 Asfalto modificado con partículas de caucho

2.4.3.3.1 Antecedentes

Charles H. McDonald fue el pionero en los Estados Unidos en desarrollar la técnica del proceso húmedo (o reacción) de mezclas asfálticas modificadas con partículas de caucho en 1960. (Epps, 1994)

McDonald utilizó por primera vez la cubierta de goma de asfalto para un material de empaste e identificó la operación como una "curado" técnica de reparación en Phoenix, Arizona, en 1963. El sistema de aglutinante utilizado para el "curado" parche aplicado por pulverización y el parche era un "sello de chips" colocado a mano sobre un área limitada pavimento. La primera "gran área" de aplicación por pulverización en 1967 produjo resultados pobres debido a la alta viscosidad de la goma del asfalto con relación a la capacidad del distribuidor de asfalto para pulverizar materiales de alta viscosidad. Al reducir la concentración de partículas de caucho modificador, utilizando diluyentes, y alterando el equipo de distribución de asfalto, "grandes superficies" con exitosas aplicaciones de pulverización se colocaron en Arizona en los años 70 (Epps, 1994)

Más de 4,2 millones de toneladas de asfalto con caucho se ha utilizado en las carreteras de Arizona desde 1988, aproximadamente 1.500 neumáticos se utilizan para cada millas/carril de pavimento asfáltico con caucho (ADOT)

Florida DOT utiliza un caucho molido fino típicamente entre 6-12% en peso de aglutinante de asfalto en mezclas calientes densas y de granulometría abierta.

El caucho en el asfalto es el mayor mercado, el consumo estimado es de 220 millones de libras o aproximadamente 12 millones de neumáticos. California y Arizona consumen más polvo de caucho en asfalto en la construcción de carreteras (más del 80% de caucho asfáltico utilizado). Florida es el siguiente usuario, le siguen Texas y Nebraska que siguen utilizando mayores cantidades de caucho asfáltico. En Carolina del Sur también se está llevando a cabo la utilización de caucho en asfalto para las carreteras del condado y del estado. Otros estados que han estudiado y/o usado asfaltos modificados con caucho incluyen New York y New Mexico. (EPA, Environmental Protection Agency, 2012)

Hoy en día, el 70% de las agencias de transporte en los EE.UU. han utilizado o siguen utilizando asfalto modificado con caucho en los proyectos de pavimentación de carreteras, según un estudio encargado por la Fundación de asfalto de caucho (RAF), se había utilizado 14.820 toneladas de asfalto modificado con caucho en años pasados para pavimentar 3,745 millas de carreteras. (Survey, 2012)

2.4.3.3.2 Características mezcla asfalto-caucho

En términos generales, los asfaltos modificados con polímeros mejoran sus propiedades, como menor susceptibilidad a la temperatura, mayor intervalo de plasticidad, mayor cohesión, mejor respuesta elástica, al igual que mayor resistencia al agua y al envejecimiento.

Los modificadores aumentan la resistencia de las mezclas asfálticas a la deformación y a los esfuerzos de tensión repetidos, por lo tanto, a la fatiga; además, reducen el agrietamiento, así como la susceptibilidad de las capas

asfálticas a las variaciones de temperatura. Estos modificadores, por lo general, se aplican directamente al material asfáltico antes de mezclarlos con el material pétreo. (HESHMAT, 1995)

La modificación de asfalto es una nueva técnica utilizada para el aprovechamiento efectivo de asfaltos en la pavimentación de vías. Esta técnica consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito (peso vehicular).

Los objetivos que se persiguen con la modificación de los asfaltos con polímeros, es contar con ligantes más viscosos a temperaturas elevadas para reducir las deformaciones permanentes (ahuellamiento), de las mezclas que componen las capas de rodamiento, aumentando la rigidez. Por otro lado disminuir el fisuramiento por efecto térmico a bajas temperaturas y por fatiga, aumentando su elasticidad. Finalmente contar con un ligante de mejores características adhesivas. (Tonda, 2011)

Permite obtener mezclas asfálticas de mayor durabilidad y comportamiento bajo las cargas de tránsito. La tecnología de asfaltos modificados se emplea desde hace varios años en diferentes países del mundo.

2.4.3.3 Polímeros aplicables en pavimentos asfálticos

Son sustancias macromoleculares naturales o sintéticas, obtenidas a partir de moléculas por reacciones poliméricas, por lo tanto un polímero es un compuesto con un elevado peso molecular cuya estructura se representa por la repetición de pequeñas unidades. Una vez dispersos en el asfalto, llegan a formar redes tridimensionales, creando un reticulado que le confiere propiedades relevantes de elasticidad y modifican las propiedades del asfalto. (Reyes, 2003)

Los polímeros más utilizados para modificar los cementos asfálticos son el Caucho Natural (NR), el etileno-acetato de vinilo (EVA) y los elastómeros de estireno-butadieno-estireno (SBS), a continuación en la tabla 21, se muestran los principales polímeros utilizados en las mezclas asfálticas:

Tabla 21 - Principales polímeros utilizados en las mezclas asfálticas

Polímeros Termoplásticos	<p>Son solubles que se reblandecen con el calor y de acuerdo con su intensidad pueden llegar a fluir. Una vez enfriados es posible moldearlos sin que pierdan sus propiedades.</p> <p>Ejm: Polietileno, Polipropileno, Policloruro de Vinilo, Poliestireno, Etileno Acetato de Vinilo (EVA), entre otros</p>
Polímeros Termoendurecibles	<p>Se forman por la reacción química de dos componentes: la base y el endurecedor y dan lugar a una estructura entrecruzada por lo que no pueden recuperarse para volver a transformarse. Ejm: Resinas Fenólicas, Epoxi, Poliéster y las de Poliuretano..</p>
Elastómeros o Cauchos	<p>Son polímeros lineales amorfos, por lo general insaturados, sometidos a un proceso de vulcanización que adquieren una estructura parcialmente reticulada lo cual les confiere propiedades elásticas.</p> <p>Ejm: Caucho Natural (NR), Cauchos de Butadieno-Estireno (SBR), Elastómeros termoplásticos de Estireno-Butadieno-Estireno (SBS), Cauchos de Policropeno.</p>

Fuente: Reyes, A, Diseño racional de pavimentos, Bogotá, 2003.

La norma ASTM D 6114, determina las especificaciones técnicas para las mezclas asfalto-caucho, y menciona que el contenido de caucho debiera ser máximo del 15% del total de la mezcla. (Anexo J)

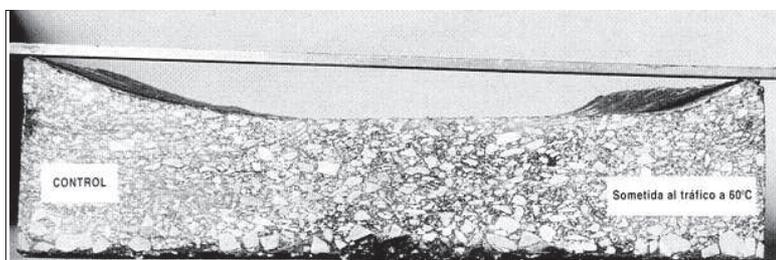


Foto 12 - Muestra de Pavimento Asfáltico Convencional

Fuente: (Asfaltos modificados con polímeros, México, 2009)

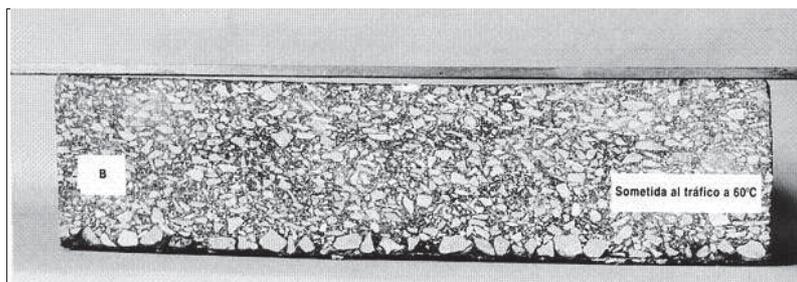


Foto 13 - Muestra de Pavimento Asfáltico Modificado

Fuente: (Asfaltos modificados con polímeros, México, 2009)

En la tabla 22, se muestran los requerimientos técnicos exigidos por la Asociación Americana de Carreteras Oficiales (AASHTO) para los cementos asfálticos modificados con SBS para cuatro tipos de usos, estas especificaciones contienen el tipo de ensayo que permite identificar la presencia del polímero y el comportamiento que tendría el nuevo el nuevo ligante modificado:

Tabla 22 - Especificaciones para asfaltos modificados con polímeros SBS

CARACTERÍSTICA	Ref.	ASFALTO TIPO			
		A	B	C	D
Penetración, 25°C, 100g, 5s.	Min.	100	75	50	40
	Max.	450	100	75	75
Penetración, 4°C, 200g, 60s.	Min.	40	30	25	25
Viscosidad Absoluta, 60°C, 60S	Min.	1.000	2.500	5.000	5.000
Viscosidad Sistemática, 135°C, cSt.	Max.	2.000	2.000	2.000	2.000
Punto de Ablandamiento, anillo y bola (A&B), °C	Min.	43	49	54	60
Punto de Inflamación, °C	Min.	218	218	232	232
Solubilidad en TCE, %	Min.	99,0	99,0	99,0	99,0
Separación, diferencias en A&B, °F	Max.	4	4	4	4
Residuo del Ensayo Rotatorio de Película Delgada (RTFOT)					
Recuperación Elástica, 25°C,%	Min.	45	45	45	50
Penetración, 4°C, 200g, 60s.	Min.	20	15	13	13

A: mezclas calientes aplicación en temperaturas bajas. B y C: mezclas abiertas o cerradas. D: climas calientes, alto tráfico
Fuente: AASHTO, AGC y ARTBA, Guide Specifications Polymer Modified Asphalt, Wasington DC, 1992

2.4.3.3.4 Beneficios de mezclas asfálticas con partículas de caucho

Según Xavier Castells en su libro *Reciclaje de residuos industriales*, Las principales características que presenta un asfalto fabricado con polvo de caucho frente a un convencional son: (Castells, 2000)

- Mayor resistencia mecánica (del orden del 70%)
- Disminución del desgaste de los neumáticos (hasta en un 25%)
- Mayor durabilidad (hasta el doble del convencional)
- Reducción del nivel del ruido del tráfico (en un 60%)
- Mejora las propiedades antideslizantes
- Menor fragilidad al agrietado provocado por la temperatura ambiente, lo que reduce el costo de mantenimiento
- Mejora la impermeabilización de la superficie pavimentada, evitando la penetración del agua.
- Mayor flexibilidad, ya que estos soportan mejor los esfuerzos mecánicos a los que son sometidos

Las formas más comunes de incorporación de caucho de neumáticos en desuso dentro de las mezclas asfálticas, son vía seca y la vía húmeda.

❖ **Método por la Vía Seca (Dry Process)**

Consiste en mezclar el caucho con el tamaño de partícula apropiado junto con los demás agregados antes de adicionar el asfalto. Se puede incluir entre 2 a 15% de caucho con respecto a los agregados. El porcentaje de partículas de caucho en el método por Vía Seca varía: por ejemplo Roberts et al. (1996) indica que entre el 3% al 5% de partículas de caucho del peso total de la mezcla es usado generalmente; en cambio en la Guía de uso de asfalto y caucho (Caltrans, 2006) indica que el porcentaje deberá estar entre el 1% al 3% del peso total de la mezcla asfáltica. (Ver Figura 19)



Figura 19 - Diagrama de Aplicación Gránulos de Caucho por Vía Seca

Fuente: (Utah Department of Transportation, USA, 2003)

❖ Método por la Vía Húmeda (Wet Process)

En este proceso, el caucho es mezclado directamente con el ligante, de igual forma que un asfalto modificado, para añadir posteriormente los agregados. Las partículas de caucho mayormente utilizadas en el proceso húmedo son más pequeñas que la malla N°10 (0.0787 pulgadas = 2 milímetros) o la malla N°16 (0.0469 pulgadas = 1.19 milímetros) (Roberts et al., 1996; Caltrans, 2006).



Figura 20 - Diagrama de Aplicación Gránulos de Caucho por Vía Húmeda

Fuente: (Utah Department of Transportation, USA, 2003)

2.4.3.3.6 Proceso de mezcla asfáltica con partículas de caucho

El asfalto “virgen” que está en un tanque de almacenamiento pasa a un tanque de calentamiento donde se mantiene a una temperatura de al menos 177 °C, luego se bombea las partículas de caucho a un mezclador durante un período de 45 a 60 minutos. El material resultante de asfalto-caucho pasa a un recipiente de reacción que tiene una agitación continua de mezcla. En la figura 21, se muestra los componentes del proceso de mezcla de asfalto-caucho que incluyen la tolva de partículas de caucho, el tanque de almacenamiento de asfalto, el tanque de calor que trae asfalto hasta alta temperatura alta, cámara de mezcla y, por último recipiente reacción donde el asfalto y caucho interactúan. (Kaloush, Octubre 2011)

Este sistema puede producir aproximadamente 28 toneladas de mezcla asfalto con caucho por hora, antes de añadir a los agregados, lo que sería suficiente para producir 400 toneladas de asfalto modificado en ese mismo período.

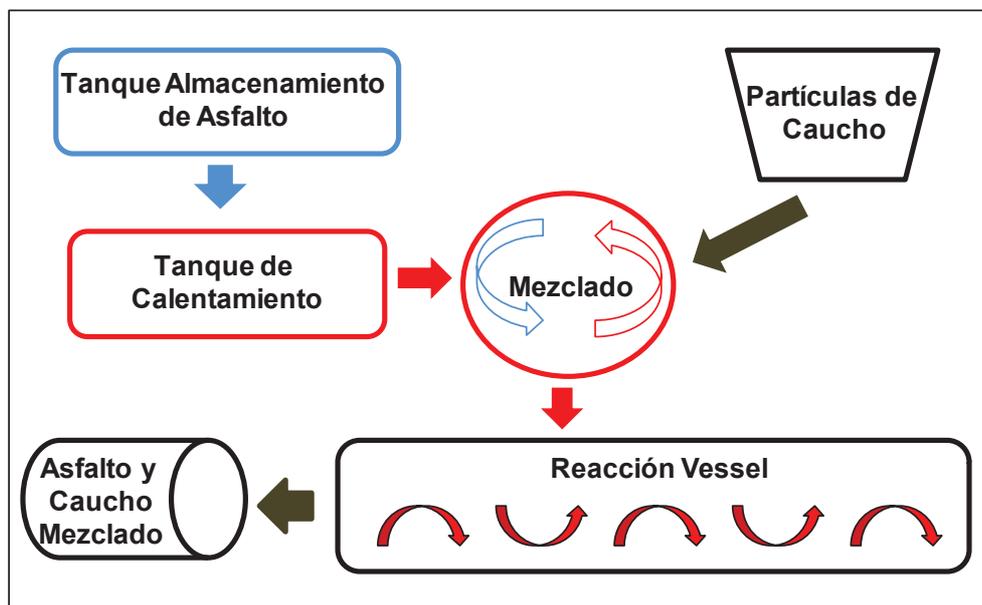


Figura 21 - Proceso de mezcla asfalto con partículas de caucho

Fuente: Kaloush, K. Prapoorna, K. Asphalt-rubber standard practice guide, Arizona State University, Octubre 2011.

La mezcla de Asfalto y Caucho se realiza mediante la reacción de asfalto caliente con gránulos de neumático. El grado de asfalto se calienta aproximadamente a 190 °C. Las partículas de caucho a temperatura ambiente se añaden al asfalto caliente y procede la mezcla. Durante el calentamiento y la mezcla, el asfalto y las partículas de caucho se hinchan, lo cual cambia la mezcla resultante a un gel como un material compactado. (Kaloush, Octubre 2011)

2.4.3.3.7 Costos comparativos

De acuerdo a un estudio efectuado por la Universidad de Los Andes en Colombia en el 2002 el costo/eje (beneficio-costos) puede disminuirse en un 20% y 57% cuando se modifica la mezcla por vía seca utilizando 1% al 3% de caucho respectivamente en relación al peso total de la mezcla.

La figura 22, muestra que las mezclas modificadas con asfalto y caucho son más durables y por lo tanto con menor necesidad de mantenimiento (Way, 1999)

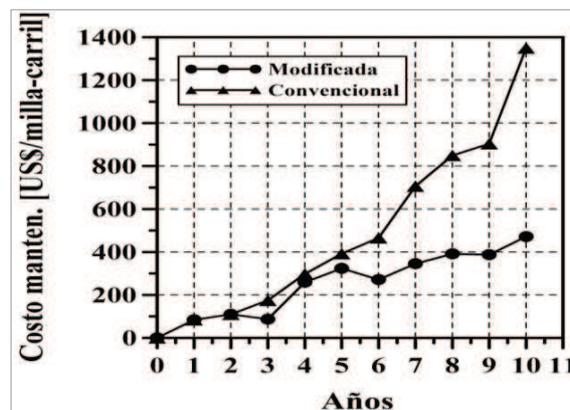


Figura 22 - Costo de mantenimiento de vías pavimentadas con mezclas convencionales y modificadas caucho en Arizona.

Fuente: (Way, USA, 1999)

En 1998, hicieron un análisis de costos del ciclo de vida de mezclas asfálticas modificadas con caucho en un período de estudio de 40 años. Hicks et al. (1998) y reportan como resultado que este tipo de mezclas modificadas presentan mayores beneficios económicos respecto a las convencionales.

CAPITULO 3 METODOLOGIA

3.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS LLANTAS DESECHADAS

En el Ecuador, un problema significativo para la contaminación ambiental constituye las llantas desechadas de vehículos. Existen varios factores para el incremento de las llantas desechadas, una variable determinante es el parque automotor que se estima existen aproximadamente 1,8 millones de vehículos a nivel nacional, que está conformado por un 89% de vehículos livianos y un 11% de vehículos pesados. Pichincha concentra el 42% del total y Guayas el 21% según cifras del Comex (El Telegrafo, 2012)

En el 2010, en nuestro país se fabricaron 5'402.000 llantas y anualmente se desechan al ambiente 630.000. En un mercado de vehículos que crece cada año. *Revista Vanguardia, En Ecuador las llantas ya no son basura 2012*

A nivel nacional aún no está definida una política de reciclaje para las llantas desechadas mas sin embargo, el Ministerio del Ambiente (MAE), a través del Programa Nacional de Desechos Sólidos (PNDS), se encuentra trabajando en la elaboración del Reglamento para la gestión de neumáticos usados, mismo que actualmente se encuentra en revisión y una vez finalizado se presentará la propuesta al Gobierno Nacional.

Por su parte los municipios, tampoco cuentan con un protocolo para la disposición final de estos desperdicios así lo indicó la Ministra de Ambiente, Marcela Aguiñaga, quien afirmó que en “161 municipios no hay manejo de la basura” es decir el 73% no tiene manejo de ningún tipo y menciono que si los cabildos no colaboran no puede incentivar el reciclaje. Además sostuvo que el Presidente acepta que el tema tardará. (El Comercio, En 161 municipios no hay manejo de la basura, 2011)

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS INVOLUCRADOS QUE GENERAN DESECHOS DE LLANTAS A NIVEL NACIONAL

3.2.1 FABRICANTE

Como se vio en el Capítulo 1, la única empresa dedicada a la producción de llantas en nuestro país es Continental Tire Andina S.A., misma que actualmente produce alrededor de 7.300 unidades diarias, es decir alrededor de 1`752.000 unidades al año. De estas solo el 50% es para el mercado nacional esto significa 876.000 unidades.

3.2.2 IMPORTADORES Y COMERCIALIZADORES

Según datos del Banco Central del Ecuador, a diciembre del 2012 se encontraban registrados 145 importadores a nivel nacional cuya principal actividad es comercializar las llantas importadas. En el año 2011 se importaron 2.638.070 unidades (1.628.420 para vehículos livianos, 528.720 para vehículos pesados y 482.000 para otros) en el 2012 se importaron alrededor de 2.698.000 unidades entre llantas para vehículos livianos y pesados. (AEADE, Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2013)

3.2.3 VULCANIZADORAS

Según el último Censo poblacional y de vivienda efectuado por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), en la ciudad de Quito existen 409 establecimientos con categoría de Vulcanizadoras dedicadas al mantenimiento, reparación, instalación, cambio de neumáticos (llantas), tubos de automotores y bicicletas.

Mediante encuesta realizada a una muestra de 30 Vulcanizadoras y 10 Comercializadoras de Llantas ubicadas en el Centro, Norte y Sur de la ciudad, el

85% envían a botar las llantas desechadas a en escombreras y botaderos municipales, a pesar de que ya no les permiten hacerlo. El 8% son entregadas a gestores y el 7% son entregadas a los propietarios de los vehículos. El 90% de los encuestados afirma que alrededor del 80% de llantas desechadas en sus establecimientos son de vehículos livianos (rim13 a 15). Un promedio de 50 llantas al mes, son desechadas en cada vulcanizadora encuestada, mientras que las Comercializadoras desechan un promedio de 190 llantas al mes. (Foto 14)

Finalmente, el 100% de los encuestados afirma que de existir una empresa dedicada a la recolección de llantas, las entregarían sin costo. Ya que por el volumen de las mismas reduce el espacio para el almacenaje. (Ver Anexo E)

Foto 14 - Llantas desechadas en vulcanizadoras y comercializadoras de Quito

	
a.- Vulcanizadora Eloy Alfaro y Juan Molineros	b.- Comercializadora Av. América y Mañosca
	
c.- Comercializadora Av. América y NN.UU	d.- Vulcanizadora Calle Las Hiedras y Rio Coca
Fuente: Archivo personal autores	

3.3 DISEÑO DEL ENTORNO DE LA EMPRESA

Se escoge a la ciudad de Quito para efectuar las operaciones por su entorno económico ya que según los últimos datos del Censo Económico efectuado por el INEC en el 2010, a más de ser la capital administrativa del Ecuador, es la nueva capital económica. Como se puede observar en la siguiente tabla, que muestra que es la ciudad con mayor concentración de establecimientos económicos, que contribuyen con un 45% (65.651 millones de dólares) de los ingresos a nivel nacional y ocupa al 27% de la población que tiene empleo en el país.

En Quito existen 99.952 empresas, de las cuales 956 son grandes y ocupan el 37% de los trabajadores. 87.491 microempresas que dan empleo al 20% de los trabajadores. (Ver tabla 23)

Tabla 23 - Número de establecimientos, ingresos y empleo en la ciudad de Quito

Ciudad/Pais	Establecimientos Económicos		Ingresos por Venta Bienes y Servicios		Empleo	
	Número	Particip.	Millones \$	Particip.	Personas	Particip.
Quito	99.952	20,0%	65.651	45,0%	547.067	27,0%
Guayaquil	87.206	17,4%	35.507	24,0%	441.976	21,0%
Cuenca	28.246	5,6%	10.070	7,0%	117.505	6,0%
Ecuador	500.217		145.865		2.059.504	

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos, Junio 2011

De igual manera, las tasas de desempleo, pobreza, inflación de la ciudad son inferiores a la media nacional y una de las más bajas de la región como lo muestra la tabla 24:

Tabla 24 - Inflación, desempleo, subempleo y pobreza en la ciudad de Quito

Ciudad/País	Inflación	Desempleo	Subempleo	Pobreza Urbano
Quito	4,0%	3,6%	33,1%	6,6%
Guayaquil	5,1%	9,6%	42,9%	10,5%
Cuenca	4,5%	3,8%	43,6%	9,9%
Ecuador	4,8%	6,4%	46,7%	19,2%

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos, Junio 2011

Según la Superintendencia de Compañías la inversión privada (aumentos de capital y nuevas constituciones) que recibió el Ecuador en 2010 fue de 938 millones de dólares; de este valor total el 41% (382 millones) tuvo lugar en Quito. Los principales sectores que captaron esta inversión son: Industria Manufacturera (32,8%), Actividades Inmobiliarias (8,5%), Comercio (21%), y Electricidad (5%).

Un dato importante es que en Quito existen 490 vulcanizadoras y aproximadamente 40 distribuidores de llantas las cuales generan alrededor del 80% de los neumáticos desechados de la ciudad y serán los principales proveedores de materia prima para producir el caucho reciclado. Adicionalmente, en la ciudad de Quito se encuentran la EPMMOP y 12 consorcios encargados de la pavimentación y mantenimiento vial de las calles de la ciudad quienes serán los potenciales clientes que adquieran las partículas de caucho para utilizarlas en las mezclas asfálticas.

3.3.1 ESTUDIO DE MERCADO

Como se vio en el capítulo 2, existen varias aplicaciones para utilizar las llantas desechadas de vehículos: enteras para utilizarlas como: combustible alternativo para hornos especialmente en cementeras, estabilizadoras de terrenos y taludes, en arrecifes. Como materia prima para moldeado de productos como: moquetas, pisos antideslizantes, alfombras y reducidas a partículas de caucho para utilizar como: superficie en pistas atléticas, césped artificial, y la incorporación de las partículas de caucho triturado en el asfalto.

Para el presente estudio se ha propuesto específicamente la utilización del caucho reciclado como modificador en las mezclas asfálticas.

El estudio de mercado determinará la demanda de gránulo de caucho que las empresas encargadas de pavimentación vial necesitaran adquirir, la cantidad de materia prima existente, los proveedores, la competencia y precios variables que determinaran la viabilidad del proyecto.

3.3.1.1 Oferta

De acuerdo a los datos proyectados de la estimación de llantas desechadas en la figura 9 del capítulo 1, donde se establece la cantidad de toneladas de llantas desechadas para los próximos 6 años, considerando el porcentaje de caucho que

se puede aprovechar de cada llanta que es del 41%. En la siguiente tabla se muestra una proyección de las toneladas de caucho a ser aprovechado y que servirá como oferta máxima disponible.

Tabla 25 - Oferta máxima de caucho reciclado según disponibilidad de materia prima

Descripción	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Proyección Toneladas Llantas	26.262	28.368	30.642	33.099	35.751	38.616
Oferta en Toneladas Caucho Reciclado	10.767	11.631	12.563	13.571	14.658	15.833

Elaboración: Mora P.; Chicaiza M, 2013.

En la siguiente tabla 26, se muestra los proveedores de la materia prima (llantas desechadas), el 60% serán las vulcanizadoras, el 30% provendrán de las comercializadoras de neumáticos de la ciudad y el 10% será recolectadas de las industrias, familias y lugares donde se haya generado este desecho.

Tabla 26 - Proveedores de materia prima

Establecimiento	%
Comercializadoras	60%
Vulcanizadoras	30%
Otros (terrenos,calle,empresas)	10%
TOTAL	100%

Elaboración: Mora P., Chicaiza M., 2013

Se estima contactar a 40 vulcanizadoras que generan aproximadamente 60 unidades desechadas al mes, así como también a 20 comercializadoras que generen un promedio de 200 llantas desechadas por mes y finalmente recolectar 100 unidades mensuales en industrias y lugares donde se generen este desecho.

3.3.1.2 Demanda

Según datos proporcionados por la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP), la ciudad de Quito tiene un total de 4.148 kilómetros

de longitud en vías, de los cuales 3.097 kilómetros son con recubrimiento y 1.051 kilómetros son sin recubrimiento. De las vías recubiertas: 1.644 km son de asfalto (53%), 1.098 km son de adoquín (35%), 261 km son empedradas (8%) y 94 km son de hormigón (3%). (EPMMOP, 2011) (Ver figura 23)

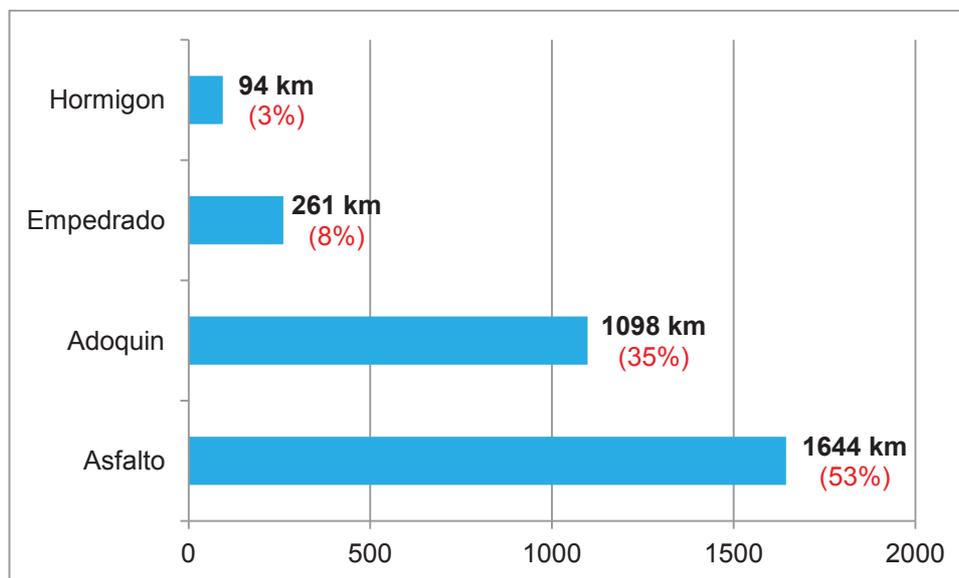


Figura 23 - Tipos de recubrimiento de las vías del DMQ (kilómetros)

Fuente: (Epmmpop, 2013)

Si consideramos que a inicios del 2011 el 80% de las vías asfaltadas en la ciudad de Quito cumplió su vida útil (El Comercio, El 80% del asfalto ya no sirve en Quito, 2011) se necesitará granulo de caucho para repavimentar 1.315 Km de vías en mal estado.

Según datos de la EPMMOP de los 1.644 Km de vías asfaltadas; 155 Km se encuentran en muy buen estado, 444 Km en bueno, 493 Km regular, 493 Km malo y 164 Km muy malo. (Ver Figura 24)

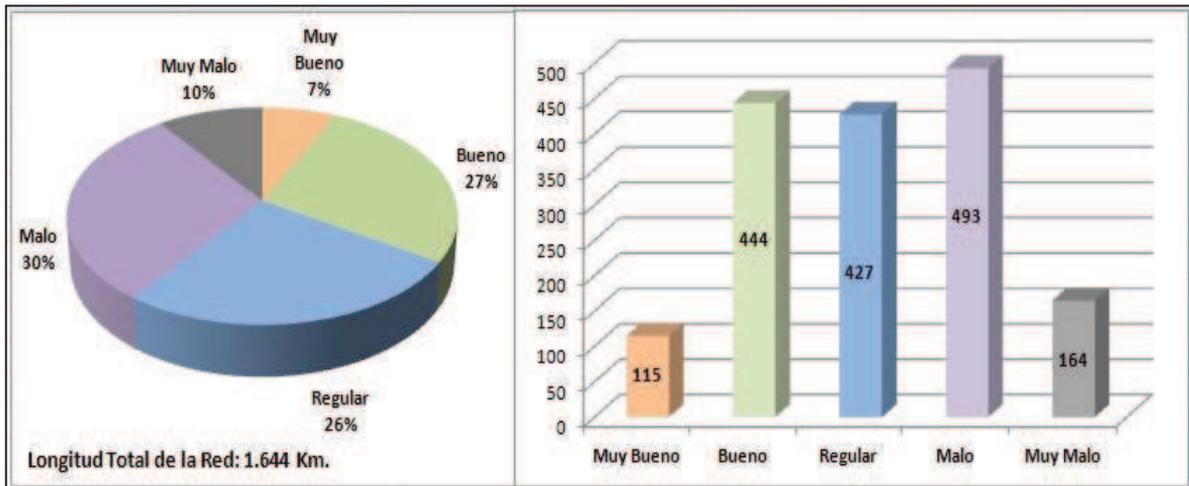


Figura 24 - Situación de la red vial asfaltada en el DMQ

Fuente: (Epmop, 2013)

La última intervención significativa en los pavimentos de Quito fue en 1997, especialmente en los ejes principales: Av. Mariscal Sucre, América, Eloy Alfaro, Av. Maldonado.

La EPMOP para realizar los trabajos de mantenimiento y el mejoramiento vial aplican dos modalidades. 1) Por administración directa que esta cargo de la empresa municipal y 2) Mediante la adjudicación de obras a contratistas o consorcios viales para que realicen las tareas de bacheo, recapeo y repavimentación de calles de la ciudad, sus principales programas son:

- ✓ **Plan Vial:** Grandes obras de infraestructura vial.
- ✓ **Rehabilitación Vial:** Intervención en las vías para mejorar las condiciones óptimas para el tránsito vehicular con seguridad y economía.
- ✓ **Acceso a Barrios:** Construcción de obras de infraestructura vial para mejorar las condiciones de acceso a barrios.

Plan de Bacheo: Intervención emergente para cubrir baches formados por un deterioro de la capa de rodadura.

3.3.1.3 Clientes Potenciales

El Gobierno Nacional a través del Presidente de la Republica, Economista Rafael Correa, en enlace ciudadano 283 del Viernes 03 Agosto 2012 mencionó que “*tendrá punto adicional (preferencia) las empresas constructoras viales que añadan polvo de caucho en el asfalto para la pavimentación de vías y carreteras a nivel nacional*”. Bajo este contexto las empresas que han mostrado su interés por adquirir las partículas de caucho reciclado de llantas desechadas para utilizar en las mezclas asfálticas son las siguientes:

❖ **Municipio de Quito:**

A través de la EPMMOP sería el principal cliente potencial a quien se le proveerá el caucho triturado de llanta para la pavimentación de calles de la ciudad.

La planta de Asfalto de la Epmmop ubicada en la Av. Interoceánica al Norte de Quito tiene la capacidad de producir 31 Toneladas diarias de mezcla asfáltica, es decir una capacidad de producción de alrededor de 63.300 toneladas anuales.

Adicionalmente, los 3 más importantes consorcios de pavimentación vial en Quito han manifestado su interés por añadir partículas de caucho en la mezcla asfáltica y son:

- ❖ **Consur:** Tienen 3 plantas de asfalto (2 Constructora Soria & Soria ubicada Av. Simón Bolívar al Sur de Quito, 1 Ibarra, 1 en la vía a Calacalí) con una capacidad de producción 5.000 y 7.000 Toneladas y la de Calacalí 7.000 Ton. mensuales respectivamente.

Para pavimentar 1 Km de vía de 7,20 de ancho y 13 cm de espesor necesitan 1.123 m³ de mezcla asfáltica. (*Comunicación personal Ing. Marlon Soria, Director de Obras*) (Ver Anexo L)

- ❖ **Coandes:** Tienen 1 planta de asfalto en Quito ubicada Av. Simón Bolívar al Norte de Quito, con una capacidad de producción 12.000 toneladas mensuales.

Para pavimentar 1 Km de vía de 7,20 de ancho y 13 cm de espesor necesitan 2.100 Toneladas de mezcla asfáltica. (*Comunicación personal Ing. Jaime González, Gerente Técnico*) (Ver Anexo L)

- ❖ **Consermin:** Tienen 7 plantas de asfalto, en Sucumbíos, Pichincha, Orellana y Esmeraldas (*Comunicación personal Ing. Pablo Ramón, Director de Control y Planificación*) (Ver Anexo L)

Tomando en cuenta las capacidades de producción de las plantas de asfalto de las empresas constructoras anteriormente mencionadas, a continuación en la tabla 27 se muestra la demanda de caucho requerida para el 2013 considerando que la cantidad de caucho utilizado en la mezcla asfáltica del 2%; que más adelante en el capítulo 4 ensayos de caucho en laboratorio se la determina:

Tabla 27 - Posible demanda de caucho plantas asfalto Quito 2013 (Toneladas)

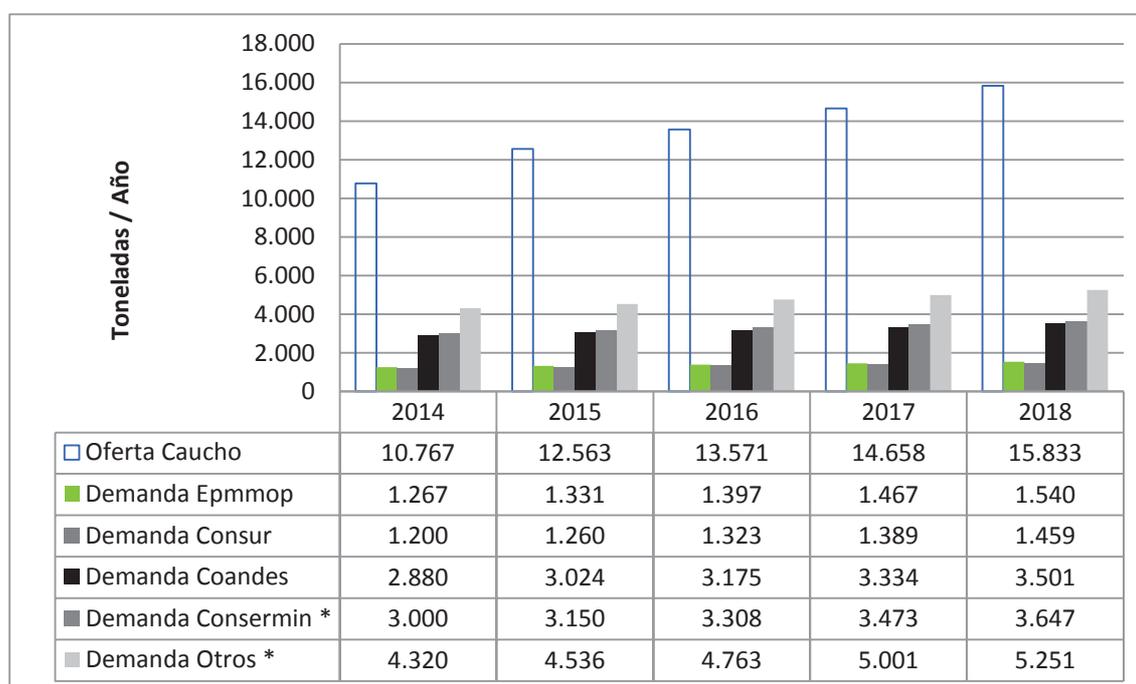
Descripción	Epmmp	Consur	Coandes	Consermin *	Otros *	TOTAL
Número de Plantas	1	1	1	1	2	6
Capacidad Producción Anual (Ton.)	63.360	60.000	144.000	150.000	216.000	633.360
Cant. Caucho Requerido Mezcla (2%)	1.267	1.200	2.880	3.000	4.320	12.667

Elaboración: Mora Pablo, Chicaiza Manuel, 2013.

* Estimado

En la figura 25, se muestra una proyección de la oferta y demanda de caucho en la cual se observa que existe una sobreoferta frente a la posible demanda, se ha considerado un incremento anual del 6%.

Figura 25 - Proyección Oferta y Demanda de caucho 2014-2018 (Toneladas)



Elaboración: Mora Pablo; Chicaiza Manuel, 2013

* Estimado

3.3.1.5 Segmentación

El perfil del consumidor serán las empresas que requieran partículas de caucho para aplicar en la mezcla asfáltica, inicialmente será la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP) entidad encargada del mantenimiento bacheo, recapeo y repavimentación vial de las calles de la ciudad y posteriormente serán los consorcios de empresas de pavimentación vial las mismas que actualmente son 12 que buscaran un producto que alargue la vida útil del pavimento y mejore la calidad de las vías de la ciudad de Quito, por lo que existiría un monopolio natural por parte de la empresa que produzca las partículas de caucho para la mezcla asfáltica.

3.3.1.6 Competencia

Los potenciales competidores inicialmente serían las empresas reencauchadoras en la ciudad de Quito, que actualmente son 6, las cuales extraen el caucho en el proceso de raspado de la carcasa de la llanta. La principal desventaja que las reencauchadoras tendrían frente a nuestro producto es el tamaño ya que el caucho que ellos arrojan es mayor a 1 centímetro y para que pueda ser utilizado en la mezcla asfáltica las partículas necesitan tener un tamaño granulométrico de 1 milímetro (mm) o inferior.

3.3.2 ESTUDIO COMERCIAL

3.3.2.1 Producto

- ✓ **Descripción:** Caucho triturado de llantas desechadas de color negro (libres de acero y fibra), en tamaños granulométricos de 1 a 2 mm., para ser aplicados y mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas, alargar la vida útil del pavimento asfáltico y reducir tiempos de mantenimiento.
- ✓ **Presentación:** El producto será empacado en bolsas *supersack* de polipropileno de hasta 50 kg de capacidad, estas tendrán el logotipo de la empresa para su posterior almacenamiento y distribución. (Figura 26)



Figura 26 - Presentación del producto, partículas de caucho reciclado

Diseño: (Pablo Mora, Manuel Chicaiza, 2013)

3.3.2.2 Precio

Para establecer el precio del producto se tendrá como referencia los precios del granulo de caucho en el mercado internacional que se muestran a continuación:

Tabla 28 - Precio del granulo de caucho en diferentes países

País	Precio	Unidad	Fuente
Indonesia	\$1,00	Kg	(1)
Canadá	\$0,59	Kg	(2)
China	\$0,66	Kg	(3)
Estados Unidos	\$0,37	Kg	(4)
México	\$0,24	Kg	(5)
Colombia	\$0,85	Kg	(6)

Fuentes:

- (1)(5) Recycle Net
<http://www.recycle.net/Rubber/granule/xv132000.html>
- (2) Rymar Rubber Co., Canada
<http://www.rymarrubber.ca/ProductDetails.aspx?productID=136&categoryID=24>
- (3)(6) Alibaba Internet Bussines
<http://www.alibaba.com>
- (4) Tire Recycling Crumb Rubber, USA
<http://www.tirerecyclingcrumbrubbershredder.com/rubber-crumb.html>
- (5) ADOT, Arizona Department of Transportation, USA
<http://www.azdot.gov/>

Como se puede observar en la tabla 28, el precio del granulo de caucho en los países indicados oscilan entre USD \$0.24 a USD \$1,00 el Kg. El competidor regional más cercano es Colombia que ofrece el Kilogramo a \$0,80 en frontera y a

\$0.85 puesto en Quito. Sin embargo es necesario conocer los costos de producción incurridos para obtener el producto final, tema que se abordara más adelante en el esquema económico para conocer el precio real del kilogramo de caucho reciclado a ofrecer.

Con esta referencia, para establecer el precio se considerara que cubra los costos de producción, distribución y ventas así como también que genere un rendimiento justo y por otro lado que sea atractivo para los posibles clientes. Entonces, para el presente estudio las estrategias para fijar el precio serán 1) basada en el costo y 2) para penetrar en el mercado. (Kotler, 2001) En la primera, se basara en la determinación del costo para producir el producto más un margen establecido y en la segunda se fijará un precio bajo y razonable, con el fin de atraer la mayor cantidad de compradores posibles y así lograr una importante participación en el mercado. Considerando además el precio de nuestro competidor más cercano.

3.3.3.3 Distribución

La manera de hacerlo llegar el producto al cliente será de forma directa, es decir de la planta de producción al sitio donde el cliente lo requiera asegurando que el producto llegue al lugar, en el momento y en las condiciones adecuadas.

3.3.3.4 Promoción

Debido a que el producto es nuevo en el mercado, las relaciones públicas jugaran un papel primordial para informar a clientes potenciales las características, beneficios y forma de aplicación del mismo. Esto se lo realizará a través de *e-mailing* a los Municipios, empresas constructoras viales, gobiernos provinciales.

Así como publicidad en la página web y cuenta *Facebook* de la empresa, periódicos y radio. También tratando de tomar contacto periódicamente con la mayoría de empresas constructoras viales de la ciudad para promocionar el producto a través de dípticos y trípticos.

3.3.3 REQUISITOS LEGALES Y DE FUNCIONAMIENTO PARA LA CONSTITUCIÓN DE UNA EMPRESA

3.3.3.1 Pasos para la Constitución de la Empresa

Los socios deberán constituir la empresa a través de escritura pública en una Notaría bajo la norma jurídica de Compañía de Responsabilidad Limitada, estará amparada en la Ley de Compañías. Contara con dos socios, el capital mínimo para constituir este tipo de empresas es de USD \$ 400,00 (Cuatrocientos dólares) la misma estará domiciliada en la ciudad de Quito.

Se debe reservar el nombre en la Superintendencia de Compañías cuya razón social será Recicaucho Cia.Ltda., e inscribirla en el Registro Mercantil, posteriormente inscribir las patentes y solicitar en el Municipio de Quito certificado de estar al día en obligaciones. Luego se deberá obtener el Registro Único de Contribuyente (RUC) en el Servicio de Rentas Internas (SRI) indicando el nombre del representante legal de la misma y resaltando que su principal actividad será el reciclaje de llantas desechadas para su transformación a partículas de caucho triturado y su posterior comercialización, la empresa estará obligada a llevar contabilidad.

En el IESS se deberá registrar el nombre de la empresa para obtener el Número Patronal e indicar el nombre del representante legal para la posterior apertura de la historia laboral de cada empleado de la misma.

También se deberá obtener el permiso de funcionamiento en el Cuerpo de Bomberos de Quito y al ser una empresa de reciclaje de residuos sólidos deberá efectuar el trámite en la Secretaría de Ambiente del Municipio para solicitar el certificado que la califique como Gestor Ambiental. (Ver Anexo F)

3.3.3.3 Organigrama

Es la visualización gráfica de la jerarquización del elemento humano perteneciente a la organización, a continuación se detalla cómo queda conformado de acuerdo a las necesidades y tamaño inicial de la empresa:

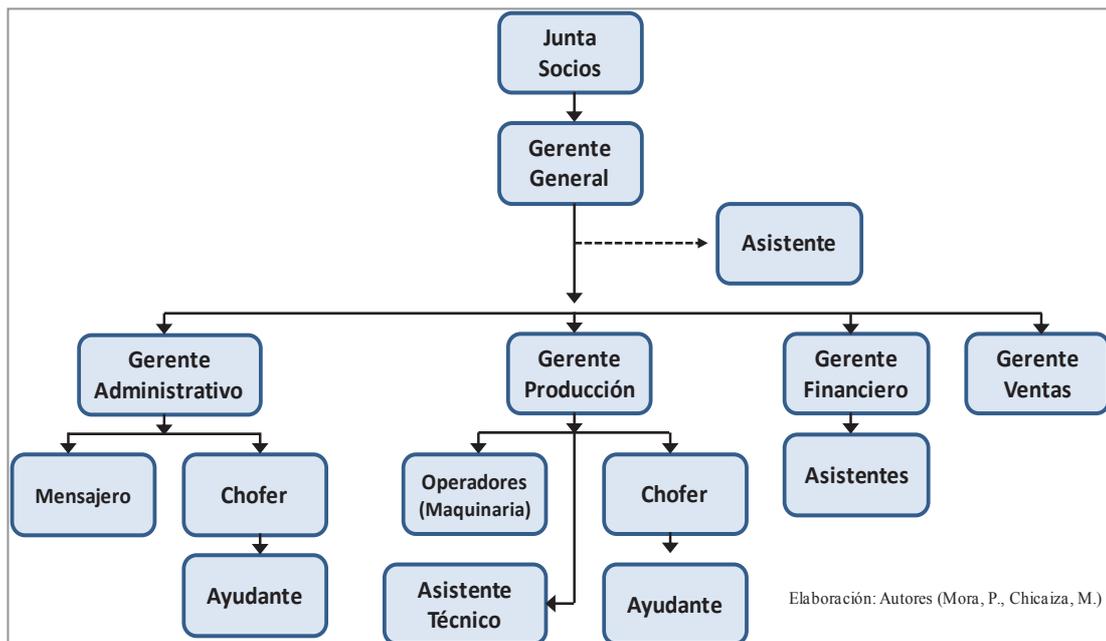


Figura 27 - Organigrama de la Empresa

Diseño: (Mora, P.; Chicaiza, M., 2013)

3.4. CONSTRUCCIÓN DEL ESQUEMA OPERATIVO, TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LA EMPRESA

3.4.1 ESQUEMA OPERATIVO

3.4.1.1 Localización de la planta

El sitio de ubicación de la planta de reciclaje de neumáticos desechos preferentemente debe estar ubicada fuera de las zonas pobladas de la ciudad en una de las zonas o parques industriales y deberá contar con acceso de vías, electricidad, agua potable, telefonía y alcantarillado. Una cisterna de almacenamiento de agua para combatir posible incendio.

Se escoge la ciudad de Quito ya que tiene conexión directa a ejes que están constituidos por nodos de desarrollo (grupos o redes de ciudades) y corredores de infraestructura de transporte que facilitan la vialidad.

Para el caso de que el producto sea distribuido a los principales clientes dentro de la ciudad se cuenta con un sistema vial integrado y en el caso de que se expanda hacia clientes fuera de la ciudad; se cuenta con la principal carretera Panamericana que constituye el eje vinculante del territorio nacional que permite conectarse por carreteras en excelente estado a las diferentes ciudades de la serranía como Ambato, Riobamba, Cuenca y Loja hasta llegar al Perú. Así como también trasladarse a ciudades de la franja costanera hasta llegar a los principales puertos marítimos (Esmeraldas, Guayaquil, Manta y Machala). Por el norte hacia Ibarra y Tulcán para su posterior paso a Colombia si el caso lo amerita. Mientras que para el lado la región Amazónica fácilmente se puede trasladar a ciudades como Tena, Shushufindi, El Sacha, lugares de paso obligado para una posterior salida a la navegación por el Rio Napo hasta el Puerto de Manaos y posterior salida al Océano Atlántico en Brasil. (Ver figura 28)

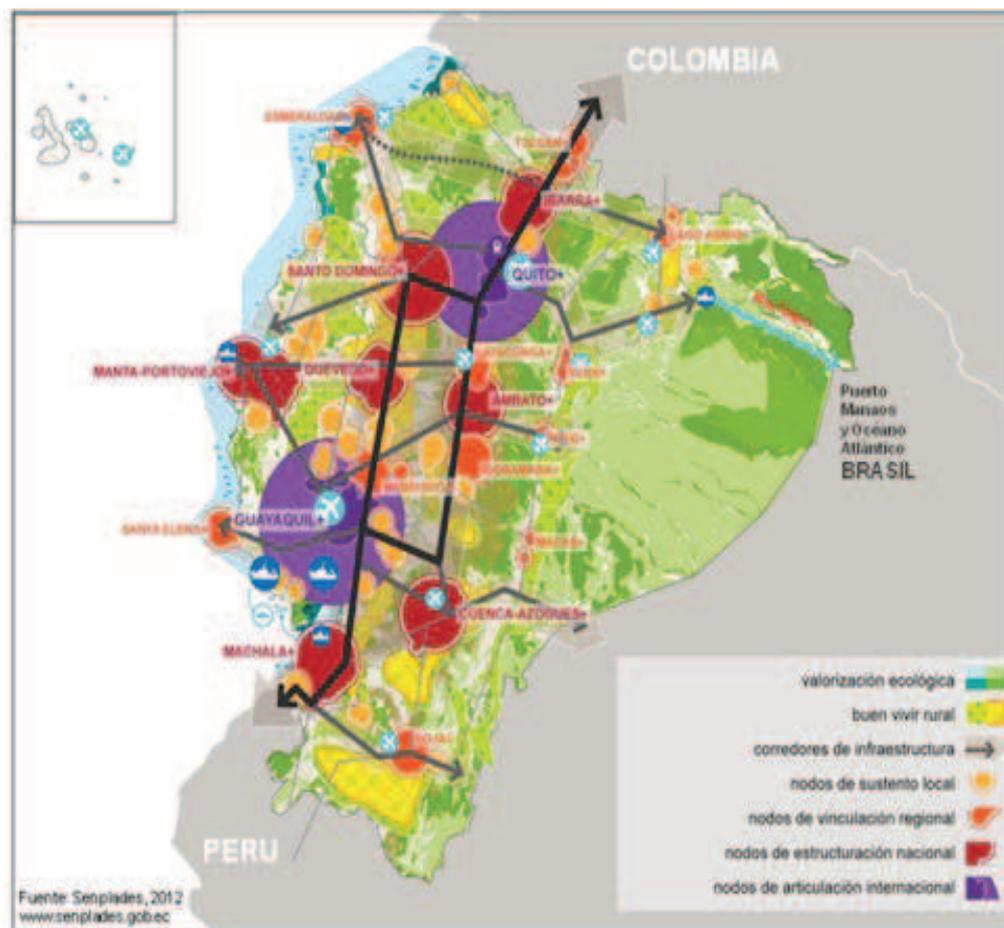


Figura 28 - Quito en la estrategia territorial nacional

Fuente: (Senplades, 2012)

La ciudad de Quito, ha dado importantes avances en su infraestructura productiva, creando una plataforma que permite desarrollar y dinamizar sectores económicos.

Actualmente, la ciudad cuenta con una red de carreteras de primer orden, que permiten conectarse fácilmente dentro de la misma y hacia las demás ciudades del país. (Ver figura 29)

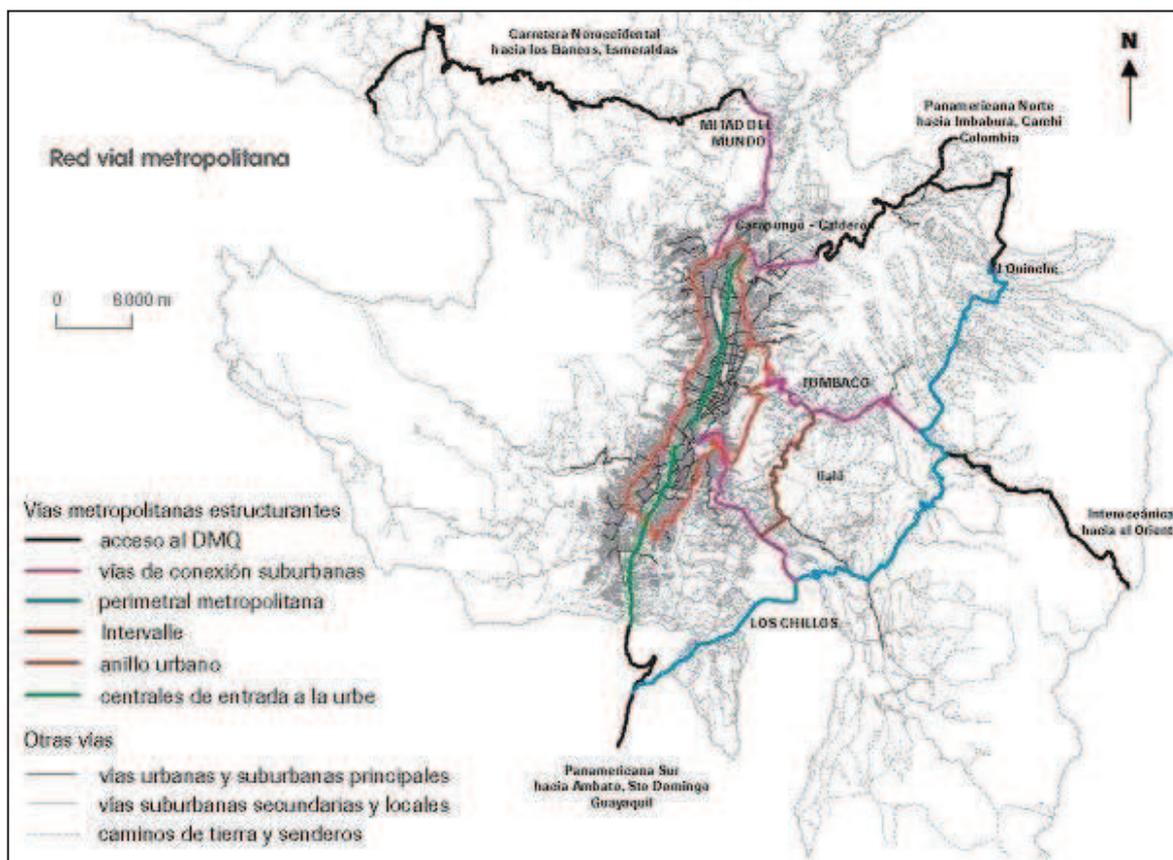


Figura 29 - Red vial de la ciudad de Quito

Fuente: (Municipio Quito, Plan General de Desarrollo Territorial 2010-2020)

En lo referente a cobertura de servicios básicos, Quito tiene una cobertura casi total de servicios básicos; energía eléctrica 99,4%, agua potable un 96,0%, alcantarillado el 90,9%, y recolección de basura con un 96,5%. Es la ciudad con mayor cobertura en servicios de telecomunicación del país, el 62% en Telefonía Fija, el 72% en telefonía celular y el 24% de la población tiene acceso a internet. (Ver tabla 29)

Tabla 29 - Cobertura de servicios básicos en el DMQ

DESCRIPCION	TOTAL DISTRITO	URBANO	DISPERSO	RURAL
Agua Potable - Red Pública	96,00%	98,10%	47,60%	90,90%
Alcantarillado - Red Pública	90,90%	96,60%	14,80%	76,20%
Eliminación basura recolector	96,50%	99,10%	46,50%	90,20%
Energía Eléctrica	99,40%	99,60%	95,40%	98,80%
Servicio Telefónico	62,20%	64,30%	23,80%	56,80%
Vía Aoquinada, pavimentada, hormigon	75,30%	84,70%	12,80%	52,10%

Fuente: Unidad de Estudios e Investigación; DMPT-MDMQ, Censo 2010 INEC

En Quito se encuentran instaladas 10,450 empresas, 372 son industrias instaladas en zonas industriales como Carcelén, Calderón, Turubamba, San Bartolo, Quitumbe, Guamani, etc. (Ver table 30)

Tabla 30 - Empresas industriales ubicadas en Quito

Administración Zonal	Industria 1	Industria 2	Industria 3	Total
Calderon	5	25	23	53
Centro	1	15	3	19
Chillos	1	11	7	19
Delicia	10	64	27	101
Eloy Alfaro	1	19	17	37
Nor Oriente	-	1	1	2
Norte	4	54	25	83
Quitumbe	1	12	9	22
Tumbaco	3	18	15	36
Total	26	219	127	372

Industria 1 Bajo Impacto: Bodegas

Industria 2 Mediano Impacto: Poco Contaminantes

Industria 3 Alto Impacto: Contaminación Auditiva, residuos solidos

Fuente: Secretaria metropolitana de desarrollo y productividad, 2013

A futuro, se piensa instalar el nuevo Parque Industrial de Quito (PIQ) que estará ubicado en la localidad de Itulcachi en el Km 4,8 de la vía a Pifo-Pintag, a 12 Km del nuevo aeropuerto internacional de Quito (NAIQ) en el sector de Tababela. Igualmente para este año se tiene previsto repotenciar el Parque Industrial

Turubamba (PIT) ubicado en el sur de Quito para que acoja a industrias ubicadas en la zona sur de la ciudad.

Por ser una organización de transformación de materia prima será de tipo industrial, por ello existen tres alternativas para la ubicación de las instalaciones:

- Zona de Calacalí, Noroccidente de Quito
- Zona de Carcelén, Norte de Quito
- Zona de Turubamba, Sur Oriente de Quito

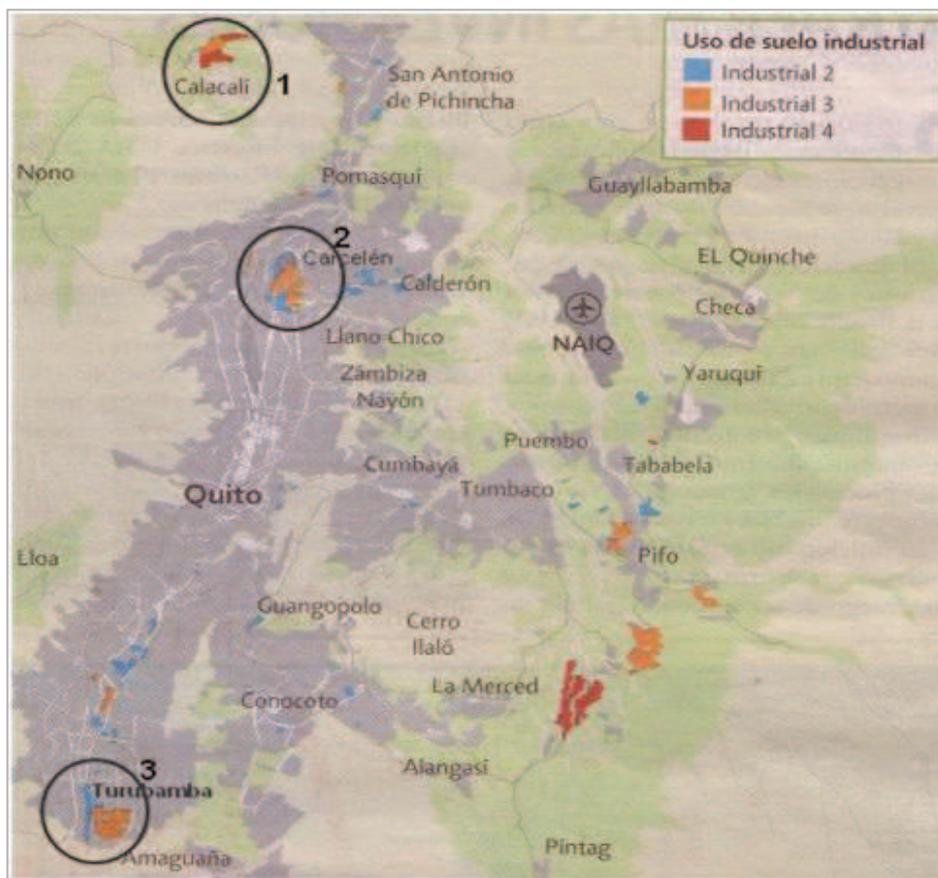


Figura 30 - Mapa de ubicación zonas industriales del DMQ y posible localización planta

Fuente: (Secretaría de territorio, hábitat y vivienda. Municipio de Quito, 2013) Diseño: Autores

Arriba, la figura 30, muestra el mapa de ubicación de las zonas y parques industriales de Quito y las tres alternativas posibles para la localización de planta de reciclado de llantas (Opción 1: Calacalí, Opción 2: Carcelén y Opción 3: Turubamba).

A continuación en la tabla 31, se muestra los criterios propuestos en base a ponderación para las tres alternativas de localización de la planta, lo cual determino que la planta deberá ser localizada en la zona de Carcelén industrial y como segunda alternativa la zona de Turubamba.

Tabla 31 - Criterios de decisión para ubicación planta reciclaje de llantas

CRITERIOS	PESO %	PUNTAJE SOBRE 100			PUNTAJE PONDERADO		
		Calacali	Carcelén	Turubamba	Calacali	Carcelén	Turubamba
		Norocc.	Norte	Sur	Norocc.	Norte	Sur
DISPONIBILIDAD VIAL ACCESOS	20%	75	90	80	15	18	16
DISPONIBILIDAD SERVICIOS BASICOS	15%	95	95	95	14,25	14,25	14,25
PROXIMIDAD CON MATERIA PRIMA	25%	40	80	60	10	20	15
PROXIMIDAD CON LOS CLIENTES	25%	30	80	50	7,5	20	12,5
TIEMPOS EN DESPLAZAMIENTOS	10%	50	70	60	5	7	6
COSTOS ARRENDAMIENTO, PLUSVALIA	5%	80	70	90	4	3,5	4,5
TOTALES	100%	370	485	435	55,75	82,75	68,25

Elaboración: Mora, P.; Chicaíza, M.

Como se observa, los criterios de ponderación de mayor peso son los de proximidad a la materia prima y a los clientes, en el caso particular del sitio se estar cerca a una zona de mayor cantidad de desecho de llantas como es la escombrera en el sector de Oyacoto en el norte de la ciudad para acceder de manera directa al sitio de desecho y la cercanía por el anillo vial a las plantas de asfalto de las empresas constructoras viales.

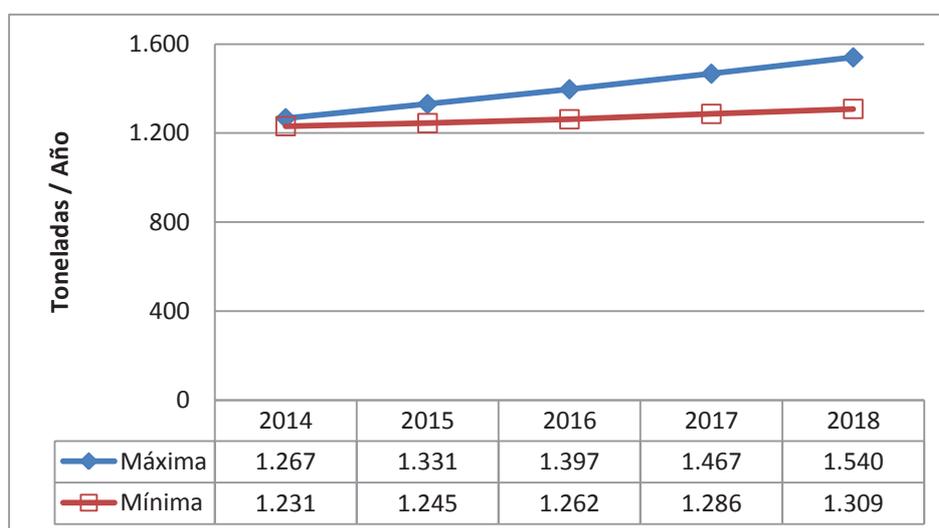
3.4.2 ESQUEMA TÉCNICO

3.4.2.1 Capacidad de la planta

Anteriormente, se mencionó los clientes potenciales (numeral 3.3.1.3) en la tabla 27 y se mostro una posible demanda para el requerimiento de caucho triturado de acuerdo a las capacidades de producción de las plantas de asfalto de las distintas empresas constructoras como son: Epmmp, Consur, Coandes, Consermin y otras de la ciudad de Quito. Para el caso del presente estudio inicialmente se considerará solamente efectuar una alianza con la Epmmp para abastecer del caucho a su planta de asfalto ubicada en el Nororiente de Quito.

Se mencionó, que la capacidad de producción de la planta de la Epmmp, es de 30 toneladas/hora de mezcla asfáltica, trabajando 8 horas serían 240 toneladas diarias, en el mes serían 5.280 toneladas y al año 63.630 toneladas. La cantidad de caucho es del 2% del total de la mezcla por lo que se requerirá producir mínimo 1.267 toneladas/año de caucho triturado para satisfacer esta demanda.

Figura 31 - Proyección capacidad producción partículas de caucho (Ton/Año)



Elaboración: Mora Pablo; Chicaiza Manuel, 2013

La figura anterior, muestra una proyección de la capacidad instalada en los siguientes 5 años partiendo del criterio de la capacidad requerida para cubrir solo la demanda de la Epmmp mostrada anteriormente en el Estudio de Mercado (numeral 3.3.1.3 Clientes Potenciales) para lo cual se consideró un crecimiento en la producción del 6% así como también se ha estimado una cantidad mínima que la planta deberá producir para cubrir los costos fijos y gastos de operación para llegar al punto de equilibrio, que más adelante en el Esquema Económico (numeral 3.4.3) se mostrara a detalle.

3.4.2.2 Maquinaria requerida

Una vez establecida la demanda que vamos a satisfacer, debemos elegir la maquinaria adecuada para crear la oferta requerida, en este caso la maquinaria del proveedor *Qindao Eenor Rubber Machinery Co.Ltd.*, de China tiene la capacidad de producir 700 Kg/hora de caucho triturado de llantas desechadas; operando 8 horas diarias, en los 5 días a la semana; se tendrá una capacidad instalada de 5.600 Kg por día, 28.000 Kg a la semana, 112.000 Kg al mes y anualmente 1.344.000 Kg (1.344 Ton/año). Esta cantidad cubre la demanda requerida para la planta de la Epmmp que es de 1.267 toneladas por año. El requerimiento de llantas para procesar las cantidades de caucho anteriormente descritas sería de 109 llantas desechadas por hora, 16.900 mensuales y 203.600 al año. (Ver tabla 32)

Tabla 32 - Requerimiento producción caucho triturado

Producción	Kg.	Ton.
Hora	700	0,7
Diaria	5.600	5,6
Semanal	28.000	28,0
Mensual	112.000	112,0
Anual	1.344.000	1.344,0

Elaboración: Mora P., Chicaiza M., 2013

La línea de producción XKP-560 de triturado de llantas desechadas del proveedor de China está conformada por 12 máquinas cuyas características y precios se describen a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 33 - Maquinaria requerida para proceso de triturado de caucho

ITEM	DESCRIPCION MAQUINARIA	MODELO	CANT.	Precio USD \$	POTENCIA Kw/hora	PESO (Kg.)	Dimensiones LxWxH (mm)
1	Cortadora	QQJ-20	1	\$ 1.500	5,5	500	1200x1200x1500
2	Separadora de Anillos	YQJ-285	1	\$ 3.200	15,0	1.100	1500x1180x1380
3	Cortadora de Tiras	QTJ-380	1	\$ 2.300	5,5	700	1230x650x1580
4	Cortadora de Bloques	QKJ-45	1	\$ 2.100	11,0	600	1000x960x1150
5	Transportadora Grande	BCL-8	1	\$ 1.300	2,2	1.100	8100x560x350
6	Trituradora de Caucho	XKP-560	1	\$ 35.500	75,0	17.500	4770x1846x1835
7	Transportadora Pequeña	BCL-3	1	\$ 1.000	1,1	150	2000x450x162
8	Separador Magnetico Grande	BMS-22	1	\$ 1.200	1,1	400	2600x500x450
9	Separador Magnetico Pequeño	SMS-1	1	\$ 800	1,1	150	1500x500x320
10	Pantalla Vibradora Grande	BSS-8	1	\$ 2.900	7,5	1.500	7800x570x420
11	Pantalla Vibradora Pequeña	SSS-3	1	\$ 1.800	3,0	700	2900x1100x750
12	Separador de Fibras	XFJ-1100	1	\$ 7.600	5,5	1.000	DIA 1500x2800
TOTAL			12	\$ 61.200	133,5	25.400	L=Largo W=Ancho H=Alto
Modelo:		Línea XKP-560 (1-12 máquinas)					
Cantidad máquinas de la línea:		12 máquinas					
Consumo Energía Total:		133.5 Kw/h					
Peso Maquinaria Total:		12.100 Kg.					
Cantidad de Descarga (Kg/h):		500-700kg					
Tamaño de Partículas de Caucho (mesh):		10-30 mesh caucho triturado (99% separado acero y fibra)					
Área ocupada:		300 mt ²					
Número de Operadores		3-5					

Fuente: Qindao Eenor Rubber Machinery Co.Ltd., China, 2013

www.qdeenor.com

En el Anexo G, se detalla las especificaciones técnicas, las funciones a detalle así como las fotografías de cada máquina de la línea XKP-560 para la producción de caucho triturado de llantas desechadas.

3.4.2.4 Proceso de producción de polvo de caucho

A continuación la figura 33, muestra el proceso de producción completo para la obtención de polvo de caucho triturado de llantas desechadas.



Figura 32 - Proceso de Trituración Mecánica de llantas para obtener partículas de caucho

Fuente: (Qindao Eenor Rubber Machinery Co.Ltd., China, 2013)

La siguiente figura, muestra el diagrama para producir caucho triturado de llanta:

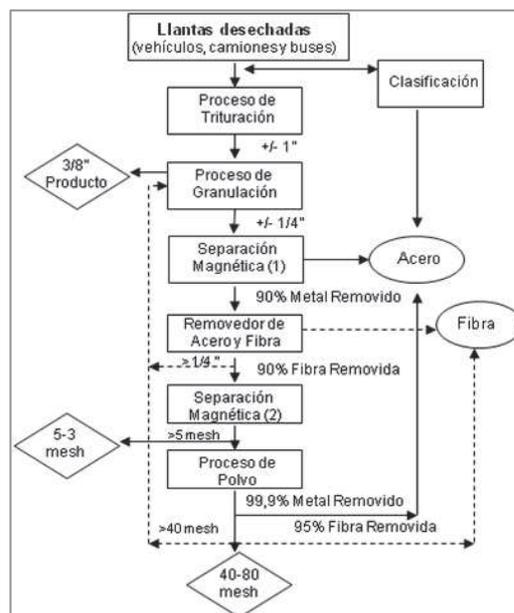


Figura 33 - Diagrama de Flujo de Trituración Mecánica para partículas de caucho

Fuente: (N.Sunthonpagasit, M. Duffey, Llantas desechadas para polvo de caucho, 2002)

3.4.2.5.1 Producción

➤ Recepción y Acopio Materia Prima

Se necesitará 300 m² para 10 pilas de 50x150x10 pies (con espacio de 50 pies alrededor de cada una) para almacenar 800,000 Alrededor de 500 metros de muro para rodear esta zona.

➤ Almacenaje Producto Terminado

Dependiendo de los productos y los mercados, los mercados estacionales podrían requerir contar con un inventario de hasta el 80 por ciento de la producción anual en una forma ambientalmente segura para reducir al mínimo la probabilidad de incendios y elevar al máximo la capacidad de controlarlos en caso de presentarse. Para contar con dicho inventario se necesitara un área de 200 m²

➤ Planta

Necesariamente se debe contar con una cubierta tipo galpón para la línea de producción.

3.4.2.5.2 Administración

Oficinas y equipo relacionado para el funcionamiento de las mismas. Se necesitara de un área de alrededor 100 m², para las oficinas administrativas.

3.4.2.6 Recomendaciones de seguridad industrial

Con el fin de precautelar la integridad de las personas y del ambiente que los rodea toda empresa, especialmente industrial debe contar con un Reglamento Interno de Seguridad y Salud, que es un documento en el cual establece reglas de prevención ante los riesgos identificados en la organización, previo a un diagnostico o identificación de los riesgos laborales, así como recomendaciones

en lo referente a protección del personal, niveles de ruido, vibraciones, iluminación laboral, etc.

El Código de trabajo: Art. 434, Reglamento de higiene y seguridad enuncia: “En todo medio colectivo y permanente de trabajo que cuente con más de diez trabajadores. Los empleadores están obligados a elaborar y someter a la aprobación del Ministerio de Relaciones Laborales por medio de la Dirección Regional del Trabajo, un reglamento de higiene y seguridad, el mismo que será renovado cada dos años”.

Para el caso del presente estudio, a continuación en la tabla 34, se muestran algunas recomendaciones para el adecuado almacenaje de llantas desechadas y su entorno, emitidas por organizaciones como la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA, National Fire Protection Association) de los Estados Unidos así como los recursos mínimos requeridos para evitar posibles incendios de las pilas de llantas desechadas almacenadas, estas guías son aplicables también en nuestro país:

Tabla 34 - Buenas prácticas de almacenamiento llantas desechadas

Criterio	Recomendaciones NFPA, IAFC y STMC
Tiempo Almacenaje	N/R
Dimensiones maximas de pilas de llantas	6 m alto 76 m largo 15 m ancho
Espacio limpio en el lugar	El filo de la pila debe tener 15m de perimetro cercado 60m alrededor de la pila no debe tener vegetacion, ni escombros
Contrafuegos	18m entre pilas
Selección del sitio	Evitar areas de desperdicio, laderas inclinadas y planicies inundadas
Superficie	Preferible en un espacio plano de concreto, no asfalto, ni hierba
Fuentes de ignición	Se recomienda cubrir las pilas para evitar filtraciones
Suministro de agua	63 L/s por 6hrs de area de almacenaje de llantas > 1400m ³
Otros recursos de combate contra las llamas	Espuma, quimicos y accesos a material y equipos pesados
Vehiculos de combustible	Extintidores cargados y listos
Facilidades del perimetro	Cercas, de 3m alto con controles de incursión
Señaletica	Visible con regulaciones y horarios
Seguridad	Personal calificado
Rutas de acceso vehiculos de emergencia	Bien mantenidas y accesibles todo el tiempo Ancho 18m and alto 4m
Puertas en puntos de acceso	6m de ancho

NR, No Recomendaciones

Fuente: Prevención y manejo de incendios de llantas usadas NFPA (USA), 2000

La siguiente figura, muestra la forma recomendada a manera de trenza para aprovechar el máximo espacio para almacenar las pilas de llantas desechadas:

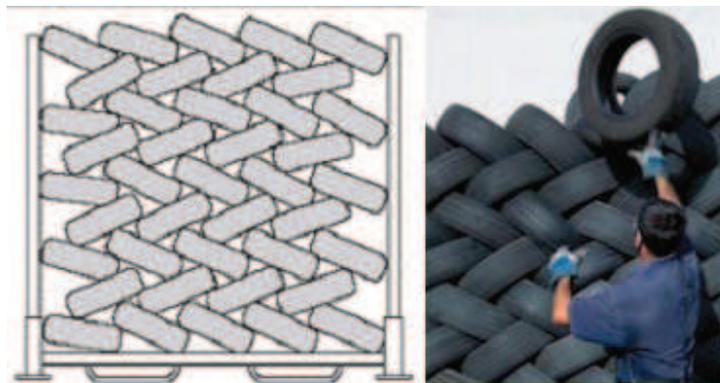


Figura 35 - Forma recomendada de almacenamiento llantas desechadas (pilas)

Fuente: (RMA, National Environmental Standards, USA, 2013)

3.4.3 ESQUEMA ECONÓMICO

3.4.3.1 Inversiones

En la siguiente tabla, se muestran los valores por los conceptos necesarios para iniciar el proyecto de la creación de la empresa recicladora de llantas desechadas en la ciudad de Quito:

Tabla 35 - Inversiones del proyecto

Concepto	Valor
GASTOS DE CONSTITUCION	\$ 2.000
INFRAESTRUCTURA FISICA	\$ 30.000
MAQUINARIA	\$ 107.658
VEHICULOS	\$ 78.513
MUEBLES Y ENSERES	\$ 5.000
EQUIPOS COMPUTACION	\$ 3.263
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 33.446
TOTAL INVERSION	\$ 259.880

Elaboración: Mora, P., Chicaiza M., 2013

Los detalles de cada concepto se detallan en el Anexo H.

En lo referente a la estructura de la inversión para llevar a cabo el proyecto; el 4% será de los recursos monetarios será cubierto con fondos propios y 96% serán provenientes de fuentes externas, mediante la obtención de un préstamo a instituciones financieras. (Ver tabla 36)

Tabla 36 - Estructura de la inversión

Concepto	Valor	%
CAPITAL PROPIO	\$ 10.263	4%
CAPITAL FINANCIADO	\$ 249.617	96%
TOTAL	\$ 259.880	100%

Elaboración: Mora, P., Chicaiza M.,2013

3.4.3.2 Financiamiento

Para cubrir el capital financiado se efectuará un préstamo para ello en el mercado existen 2 opciones de financiamiento una en la banca pública y otra en la banca privada que se ajustan a las necesidades del proyecto.

La primera opción, es la Corporación Financiera Nacional (CFN) a través de su producto Financiamiento estratégico de apoyo a la pequeña y mediana empresa en actividades productivas que generen valor agregado en la economía nacional. Este crédito financia activos fijos y capital de trabajo, a personas naturales, jurídicas privadas y con capital social mixto, podrán acceder a montos hasta 300 mil dólares, a 10 años plazo, a una tasa de interés pasiva para PYMES máxima de 10.85% anual, y las garantías son hipotecarias, se deben presentar documentos de la compañía legalmente constituida y los flujos de caja proyectados. (CFN, 2012)

La segunda opción, es el banco PROCREDIT a través de su crédito para Pymes que financian créditos hasta \$1.500 Mil a 3 años plazo a la tasa de interés vigente en el mercado 11,83%, se deben presentar entre otros documentos, el RUC, cédulas y papeletas del representante legal, flujos de caja del emprendimiento, el inconveniente es que la empresa debe estar constituida por más de 1 año. (Procredit, 2012)

La mejor opción es en el CFN a continuación en la tabla 37 se muestran los detalles del préstamo:

Tabla 37 - Detalles del Préstamo

Monto	\$ 249.617,48
Tasa interés Anual	10,85%
Periodo Mensual	1
Numero de Cuotas Mensuales	60
Valor de las Cuotas Mensuales	\$ 5.623,58
Cuota interés	\$ 2.256,96
Cuota Capital	\$ 3.366,62

Elaboración: Mora, P.; Chicaiza M.,2013

En base a los cálculos de la tabla de amortización (Ver Anexo I) se determina que se deberán pagar cuotas mensuales por un valor de \$ 5.623,58 por el préstamo, considerando un periodo de gracia otorgado de 3 meses.

3.4.3.3 Depreciación de activos

Para el caso de la depreciación de los activos fijos se ha utilizado el método de por línea recta, es decir que cada año se tendrá el mismo valor, hasta que termine la vida útil del bien, tal como lo muestra la tabla 38:

Tabla 38 - Depreciación de los activos fijos

ACTIVO	VALOR ADQUISICION	DEPRECIACION (AÑOS)	VALOR ANUAL DEPRECIACION	DEPRECIACION %
MAQUINARIA Y EQUIPOS	\$ 107.658,07	10	\$ 10.765,81	10%
VEHICULOS	\$ 78.512,96	5	\$ 15.702,59	20%
MUEBLES Y ENSERES	\$ 5.000,00	10	\$ 500,00	10%
EQUIPOS DE COMPUTACION	\$ 3.263,00	5	\$ 1.076,79	33%
TOTAL DEPRECIACION			\$ 28.045,19	

Elaboración: Mora P., Chicaiza M., 2013

3.4.3.4 Costos y Gastos

La tabla 39, muestra un resumen de los costos de materia prima, mano de obra e insumos así como de los gastos por concepto de sueldos, arriendos, mantenimiento, combustible vehículos, etc., incurridos en la elaboración cada kilogramo de caucho triturado de llanta.

Tabla 39 - Resumen de Costos y Gastos por Kg de caucho producido

<i>Detalle</i>	<i>Kg / mes</i>	<i>Kg / mes</i>
PRODUCCION (Q)	112.000	112.000
COSTOS	Total	Unitario
MATERIA PRIMA	\$ 2.545,5	\$ 0,023
MATERIALES	\$ 2.240,0	\$ 0,020
MANO OBRA	\$ 1.272,0	\$ 0,011
TOTAL COSTOS	\$ 6.057,5	\$ 0,05
GASTOS		
ADMINISTRATIVOS	\$ 19.508,3	\$ 0,174
VENTAS	\$ 13.288,8	\$ 0,119
DEPRECIACION	\$ 9.578,1	\$ 0,086
TOTAL GASTOS	\$ 42.375,2	\$ 0,378
TOTAL COSTOS Y GASTOS	\$ 48.432,7	\$ 0,432
PRECIO DE VENTA UNITARIO (P por kg)	\$ 79.520,00	\$ 0,71
UTILIDAD (por kg)	\$ 31.087,3	\$ 0,28
UTILIDAD (%)	35,8%	35,8%

Total Costos y Gastos

Total Ingresos (PxQ)

Utilidad \$

Utilidad %

Elaboración: Mora Pablo; Chicaiza Manuel, 2013

3.4.3.5 Ingresos y egresos proyectados

Para efectuar la proyección de ingresos y gastos en los cinco primeros años de funcionamiento de la empresa y para establecer los flujos netos de efectivo resultantes en cada periodo a valor corriente, se consideró una tasa de inflación anual del 4%, teniendo como referencia datos del INEC que en el 2012 cerró con 4,16% y al 2013 se espera cerrar con 3,33%.

Para efectos de la tabla de amortización del préstamo se consideró la tasa pasiva de 10,85% establecida para productos PYMES por la CFN y como referencia se tiene que la tasa máxima establecida por el Banco Central del Ecuador para este tipo de préstamos es de 11.83%.

Para calcular la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR) ó tasa de descuento que espera el inversionista, se utilizó el modelo CAPM.

El cálculo para establecer los requerimientos del Capital de Trabajo⁵ se lo efectuó tomando en cuenta las obligaciones por pagar durante los primeros meses pre-operación de la empresa considerando rubros correspondientes a instalaciones,

⁵ Inversión de dinero que realiza la empresa o negocio para llevar a efectos su gestión económica y financiera a corto plazo, entiéndase por corto plazo periodos de tiempo no mayores de un año. (Infante T, 2009)

sueldos, arriendo, garantía, suministros, servicios básicos (luz, agua, teléfono) e insumos. El detalle de este concepto se muestra en el Anexo H.

Para efecto de los ingresos se tomo en cuenta solamente la venta del caucho triturado de llantas desechadas. Se estimó una tasa de crecimiento en ventas del 6% (3 puntos sobre la inflación promedio anual) en ingresos y en costo del producto considerando un precio inicial de \$0.71 por cada kilogramo de caucho triturado.

Los gastos se dividen en: personal, administrativos, ventas y financieros. Y los costos de producción (materiales directos, mano de obra directa y carga fabril) todos comprenden gastos operativos.

Los gastos no operativos comprenden la amortización de los activos diferidos, la depreciación de los activos fijos y se le resta el Pago de Capital del préstamo que se solicita a la CFN.

A los ingresos proyectados se le restan los egresos proyectados, cuyo resultado es la utilidad operativa. A este rubro se le resta el 15% de Participación de las Utilidades a los Trabajadores y el 22% por concepto de Impuesto a la Renta vigente hasta el 2013.

De esta manera se obtiene los Flujos Netos, cuyos valores sirven para obtener los indicadores de rentabilidad del Proyecto, que se verán en los siguientes puntos, para determinar si estos son favorables para la implementación del proyecto.

A continuación en la tabla 40, se muestran los flujos netos de efectivo proyectados.

Tabla 40 - Estimación de ingresos y gastos proyectados (flujo de efectivo)

	Año 0 Oct-Dic 2013	Año 1 2014	Año 2 2015	Año 3 2016	Año 4 2017	Año 5 2018	
1 Maquinaria	\$107.658						
2 Vehiculos	\$78.513						
3 Infraestructura y Mobiliario	\$38.263						
4 Gastos Legales	\$2.000						
Capital de Trabajo	\$33.446	1.344.000	1.424.640	1.510.118	1.600.726	1.696.769	
		0,71	0,73	0,75	0,78	0,80	
Total Ingresos		\$954.240	\$1.041.839	\$1.137.480	\$1.241.901	\$1.355.907	
5 Ventas Anuales Estimadas		\$954.240	\$1.041.839	\$1.137.480	\$1.241.901	\$1.355.907	
Total Costos y Gastos		\$581.192	\$600.299	\$620.873	\$646.179	\$667.916	
Costos		\$339.718	\$349.910	\$360.407	\$371.219	\$382.356	
6 Costo de Producción		\$339.718	\$349.910	\$360.407	\$371.219	\$382.356	
Gastos		\$241.474	\$250.389	\$260.466	\$274.959	\$285.561	
Personal		\$168.274	\$174.802	\$182.409	\$194.345	\$202.300	
7 # Gerentes Area		4	4	4	4	4	
8 # Empleados		7	8	9	9	9	
9 # Obreros		4	5	5	6	6	
10 Sueldo Mensual Gerentes		\$1.100	\$1.100	\$1.200	\$1.300	\$1.400	
11 Sueldo Mensual Empleados		\$697	\$700	\$710	\$730	\$750	
12 Sueldo Mensual Obreros		\$318	\$329	\$341	\$353	\$365	
Gastos Sueldos Gerentes		\$52.800	\$52.800	\$57.600	\$62.400	\$67.200	
Gastos Sueldos Empleados		\$41.808	\$41.808	\$41.808	\$41.808	\$41.808	
Gastos Sueldos Obreros		\$15.264	\$19.748	\$20.439	\$25.385	\$26.274	
13 IESS Patronal		\$13.349	\$13.817	\$14.300	\$14.801	\$15.319	
13 ^o		\$9.156	\$9.476	\$9.808	\$10.151	\$10.507	
14 ^o		\$4.770	\$4.937	\$5.110	\$5.289	\$5.474	
Fondo de Reserva		\$31.127	\$32.216	\$33.344	\$34.511	\$35.719	
13 Inflación estimada	4%						
Administrativos	#	Valor Mensual	\$68.200	\$70.587	\$73.058	\$75.615	\$78.261
14 Arrendos	12	\$2.500	\$30.000	\$31.050	\$32.137	\$33.262	\$34.426
15 Suministros	12	\$1.000	\$12.000	\$12.420	\$12.855	\$13.305	\$13.770
16 Servicios Básicos	12	\$1.500	\$18.000	\$18.630	\$19.282	\$19.957	\$20.655
17 Generales	12	\$500	\$6.000	\$6.210	\$6.427	\$6.652	\$6.885
18 Legales			\$2.000	\$2.070	\$2.142	\$2.217	\$2.295
19 Permisos y Patentes			\$200	\$207	\$214	\$222	\$230
Ventas			\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000
Resultado Operativo			\$373.048	\$441.540	\$516.607	\$595.722	\$687.991
20 Amortización	tasa 11%		\$70.051	\$70.051	\$70.051	\$70.051	\$70.051
21 Depreciación			\$44.887	\$44.887	\$44.887	\$44.887	\$44.887
22 Gastos Financieros Deuda			\$67.483	\$67.483	\$67.483	\$67.483	\$50.612
23 Participación Laboral			\$38.716	\$48.990	\$60.250	\$72.118	\$85.958
24 Impuesto a la Renta			\$48.267	\$61.075	\$75.112	\$89.907	\$107.161
Resultado Neto		-\$259.880	\$103.644	\$149.055	\$198.824	\$251.277	\$329.322

A continuación, la tabla 41, muestra los flujos de efectivo netos esperados en el proyecto para los primeros cinco años de operación:

Tabla 41 - Flujos de efectivo netos esperados

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
-\$ 259.880	\$ 103.644	\$ 149.055	\$ 198.824	\$ 251.277	\$ 329.322

3.4.3.6 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Para calcular la tasa de descuento ó TMAR, se utilizó el modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) ó Modelo de Valoración de Activos de Capital, que estudia la relación entre el riesgo esperado y la rentabilidad esperada (Sharpe, 1964). El cual es medido mediante un coeficiente β (beta) de la industria, que relaciona el riesgo del mercado y riesgo del entorno del proyecto. Su fórmula es la siguiente:

$R_e = r_f + (r_m - r_f) \beta$	<p>Donde:</p> <p>$R_e = CAPM$</p> <p>$r_f = Tasa\ libre\ de\ riesgo$</p> <p>$r_m = Riesgo\ del\ mercado$</p> <p>$\beta = Índice\ industria$</p>
---------------------------------	---

Para efectos de cálculo, la tasa libre de riesgo se tomó como referencia los Bonos del Tesoro de EE.UU. (*US Treasury Bonds Rate*) a 5 años, que es de 1.4%.⁶

El riesgo del mercado se lo estima en 14.5%,⁷ que es el promedio de rentabilidad de las empresas industriales en el país.

Se calcula con un coeficiente beta del 1.11,⁸ estimado para el sector automotor.

Entonces: $CAMP = 1.4\% + (14.5\% - 1.4\%) * 1.11$

$CAPM = 15.94\%$

⁶ <http://es.investing.com/rates-bonds/usa-government-bonds>

⁷ Superintendencia de Compañías, última actualización, Junio 2012

⁸ Aswath Damodaran, última actualización, Enero 2013
http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Segundo, una vez calculado el CAPM, se debe calcular el Costo de la Deuda:

Formula: $[id (1 - t)]$

Donde: $id = \text{Tasa interés anual préstamo (CFN)} \quad (10.85\%)$

$t = \text{Tasa Impuesto a la renta (SRI)} \quad (22\%)$

Entonces: $0.1085 (1 - 0.22)$

$0.08463 \approx 8.46\%$

Tercero, se procede a calcular el WACC (*Weighted Average Cost of Capital*) ó Costo Capital Promedio Ponderado, que es la tasa que debe utilizarse para descontar el flujo de fondos del proyecto con financiamiento. El WACC representa el costo promedio de todas las fuentes de fondos (acciones y deuda), ponderado por el peso relativo de las mismas en la estructura de pasivos del proyecto.

Formula: $WACC = (\%D) [id (1 - t)] + (\%CP) (CAPM)$

Donde: $(\%D) = \% \text{ Deuda recursos propios}$

$[id (1 - t)] = \text{Tasa de descuento}$

$(\%CP) = \% \text{ Deuda recursos financiados}$

$(CAPM) = \text{Costo capital del proyecto}$

Entonces: $WACC = (4\%) (8.46\%) + (96\%) (15.94\%)$

$WACC = (33.84) + (1530.34)$

$WACC = 1.564 \approx 15,64\%$

El resultado obtenido como tasa de descuento (TMAR) es de **15,64%**

3.4.3.7 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Presente Neto (VPN) ó (VAN) permite conocer la rentabilidad del proyecto una vez recuperada la inversión a valores de dinero presente, en otras palabras transforma los ingresos y gastos en dinero a valor actual.

La fórmula para obtener el VPN es la siguiente:

$VPN = \left\{ \frac{FEN\ 1}{(1+i)^1} + \frac{FEN\ 2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FEN\ n}{(1+i)^n} \right\} - I_o$ <p>Donde: FEN = Flujo Efectivo Neto (cada periodo) I_o = Inversión Inicial i = Tasa de descuento, TMAR</p>	$VPN = \$ 319.565$
---	--------------------

Para el caso del proyecto de caucho reciclado el resultado obtenido para el VAN es de **\$ 319.565** al ser un resultado positivo indica que el proyecto es viable y su inversión es aceptable económicamente para emprender.

3.4.3.8 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR representa la tasa de retorno ó el rendimiento esperado del proyecto de inversión expresado en porcentaje y para su cálculo se estima la tasa de descuento (TMAR) que hace el VPN igual a cero. La fórmula es la siguiente:

$VPN = \frac{VF}{(1+i)^1} - I_o = 0$ <p>Donde: VPN = Valor Presente Neto ó Valor Actual Neto VF = Valor Futuro I_o = Inversión Inicial i = Tasa de descuento, TMAR</p>	$TIR = 55,61 \%$
--	------------------

Para el caso de estudio el resultado obtenido para la TIR es de **55.61%**, lo que indica que el proyecto es viable porque genera una rentabilidad mayor que la tasa mínima requerida por accionistas (TMAR) que es de 15.64%.

3.4.3.9 Índice de Rentabilidad ó Costo/Beneficio (C/B)

El índice de rentabilidad ó el costo/beneficio, es un indicador que expresa la rentabilidad del proyecto en términos relativos, es decir cuánto de ganancia se

obtiene por cada dólar invertido; para lo cual se toma en cuenta el VAN y la inversión inicial, un proyecto o negocio será rentable cuando la relación *costo/beneficio* sea mayor que la unidad. La fórmula es la siguiente:

$IR = 1 + \frac{VPN}{I_0}$	$IR = 1 + \frac{319.565}{259.880}$
Donde: IR= Índice de rentabilidad VPN = Flujos de Efectivo Futuros I ₀ = Inversión inicial	$IR = 2.23$

Para el caso del proyecto de caucho reciclado el resultado obtenido para el IR es de **\$ 2.23**, lo que indica que el proyecto es rentable ya que es mayor que 1.

3.4.3.10 Periodo de Recuperación de la Inversión (Pay-Out Period)

En base a los flujos de efectivo netos acumulados, se mide en cuanto tiempo se recuperará el total de la inversión a valor presente. Es decir, nos revela la fecha en la cual se cubre la inversión inicial en años, meses y días.

Tabla 42 - Periodo de recuperación de la inversión

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujos de Efectivo \$	-259.880	103.644	149.055	198.824	251.277	329.322
Recuperación Acumulada \$	0	103.644	252.699	451.522	702.800	1.032.122

La fórmula para obtener el PRI es la siguiente:

$PRI = A_a + \frac{I_0 - FEA_a}{FE_r}$	$PRI = 2 + \frac{259.880 - 252.699}{198.824}$
Donde: A _o = Año anterior que se recupera inversión I ₀ = Inversión Inicial FEA _a = Flujo de Efectivo Acumulado año anterior que se recupera inversión FE _r = Flujo de Efectivo del año que se recupera la inversión	$PRI = 2,01 \text{ años}$

Para el proyecto de estudio la inversión inicial de \$ 259.880 se recuperará en 2 años y 6 días.

3.4.3.11 Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio determina la cantidad de unidades que la empresa debe producir para venderlas y cubrir sus costos totales, de tal forma no tener ni ganancia ni pérdida. La fórmula para obtener el PE es la siguiente:

$PE_{unidades} = \frac{CT}{PVq - CUq}$	$PE_{unidades} = \frac{28.310}{0.71 - 0.25}$
<p>Donde: CF = Costos Totales PVq = Precio de Venta CUq = Costo Unitario</p>	$PE_{unidades} = 61.543$

La cantidad mensual de caucho reciclado a producir es de **61.543 Kg** ó **\$ 43.696** que permitirá cubrir los costos totales proyectados de la planta recicladora de llantas desechadas.

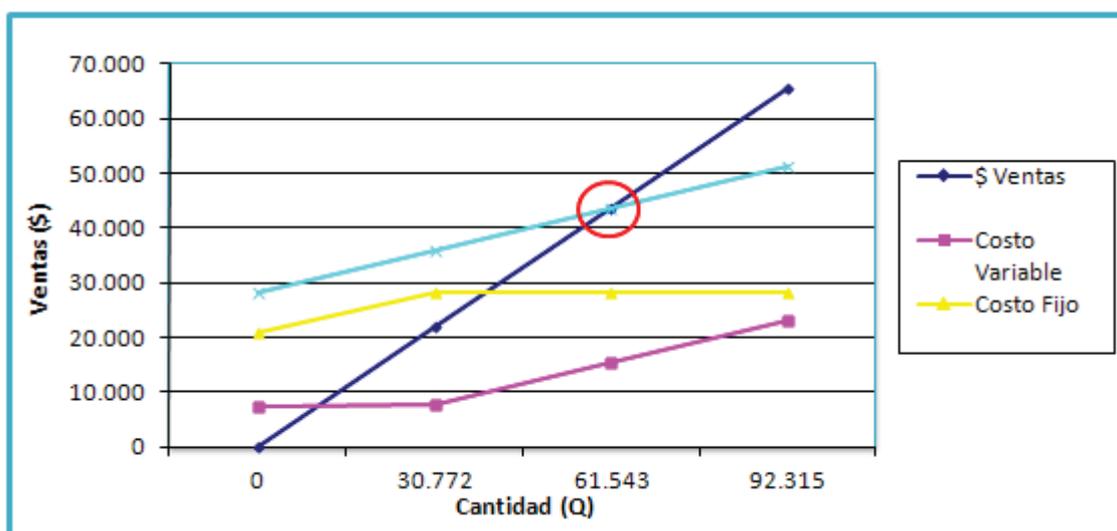
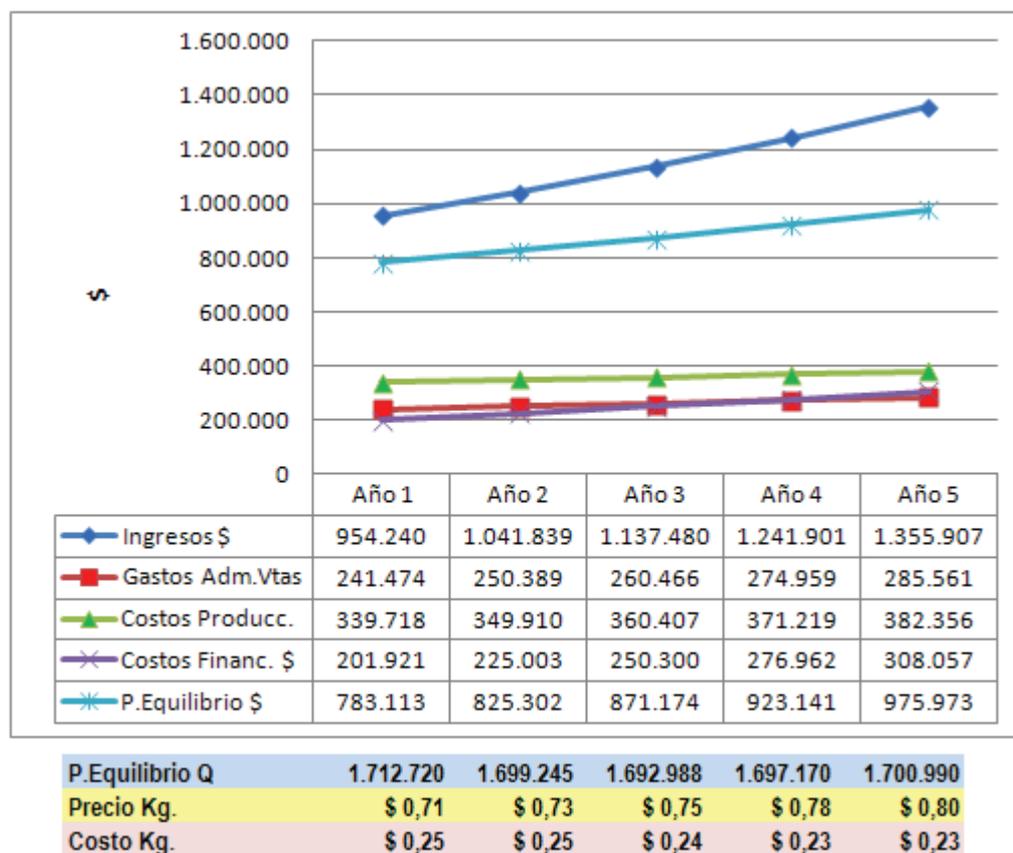


Figura 36 - Punto de Equilibrio para Gránulo de Caucho Reciclado

Elaboración: Mora Pablo; Chicaiza Manuel, 2013

A continuación en la siguiente figura, se muestra una proyección para los cinco años siguientes del punto de equilibrio tanto en Unidades a producir como en valor para cubrir los costos de producción así como los gastos administrativos, ventas y operativos de la planta.

Figura 37 - Proyección Punto de Equilibrio (5 años)



Elaboración: Mora Pablo; Chicaiza Manuel, 2013

3.4.3.12 Análisis de Sensibilidad

Es una herramienta que permite identificar las variables que tienen un impacto directo sobre los ingresos, permitiendo combinar las variables con el fin de obtener resultados que optimicen la generación de valor en la compañía, para esto se simulan posibles escenarios.

El *escenario esperado*, se considera anualmente un incremento del 6% en la producción y un aumento del 2% en los precios.

El *escenario optimista*, se considera anualmente un incremento del 6% en la producción y un 3% de los precios.

El *escenario pesimista*, se considera una baja del 5% de la producción anual y manteniéndose el mismo precio. Cabe señalar que en la simulación de este

escenario una baja de menos 5% no podría soportar la empresa debido a que el TIR se hace negativo por tanto el proyecto ya no sería rentable.

A continuación en la tabla 43, se muestran los resultados de los indicadores financieros aplicados a los diferentes escenarios propuestos.

Tabla 43 - Análisis de sensibilidad

DETALLE	ESCENARIOS		
	ESPERADO	OPTIMISTA	PESIMISTA
PRODUCCIÓN	> 6%	> 6%	< 5%
PRECIOS	> 2%	> 3%	se mantienen
TIR	52%	56%	-12%
VAN	\$ 371.343	\$ 418.653	-\$ 144.201
B/C	2,11	2,26	0,07

Elaboración: Pablo Mora; Manuel Chicaiza, 2013

3.4.4 POLÍTICAS DE LA EMPRESA

3.4.4.1 Política de Cobros

El producto será comercializado directamente del productor al cliente, en este caso a la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y obras Públicas (EPMMOP) y los consorcios de construcciones viales que prestan su contingente en la ciudad de Quito, por lo que se puede otorgar crédito a 15 y 30 días dependiendo del volumen de compra. A través de un acuerdo previamente formalizando se deberán establecer las condiciones de venta, sin descartar que para volúmenes grandes se pida un anticipo del 50% del valor total de la venta.

3.4.4.2 Política de Pagos

Un principio de finanzas menciona que “hay que cobrar lo más rápido a nuestros clientes y pagar lo más después a nuestros proveedores”. Para el caso propuesto, la materia prima (llantas) no tiene costo ya que la recogeremos de manera gratuita de vulcanizadoras y comercializadoras, o en su defecto se ha estimado pagar \$0.15 por cada llanta recibida. Lo que genera costo son los proveedores de los insumos como las bolsas “supersack” para almacenar el caucho triturado. Por lo que dependerá de la política que estos tengan para cumplir con la obligación adquirida.

3.4.4.3 Política de Existencias

En lo referente a los inventarios, siempre se tratara de tener un stock de seguridad para no desabastecer a los clientes para esto se programara la producción en base a la materia prima existente.

3.4.5 IMPACTOS DEL PROYECTO

La creación de una empresa recicladora de llantas para producir caucho reciclado tiene impactos de tipo ambiental, económico y social.

3.4.5.1 Impacto ambiental

Al reciclar las llantas se reduce la contaminación de un desecho solido que se encuentran en lugares a cielo abierto como botaderos, quebradas, terrenos baldíos y calles de la ciudad; así como también se evita que puedan ser quemadas y emitan al medioambiente gases y humo tóxico que se desplazan a través de partículas en el aire y van a parar a las vías respiratorias, ojos y piel de las personas provocando enfermedades que pueden ser graves.

También mediante el reciclaje se evita la mala disposición en lugares a cielo abierto antes mencionados propicios para la proliferación de moscos y roedores que atraen enfermedades como el dengue, la fiebre amarilla y la generación de fauna nociva.

En España se realizó una evaluación de exposición de agentes químicos en trabajadores dedicados a la fabricación de betún modificado con caucho y lo resultados demostraron que la concentración de polvo de caucho como de vapores orgánicos es lo suficientemente pequeña como para que no represente un riesgo para la salud. En EEUU, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacionales (NIOSH) en colaboración con la Administración Federal de Carreteras (AASTHO) llegó a las mismas conclusiones en estos estudios. Por lo que se ha demostrado que una planta recicladora de llantas, no representa un peligro para la salud de la

comunidad, ni para sus operarios, pues en este proceso no se liberan sustancias químicas. (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX, 2007).

3.4.5.2 Impacto económico

Como se ha demostrado anteriormente, el proyecto para la creación de una planta de reciclaje es un negocio rentable en el presente y que tiende a incrementarse de forma importante en el futuro. Económicamente el impacto del proyecto es positivo debido a que es atractivo para el inversionista que por cada dólar colocado en la inversión recuperará \$1.23 además el TIR 55,61% es superior a la tasa de descuento 15.64% y a la tasa del préstamo 10.85% , el VAN de \$319.565 es positivo, la inversión es recuperable dentro de un periodo de los dos primeros años de operación de la planta.

3.4.5.3 Impacto social

Favorecerá de manera positiva a la comunidad fomentando un adecuado tratamiento y mejor disposición para las llantas usadas, especialmente a personas u organizaciones que viven cerca de los lugares donde son arrojadas las llantas desechadas. Así también se mejorará el paisaje urbanístico en los sitios donde se encuentra este desperdicio.

Por otro lado, las partículas de caucho reciclado servirán para la adición en la mezcla asfáltica en la pavimentación de las calles de la ciudad lo que se traduce en el mejoramiento y alargamiento de la vida útil de las vías por donde transitan diariamente miles de personas en todo tipo de vehículos.

El proyecto generaría 10 empleos directos, pero a futuro y con su crecimiento se prevé vincular a personas dedicadas al micro reciclaje generando mayor cantidad de empleos tanto directos como indirectos.

3.4.6 INVOLUCRADOS DE LA EMPRESA

Las personas involucradas directa e indirectamente (*Stakeholders*) en la operación de la planta recicladora de llantas desechadas serán:

Los accionistas, porque recuperaran la inversión incurrida en la operación de la planta. Los pequeños recicladores, ya que recibirán un precio justo por cada llanta recibida. Los empleados, ya que tendrán salarios justos y trabajaran en un ambiente laborar adecuado y con una política de puertas abiertas. Los clientes de los insumos recibirán los pagos acorde a una política previamente acordada. La sociedad, porque se eliminara un elemento contaminante de sus alrededores y en algunos casos de sus casas beneficiando al medioambiente y a la salud evitando que sean un foco de proliferación de dengue, roedores y fauna nociva. Finalmente, el Estado también será el beneficiado ya que recibirá los impuestos generados por la operación de la empresa. (Ver figura 38)



Figura 38 - *Stakeholders* de la empresa recicladora de llantas

Elaboración: (Mora, P.; Chicaiza M., 2013)

CAPITULO 4

RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 APLICACION DE CAUCHO GRANULADO EN MEZCLAS ASFALTICAS

En términos generales, los asfaltos modificados con polímeros mejoran sus propiedades, como menor susceptibilidad a la temperatura, mayor intervalo de plasticidad, mayor cohesión, mejor respuesta elástica, al igual que mayor resistencia al agua y al envejecimiento. (Heshmat, 1995)

Los modificadores aumentan la resistencia de las mezclas asfálticas a la deformación y a los esfuerzos de tensión repetidos, por lo tanto, a la fatiga; además, reduce el agrietamiento, así como la susceptibilidad de las capas asfálticas a las variaciones de temperatura. Estos modificadores, por lo general, se aplican directamente al material asfáltico antes de mezclarlos con el material pétreo. (Heshmat, 1995)

Una de las principales características que presenta el cemento asfáltico modificado con partículas de caucho reciclado es el aumento de la viscosidad de la mezcla resultante, que se hace más flexible a bajas temperaturas y menos plástica a temperaturas elevadas.

Los beneficios en los pavimentos se asocian con mejoras en la deformación permanente, la fatiga y la resistencia al fisuramiento a bajas temperatura.

Para el caso del presente estudio la mezcla asfalto-caucho se efectuará en moldes metálicos compactados conocidos como "briquetas" que contendrán los materiales necesarios para efectuar los respectivos ensayos en laboratorio.

4.2 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DEL PRODUCTO DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS

Como se vió en el capítulo anterior, la planta estará en capacidad de producir partículas de caucho (libres de acero y fibra) cuyo tamaño estará entre 10 a 30 *mesh* (2 mm a 0.595 mm) ideales para utilizarlas en las mezclas asfálticas, así como también acero y fibras provenientes del mismo proceso. (Ver figura 38)

La Norma internacional ASTM D6116 detalla las especificaciones técnicas de la aplicación de partículas de caucho reciclado proveniente de llantas desechadas de vehículos para su incorporación en las mezclas asfálticas. (Anexo J)

Para las aplicaciones en superficies las partículas de caucho varían en tamaño de 4,75 mm (Malla N ° 4) a menos de 0,075 mm (Malla N ° 200). La mayoría de los procesos que incorporan gránulos de caucho como un uso de partículas modificadoras de asfalto varían en tamaño desde 0,6 mm a 0,15 mm (Malla N ° 30 a Malla N ° 100). (US DOT, 2012)

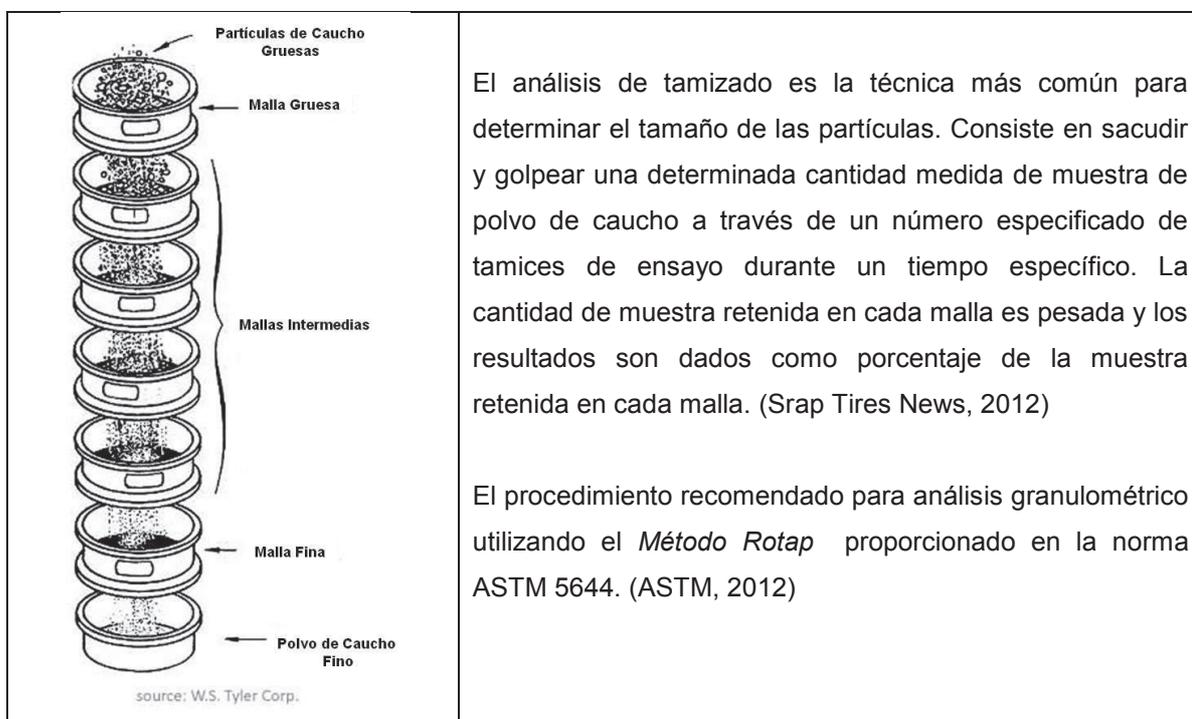


Figura 39 - Proceso de tamizado de partículas

Fuente: (Scrap Tire News, USA, 2012)



Foto 15 - Productos finales del proceso (Partículas de Caucho, Acero y Fibra Textil)

4.3 APLICACIÓN Y PRUEBAS DE ANÁLISIS DE GRÁNULOS DE CAUCHO

Los ensayos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos de la EPMMOP ubicado en la calle Calvas E1-70 y Av. Pedro Vicente Maldonado, sector de El Recreo (Chiriyacu), en el sur de la ciudad de Quito. (Ver foto 16)



Foto 16 - Laboratorio de Suelos Epmop Quito

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

4.3.1 Elementos para elaboración briquetas de mezcla asfáltica en laboratorio

a) Agregado Mineral

Los agregados fueron facilitados por la empresa Técnicos Ecuatorianos Asociados (TEA), la cantera de donde se extrajo el agregado mineral queda en Guayllabamba ubicado al norte de la ciudad de Quito y el material granular recogido corresponde a la faja $\frac{3}{4}$ ". (Ver Foto 17)



Foto 17 - Agregado mineral utilizado en los ensayos de laboratorio

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

b) Cemento Asfáltico

El asfalto utilizado en el Laboratorio de Suelos de la EPMMOP es el AC-20 es suministrado por la Refinería Estatal de Esmeraldas (Foto 18) y es de Tipo II para tráfico pesado, penetración 60–70.



Foto 18 - Asfalto utilizado en los ensayos de laboratorio

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

c) Partículas de Caucho

El caucho fue proporcionado por la Empresa Reencauchadora Ecuador ubicada en el sector Norte de la ciudad de Quito, los tamaños añadidos en la mezcla asfáltica fueron de $<1\text{mm}$, 1 mm y $>1\text{mm}$. (Ver Foto 19)



Foto 19 - Partículas de caucho utilizado en los ensayos de laboratorio

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

Los agregados y el asfalto, cumplen con las Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes, establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP-2002, Tomo II, sección 811, Agregados para Hormigón Asfáltico, tabla 405-5.11 y sección 810, Asfaltos y productos asfálticos, Tabla 810.2 (Ver Anexo D)

El procedimiento para la preparación de las briquetas fue de la siguiente manera:

Primero, se efectúa un análisis granulométrico del agregado mineral que tiene como objeto que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas esté presente en la mezcla de pavimentación en ciertos porcentajes, así se establece el porcentaje de agregado fino y grueso que pasan por el tamiz para elaborar las briquetas siendo el peso de cada briketa 900 gramos, los porcentajes de los agregados son: Grueso 30%, Medio, 20% y Fino 50% entendiéndose por agregado grueso aquellos que tienen más de 5 mm y agregados finos: aquellos menores o igual a 5 mm.

- Las muestras para el tamizado son reducidas por medio de un “cuarteador”. (A)
- Los materiales finos y gruesos son separados utilizando un tamiz de 2.36 mm (Malla N°8). (B)
- Las muestras son secadas en el horno hasta un peso constante. (C)
- Las muestras finas y las muestras gruesas son tamizadas separadamente. (D)



Foto 20 - Cuarteado agregados, serie de tamices, horno de secado y agregados en briketa

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

Posteriormente, se procede a calentar y mezclar completamente el agregado mineral y el asfalto hasta que todas las partículas estén revestidas del material bituminoso. Teniendo en cuenta siempre de elevar lentamente la temperatura del asfalto para no alterar sus propiedades. Al momento de la mezcla ambos

componentes deben estar a temperaturas similares comprendidas entre los 120° C y 160°C, con una diferencia tolerable de 10°C. (Ver foto 21)



Foto 21 - Mezcla agregados y asfalto para elaboración de briquetas

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

Luego, las mezclas asfálticas calientes se las coloca en los moldes metálicos previamente calentados así como el martillo Marshall para que la mezcla no pierda calor, y para que no enfríe la superficie de la mezcla a golpear.

Las briquetas fueron sometidas a golpes del martillo Marshall para su compactación (Ver foto 22). El numero de golpes del martillo (35, 50 o 75) depende de la cantidad de transito para la cual la mezcla está siendo diseñada, para el presente estudio fueron 75 golpes (tráfico pesado) por cada cara de la briqueta.



Foto 22 - Ensayo martillo Marshall a briquetas

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

4.3.2 Comportamiento y condiciones de la mezcla convencional y modificada

A continuación se describe brevemente el comportamiento físico mecánico y las condiciones para diseño y fabricación que tienen las mezclas tanto convencionales como modificadas.

4.3.2.1 Comportamiento de las mezclas asfálticas convencionales

Una muestra de mezcla de pavimentación preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. El análisis está enfocado hacia cuatro características y la influencia que estas puedan tener en el comportamiento de la mezcla. Las cuatro características son:

- Contenido de asfalto
- Densidad de la mezcla
- Vacíos de aire, o simplemente vacíos
- Vacíos en el agregado mineral

4.3.2.2 Comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas

La modificación de mezclas asfálticas es una técnica utilizada en países como Estados Unidos, Canadá y España para el aprovechamiento efectivo de asfaltos en la pavimentación de vías. En la presente investigación en lo referente a las pruebas técnicas consistieron en la adición de caucho a las mezclas asfálticas convencionales con el fin de mejorar sus características mecánicas, es decir, su resistencia a las deformaciones por factores climatológicos y del tránsito.

Para determinar el contenido de asfalto y de agregados en la mezcla asfáltica se efectúa un diseño denominado "Marshall" cuya finalidad es obtener las cantidades óptimas de los contenidos que hacen parte de la mezcla asfáltica, teniendo en cuenta diferentes criterios de análisis como son el flujo, la estabilidad, vacíos con

aire en la mezcla y vacíos en los agregados minerales para satisfacer las exigencias de servicio garantizando un pavimento durable.

Los datos más importantes del diseño de las mezclas por el método Marshall son: análisis de densidad, relación de vacíos y prueba de estabilidad y flujo, sobre muestras compactadas.

Estos ensayos efectuados tanto a mezcla convencional y mezcla modificada con caucho fueron: Cántabro, Tensión Indirecta y Módulos Dinámicos, este último utilizando tecnología *Cooper Technology* con la que cuenta el laboratorio.

4.3.3 Ensayo Marshall

Se efectuaron ensayos Marshall para caracterizar las propiedades físicas de las mezcla asfáltica añadiendo partículas de caucho de tamaño de <1 mm, 1 mm y 1.5 mm a las briquetas de mezcla asfáltica para determinar el diseño de un modelo adecuado que permita la aplicación del porcentaje óptimo de partículas de caucho en la mezcla asfáltica para soportar el peso del tráfico vehicular.

En el Método Marshall, se somete a cada briketa compactada a los siguientes ensayos y análisis en el orden citado:

- a) Determinación del contenido de asfalto
- b) Determinación del Peso Específico "BULK" y "RICE"
- c) Determinación de la Densidad y Análisis de Vacíos.
- d) Ensayos de Estabilidad y Flujo.



Foto 23 - Briquetas Marshall convencional y modificada

Fuente: (Mora, P., Chicaiza, M., 2012)

4.3.3.1 Determinación del contenido de asfalto

Son los ensayos realizados con mezclas asfálticas para poder encontrar el porcentaje óptimo de asfalto.

La formula es la siguiente:

$$\%A = \frac{W1 - W2 - W4 + W3}{W1} * 100$$

Donde:

W1 = Peso inicial de la muestra

W2 = Peso final de la muestra

W3 = Peso inicial del filtro

W4 = Peso final del filtro

Aplicando esta ecuación al ensayo realizado se obtuvo: **6,23%**

Luego de haber completado los ensayos con 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de asfalto en las briquetas se determinó que el porcentaje óptimo de asfalto es de 6,23% para cada briketa en la que se añadirá el caucho en los porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% y los tamaños de la fibra de caucho que se añadirá en las briquetas son: < 1 mm, 1 mm, Y 1.5 mm

4.3.3.2 Gravedad Específica BULK ó Densidad Aparente (gr/cm3)

Es útil para calcular el porcentaje de vacíos de aire en el diseño Marshall. Los especímenes utilizados en este ensayo pueden ser mezclas asfálticas compactadas en el laboratorio (ASTM D-1188). El ensayo consiste en pesar el espécimen seco después que haya permanecido al aire por lo menos durante una hora, a la temperatura ambiente. El espécimen se lleva a su condición saturada superficialmente seca y se sumerge en agua y pesa.

Esta determinación se realiza tan pronto como las briquetas recién compactadas se han enfriado a la temperatura ambiente, la densidad aparente de las briquetas se determina calculando la relación entre su peso en aire y su volumen.

La densidad aparente viene dada por la siguiente fórmula:

$$D = \frac{Pa}{Pa - \rho_{ag}}$$

Donde:

D = Densidad Aparente.

Pa = Peso de la briqueta en el aire en gramos.

Pag = Peso de la briqueta en el agua en gramos.

Aplicando esta fórmula al ensayo realizado se obtuvo: **2.253 gr/cm³**

4.3.3.3 Gravedad Específica RICE (gr/cm³)

Este método de laboratorio determina la Gravedad Especifica Teórica Máxima de mezclas asfálticas en su estado suelto (ASTM D 2041). Para el ensayo las partículas de la muestra se separan teniendo cuidado de no fracturarlas. La muestra suelta se coloca en un recipiente y pesa, se le añade agua hasta cubrir la muestra y remover el aire atrapado con la bomba de vacíos. Se vierte con cuidado el agua y se seca la muestra ensayada

Donde:

Gmm = Gravedad específica teórica máxima, RICE

Pmm = Peso total de la mezcla

Ps = Peso del agregado

Pb = Peso del asfalto

Gse = Gravedad específica efectiva del agregado impregnado con asfalto

Gb = Gravedad específica del asfalto

Aplicando esta ecuación al ensayo realizado se obtuvo: **2.358 gr/cm³**

4.3.3.4 Porcentaje de Vacíos de Aire (%)

Donde:

Vv= Volumen de vacíos llenos de aire

Gbp = Gravedad específica "BULK" promedio de las briquetas

Gmm = Gravedad específica teórica máxima de la mezcla (RICE)

Aplicando esta fórmula al ensayo realizado se obtuvo: **4.45%**

(Valor que está dentro del rango entre 3 y 5 %)

4.3.3.5 Vacíos Agregado Mineral VMA (%)

Determina el porcentaje de vacíos en el agregado mineral y su fórmula es:

$$VMA = 100 - \text{Volumen de Agregado } \%$$

Aplicando esta fórmula al ensayo realizado se obtuvo: **16.66%**

(Valor que está dentro de la norma debe ser mayor a 14)

4.3.3.6 Volumen de Vacíos llenos de Asfalto VFA (%)

Determina el contenido de asfalto efectivo, de la mezcla que es el contenido total de asfalto menos la cantidad de asfalto que absorbió el agregado y su fórmula es:

$$VFA = \frac{VMA - v}{VMA} * 100$$

Aplicando esta fórmula al ensayo realizado se obtuvo: **73.29%**

(Valor que está dentro de la norma debe estar entre 65-75)

4.3.3.7 Prueba de Estabilidad y Flujo

Después de que la gravedad específica se ha determinado, se procede a la prueba de estabilidad y flujo, que consiste en sumergir el espécimen en un baño María a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Estabilidad, es la máxima carga en libras que puede resistir la briqueta normalizada a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F}$) cuando se realiza el ensayo de rotura a compresión.

Los valores de estabilidad corregidos por cada grupo con el mismo contenido de asfalto, se promedian descartando los valores que se encuentren alejados de los demás, tomándose dicho promedio como el valor de estabilidad para ese contenido de asfalto.

Mientras se realiza el ensayo de Estabilidad, se mantiene firmemente el medidor de deformaciones (Flujo) en posición sobre la varilla de guía y se lo quita cuando se obtiene la carga máxima; se lee y anota esta lectura como valor de flujo de la briqueta, expresado en centésimas de pulgada.

Posteriormente, se aplica la carga de prueba al espécimen a una deformación constante de 51 mm (5") por minuto, hasta la falla. El punto de falla se define por la lectura de carga máxima obtenida. El número total de Newtons (lb) requeridos para que se produzca la falla del espécimen deberá registrarse como el valor de estabilidad Marshall. (Ver foto 24)



Foto 24 - Briqueta Marshall ensayo estabilidad y flujo

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2012)

El resultado obtenido del ensayo de Estabilidad realizado a una mezcla convencional se obtuvo: **1.851** (La norma indica que debe ser mayor a 1.800 lb min.)

En la figura 40, se muestra los resultados obtenidos a mezclas modificadas en cuanto a Estabilidad, en las cuales se evidencia que a medida que se incrementa el porcentaje de caucho, la estabilidad aumenta sin importar el porcentaje de asfalto utilizado.

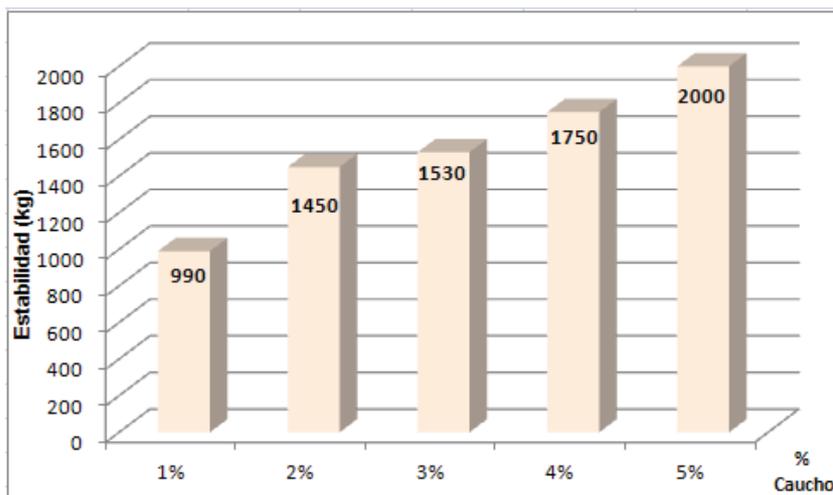


Figura 40 - Estabilidad de las mezclas modificadas con caucho y 6,23% de asfalto

Fuente: (Mora, P., Chicaíza, M., 2013)

El resultado obtenido del ensayo de Flujo para la mezcla convencional fue de: **11** (Esta dentro del rango entre 8 y 14)

La figura 41, muestra los resultados obtenidos a mezclas modificadas en lo referente a Flujo, en las cuales se observa que para las deformaciones de las muestras con el asfalto modificado para los porcentajes de adición de caucho superiores a 3%, la deformación sobrepasa los límites permitidos, de esta manera se establece que para el presente estudio se añadió hasta el 3% de caucho.

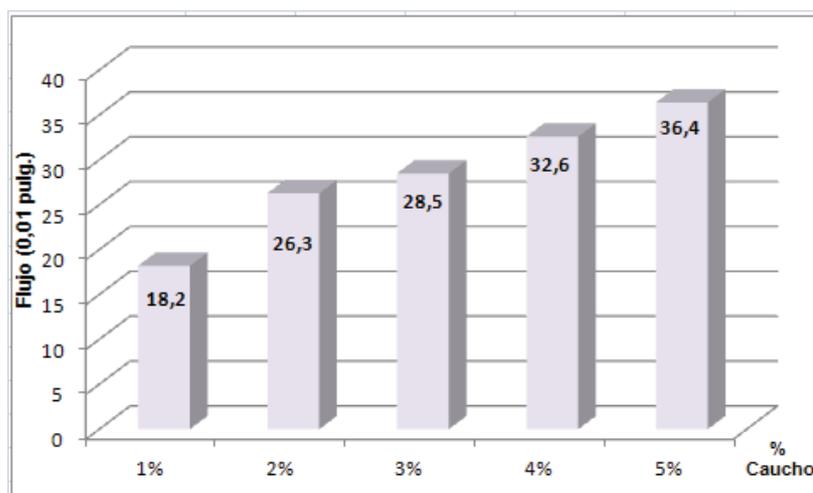


Figura 41 - Flujo de las mezclas modificadas con caucho y 6,23% de asfalto

Fuente: (Pablo Mora, Manuel Chicaíza, 2012)

4.3.3.8 Módulo dinámico

El Módulo Dinámico, se puede considerar como la propiedad más importante debido a que suministra información sobre el comportamiento dinámico de la mezcla, básicamente es la relación entre la deformación del material bajo una carga aplicada y el esfuerzo, es decir la magnitud del módulo complejo de una mezcla.

Está relacionado con la temperatura y la velocidad a la que se aplica el esfuerzo, más concretamente, a altas temperaturas y tiempos de aplicación largos el módulo es bajo, mientras que a bajas temperaturas y tiempos cortos de aplicación de la carga el módulo será alto.

Se elaboraron 42 briquetas en las que se añadió las partículas de caucho de los tamaños de <1 mm, 1mm y 1.5 mm con un determinado porcentaje de peso 1%, 2%, 3%, 4% y 5% para proceder a ensayar en la máquina COOPER TECHNOLOGY (CRT-HYD25-II Universal Servo Hydraulic Testing Machine) para determinar el módulo resiliente por compresión diametral (Ver Foto 25)

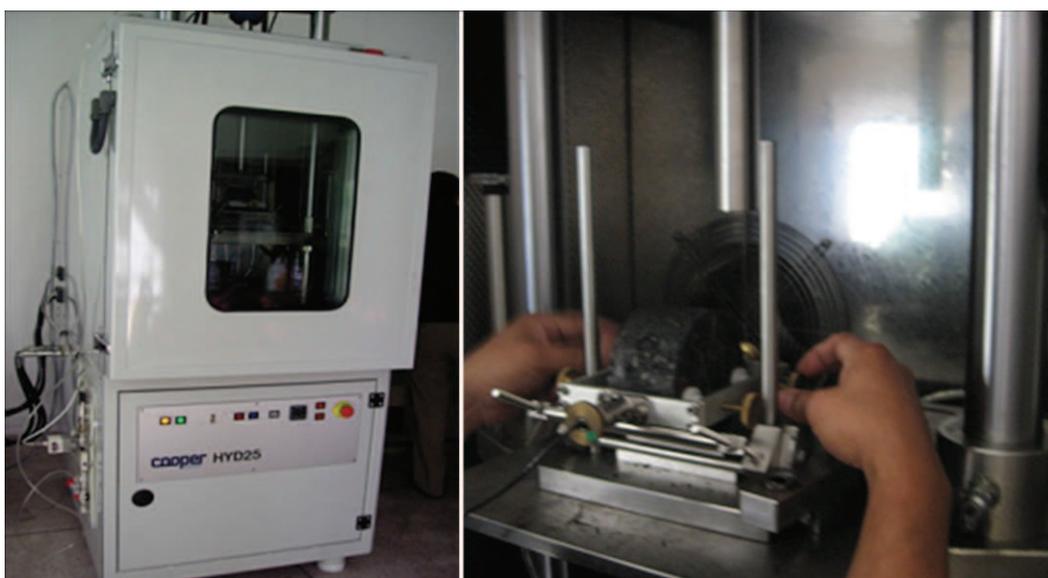


Foto 25 - Ensayo módulo dinámico con máquina Cooper Technology, Epmmpop

Fuente: (Pablo Mora, Manuel Chicaíza, 2012)

El procedimiento, se aplica un esfuerzo de compresión axial sinusoidal (medio seno inverso) a una briqueta de concreto asfáltico a una temperatura y frecuencia de carga dados. Se mide la respuesta resultante recuperable de la deformación axial de la briqueta y se emplea para calcular el módulo dinámico.

Se ha comprobado que una máquina de ensayo electro-hidráulica con un generador de funciones que puede producir una onda de forma de medio seno inverso es la más adecuada para emplear en el ensayo del módulo dinámico. La máquina de ensayo deberá tener la capacidad de aplicar las cargas dentro de un intervalo de frecuencias desde 0.1 hasta 20 Hz y niveles de esfuerzo hasta de 690 kPa (100 lbs/pulg²).

Los ensayos de módulos dinámicos se realizaron por el método de tensión indirecta a temperaturas de 10°, 20°, 30° y 40° grados centígrados (°C) aplicando las cargas a frecuencias de 10, 5 y 2,5 Hz.

Los resultados obtenidos de este ensayo son los siguientes:

- Para una temperatura de 10°C con una cantidad del 2% de peso de caucho en la briqueta la misma arrojó un resultado de módulo resiliente ajustado de 5397 MPa.
- Para una temperatura de 20°C con una cantidad del 4% de peso de caucho en la briqueta la misma arrojó un resultado de módulo resiliente ajustado de 2313 MPa.
- Para una temperatura de 30°C con una cantidad del 4% de peso de caucho en la briqueta la misma arrojó un resultado de módulo resiliente ajustado de 955 MPa.
- Para una temperatura de 40°C con una cantidad del 2% de peso de caucho en la briqueta la misma arrojó un resultado de módulo resiliente ajustado de 553 MPa.

Ensayo cántabro de pérdida por desgaste

Este ensayo permite valorar directamente la cohesión, así como la resistencia a la disgregación de la mezcla, ante los efectos abrasivos y de succión originados por el tráfico.

Del ensayo de resistencia al desgaste se determinó que para la malla que mejor resultado arrojó es el caucho de tamaño <1 mm con un porcentaje del 3%.

4.4 EVALUACIÓN DE LOS PRIMEROS RESULTADOS EFECTUADOS EN LA MEZCLA ASFÁLTICA

Los resultados que se obtuvo de los ensayos efectuados a las briquetas de mezcla asfáltica añadiendo partículas de caucho se determina lo siguiente:

- Los porcentajes en que intervienen los agregados en la mezclas son:

Tamaño del agregado	Porcentaje (%)
Grueso	30%
Medio	20%
Fino	50%

- El porcentaje óptimo de asfalto que debe ser colocado en la mezcla es del 6.23 %
- El tamaño de las partículas de caucho que mejor resultado arrojó para la mezcla asfáltica es la de <1mm.
- El porcentaje de caucho que debe ser agregado en la mezcla asfáltica esta en el rango del 2%.

En resumen, al aplicar de partículas de caucho en las mezclas asfálticas se obtiene una mejora en las propiedades mecánicas tales como:

Una reducción en la estabilidad y un aumento del flujo y de los vacíos de la mezcla y se observa una tendencia de mejorar las propiedades de peso unitario y porcentaje de vacíos a medida que se adiciona caucho reciclado al asfalto.

Las mezclas asfálticas modificadas con caucho presentan un aumento de estabilidad (entre 14 y 17% cuando se compacta a 75 golpes)

La deformación permanente de mezclas asfálticas desciende hasta un 23% cuando se adiciona fibras de llanta, en comparación con la convencional.

Las mezclas asfálticas modificadas con caucho presentan una mayor rigidez a bajas temperaturas debido a la disminución de la penetración (aumento de su consistencia) con respecto al asfalto convencional.

Al adicionar partículas de caucho a las mezclas asfálticas producen un aumento de la viscosidad, rigidez y componentes elásticos superiores a las mezclas convencionales.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la ciudad de Quito, existe una normativa ambiental emitida por la Secretaria de Ambiente para la disposición final de las llantas desechadas de vehículos una vez terminada la vida útil son recolectadas por gestores calificados pero el volumen recogido es muy poco ya que solamente el 1.25% son recolectadas y el 98% son almacenadas temporalmente por vulcanizadoras y comercializadoras que en su mayoría son desechadas en botaderos y escombreras aledañas.
- Los establecimientos que concentran el mayor volumen de llantas en la ciudad de Quito son las comercializadoras seguido de las vulcanizadoras, así se evidencio en un muestreo efectuado a 30 vulcanizadoras y 10 comercializadoras de llantas ubicadas en el norte y sur de la ciudad. El 85% de las llantas fuera de uso son enviadas a botaderos, escombreras y terrenos baldíos, el restante 7% son recolectadas por gestores calificados y el 7% son entregadas al propio usuario del vehículo.
- A marzo del 2013 existían 1.272 Gestores de residuos (1.076 artesanales, 146 medianos y 50 tecnificados) debidamente registrados en la Secretaria de Ambiente del Municipio de Quito, 30 de los cuales se dedican a la recolección de llantas (20 artesanales, 9 medianos y 1 tecnificado) el 37% utilizan las llantas recolectadas para la elaboración de productos de caucho como adornos, macetas y para partes automotrices de carrocerías; el 43% las almacenan temporalmente para entregarlas a otro gestor y el 20% entregan para reencauche. En el 2012 recolectaron alrededor de 60 Ton.
- El desperdicio de llantas desechadas en su mayoría son de vehículos livianos, muestra de ello es que en los últimos cuatro años un promedio del

65% fueron importadas para ese tipo de vehículos y el 24% fueron para vehículos pesados.

- El crecimiento del parque automotor es un factor determinante para el incremento de las llantas desechadas, en el 2011 circularon alrededor de 414 mil vehículos dentro del Distrito, cifra que en el 2012 alcanzó los 470 mil vehículos. En los últimos años Quito ha sido la ciudad con mayor concentración del parque automotor a nivel nacional con un promedio del 40% anual.
- Tomando en cuenta el número de vehículos livianos en circulación en el Distrito Metropolitano de Quito el año 2011 (368.000) multiplicando por el número de llantas por vehículo para el 2012 se tendrán 736.000 llantas desechadas en la ciudad, es decir 24.312 toneladas y al 2018 (5 años después) se proyectó un desperdicio de 38.616 toneladas; de las cuales el 1.25% recolectan los gestores, 20% son aprovechadas para reencauche y el 78.7% restante son arrojadas a escombreras, botaderos a cielo abierto, quebradas y terrenos baldíos.
- El reencauche es otra forma de evitar la contaminación de las llantas desechadas, el Plan Reusallanta auspiciado por el gobierno nacional para incentivar el reencauche de llantas de las unidades especialmente de buses y camiones en el 2012 ha logrado captar el 20%. A nivel nacional existen 11 empresas reencauchadoras distribuidas en las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca, Manta, Ambato, en el 2011 fueron reencauchadas un total de 17.500 llantas en su mayoría de vehículos pesados.
- Existen tres formas de aprovechamiento de las llantas desechadas: Uso en la ingeniería civil, tales como arrecifes, aludes, suelos. Combustible Derivado de Neumáticos (CDN) para hornos. Finalmente, reducción de tamaño mediante proceso mecánico y proceso criogénico el primero utiliza maquinaria para triturar el caucho y el segundo utiliza microondas; de ambos se obtiene partículas de caucho de tamaño milimétrico ideales para

canchas de futbol, pistas atléticas, juegos de recreación y para utilizarlos en las mezclas asfálticas.

- El proceso más práctico y económico para producir partículas de caucho de llantas desechadas es mediante el proceso de trituración mecánica, el cual utiliza maquinaria especializada para cortar y triturar las llantas en diferentes tamaños, pasan por distintas etapas hasta convertirlos en partículas de caucho a tamaño de 2mm (10 mesh) a 0.841mm (20 mesh) ideales para ser utilizados en las mezclas asfálticas, cuenta con sistema de separación del acero y fibra adheridos a los neumáticos.
- Técnicamente existe la tecnología y maquinaria adecuada para realizar este proceso como el Modelo XKP-560 que cuenta con una línea de producción de 12 maquinas y tiene una capacidad de producción de 700 kg./ hora. Cantidad que permitirá satisfacer a la potencial demanda. La oferta de la empresa *Quindao Rubber Machinery Co.Ltd.* de China es la más conveniente ya que cumple con los requerimientos tanto de producción como en precio.
- En el mercado ya existe una necesidad de adquirir este tipo de producto ya que los potenciales clientes que han mostrado su interés por utilizar partículas de caucho en las mezclas asfálticas son: La Empresa Pública de Movilidad y Obras Públicas (EPMMOP), Consermin, Coandes y Consur todas estas cuentan con plantas de asfalto y realizan labores de mantenimiento vial, bacheo, pavimentación y repavimentación en las calles de la ciudad de Quito.
- De los ensayos Marshall realizados en las probetas de mezcla asfálticas añadiendo partículas de caucho en el laboratorio de suelos de la Epmmpop se determina que la mezcla optima modificada con caucho queda conformada por el 6.23% asfalto, 30% de agregado grueso, 20% de agregado medio y el 50% de agregado fino, el tamaño de las partículas de caucho que mejor resultado arrojaron para la mezcla asfáltica fueron las de

<1mm, el porcentaje de caucho que debe ser agregado en la mezcla asfáltica es del 2%.

- El precio por kilogramo de partículas de caucho será de \$ 0,71 que será comercializado directamente entre el productor y la empresa que necesite el producto, el mismo que será empacado en bolsas “supersack” de 50 kg, los costos y gastos estimados para la operación de la planta recicladora de llantas desechadas serán de \$ 28.310 mensual y \$339.720 anual.
- Económicamente el proyecto de la creación de una planta recicladora de llantas es rentable ya que arroja una ganancia de \$1.26 por cada dólar invertido, cuenta con valores positivos de TIR en \$ 319.565 y VAN de 55% superior a la tasa mínima requerida de 15.64%. La inversión será recuperada en 2 años. Lo que justifica el emprendimiento en este proyecto. La mejor opción de financiamiento es la CFN por su programa de apoyo a la pequeña empresa y la flexibilidad en sus trámites.
- La localización en donde funcionaría la planta sería la zona industrial de Carcelén escogida especialmente por la accesibilidad, por la proximidad a la materia prima y a los clientes potenciales, para el efecto se requerirá de 1.000 m² para su instalación.
- Con la creación de una planta encargada del reciclaje de llantas en la ciudad de Quito se tendrá tres tipos de impactos: ambiental, social y económico. Ambiental; porque se recolectara la mayoría de las llantas de las vulcanizadoras y comercializadoras de neumáticos de la ciudad evitando que estos desechos sean arrojados a botaderos a cielo abierto, escombreras, quebradas, terrenos baldíos y calles de la ciudad. Social; ya que generará 15 fuentes de empleos directos en el 1er año de operación y alrededor de 50 empleos indirectos. Económico; porque generará rentabilidad para los accionistas y contribuirá al desarrollo económico mediante el pago de impuestos generados en la operación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Constituir legalmente a la empresa como compañía limitada y previa a su operación obligatoriamente tendrá que calificarse como gestora tecnificada de residuos, para lo cual se debe seguir todos los pasos para su constitución a través de los diferentes organismos de control tales como SRI, Superintendencia de Compañías, Registro Mercantil, Cuerpo de Bomberos y Secretaria de Ambiente de la ciudad de Quito.
- Efectuar la mezcla asfalto-caucho en caliente y en la planta, la otra alternativa es sugerir a la empresa que va adquirir el caucho que adquiriera una planta transportable para efectuar la mezcla en caliente.
- Hacer una pavimentación real de un tramo de vía, para tener una mejor evaluación técnica de la mezcla asfáltica con caucho reciclado de llanta.
- Plantear la posibilidad a la Epmmp o alguna de las empresas constructoras viales para poder operar “in house” en las plantas de asfalto.
- Ofrecer el acero remanente extraído de la trituración de las llantas a alguna de las empresas acereras como Adelca, Andec ó Novacero, se generarían alrededor de 42 toneladas al mes y al año 509 toneladas cuyo precio promedio en el mercado es \$0,35 por kilogramo por lo que se tendría un ingreso adicional de \$14.848 al mes y \$178.182 al año.
- Plantearse en el corto plazo el adquirir por lo menos dos máquinas trituradoras para aumentar la capacidad de producción que cubra la demanda de los demás clientes interesados, ya que para cubrir la demanda de las empresas constructoras viales que tienen las plantas de asfalto en Quito, se debe incrementar cinco veces la capacidad de producción de la planta de trituración de caucho.

REFERENCIAS

- Ackerman, F. (1997). *Why do we recycle?: Markets, Values, and Public Policy*. Washington: Island Press.
- AEADE, A. (2012). Retrieved from Asociacion de Empresas Automotrices del Ecuador: www.aeade.net
- AEADE, A. (2013). Retrieved 2013, from Asociacion de Empresas Automotrices del Ecuador: www.aeade.net
- Andalucia, J. d. (2012, Abril 25). Retrieved from <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/nuevaandalucia/reciclad/recineumatic.htm>
- ANDES, A. P. (2011, Octubre 28). Retrieved from ANDES, Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Sudamerica: <http://noticiasquito.gob.ec>
- ANDES, A. P. (2012, Octubre 2012). Retrieved 2012, from Refinería de Esmeraldas garantiza producción de asfalto para demanda interna: <http://www.andes.info.ec/es/econom%C3%ADa/298.html>
- ANDES, A. P. (2012, Diciembre 28). *Intenso trabajo vial se desarrollo en el 2012*. Retrieved from http://www.noticiasquito.gob.ec/Noticias/news_user_view/intenso_trabajo_vial_se_desarrollo_en_el_2012--8129
- Asfalto en obra civil*. (2012). Retrieved 12 30, 2012, from <http://asfaltoenobracivil.blogspot.com>
- ASTM, A. S. (2012, 06 06). *American Society for Testing and Materials*. Retrieved from American Society for Testing and Materials: www.astm.org
- Castells, X. E. (2000). Reciclaje de residuos industriales. In X. E. Castells, *Reciclaje de residuos industriales* (p. 230). Madrid, 2000: Ediciones Díaz de Santos.
- CATRA. (2005). *Scrap Tire Recycling Canada*. Canada: CATRA.
- CFN, C. F. (2012). *CFN, Corporación Financiera Nacional*. Retrieved from <http://www.cfn.fin.ec/>
- Chinyama, M. (2011). *Alternative Fuels in Cement Manufacturing*. Malawi: Intechopen.
- CIMTAN, D. G. (2007). *Valorización Material y energética de neumáticos fuera de uso*. Madrid: Consejería de Educación.
- CINAE, C. d. (2012). *Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana*. Retrieved from www.cinae.org.ec
- COCEF-BECC. (2008). *Manejo integral de llantas de desecho en la region fronteriza*. Mexico.

- Collier, R. (1981). La historia del caucho en la Amazonia. In R. Collier. Brasil: Centro Amazónico de Antropología y Aplicación Práctica.
- Conquito, A. M. (2012). *Agencia Metropolitana de Promoción Económica*. Retrieved from www.conquito.org.ec
- Construpedia. (2012). *Construpedia*. Retrieved Febrero 25, 2012, from Construpedia: <http://www.construmatica.com>
- Continental, R. (2012). 50 años por los caminos de Ecuador. *Continental* , 24.
- Cuerpo de Bomberos, Q. (2012). *Cuerpo de Bomberos de Quito*. Retrieved from www.bomberosquito.gob.ec
- Davis, W. (2005). El río, exploraciones y descubrimientos de en la selva amazónica. In W. Davis. Canada: Coleccion Tierra Firme.
- Diario, U. N. (2011, Octubre 24). Quebrada Limpia no se inunda. *Quebrada Limpia no se inunda* , p. 6.
- Diaz, O. (2011). *Diseño de pavimentos*. Mexico.
- Eirich, F. (2000). *The Science and Technology of Rubber*. Reino unido: British.
- El Comercio, D. (2010, Diciembre 15). 12 Contratistas a cargo del bacheo vial. p. 4.
- El Comercio, D. (2011, Enero 14). El 80% del asfalto ya no sirve en Quito. p. 6.
- El Comercio, D. (2011, Abril 22). En 161 municipios no hay manejo de la basura. p. 7.
- El Comercio, D. (2012, Agosto 14). Las llantas viejas de Galápagos se usarán para pisos y asfalto. p. 6.
- El Comercio, D. (2011, Octubre 31). Los quiteños confunden los lotes baldíos y quebradas con botaderos. *Los quiteños confunden los lotes baldíos y quebradas con botaderos* , p. 3.
- El Comercio, D. (2011, Marzo 2). Recolección de basura tiene falencias. *Recolección de basura tiene falencias y se estudia otro modelo* , p. 5.
- El Hoy, D. (2012, Febrero 11). Casos de dengue en el país llegan a 1 233. *Casos de dengue en el país llegan a 1 233* , p. 3.
- El Hoy, D. (2012, Enero 30). El 40% de las vías asfaltadas de Quito se encuentra en mal estado. p. 7.
- El Hoy, D. (2012, 02 01). Quito: pavimento en pésimo estado. p. 1.
- El Hoy, D. (2012, Marzo 01). Se produce asfalto pese a paralización. *Se produce asfalto pese a paralización* , p. 6.
- El Mercurio, D. (2011, Noviembre 15). INVEC presentó borrador de Ley para reciclaje de llantas. p. 3.

El Mercurio, D. (2010, Octubre 06). Obreros despedidos de ERCO anuncian huelga de hambre. *Diario El Mercurio* , p. 2.

El Productor, D. (2011, Diciembre 11). El cultivo del caucho generará beneficios económicos al productor. *El cultivo del caucho generará beneficios económicos al productor* , p. 2.

El Telegrafo, D. (2012, Junio 22). Pichincha y Guayas concentran el 64% del parque automotor. p. 3.

EPA, E. P. (2012). *Environmental Protection Agency*. Retrieved from Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov>

EPA, E. P. (2012). *Environmental Protection Agency*. Estados Unidos, Mexico: Office of Research and Development.

EPA, E. P. (2010). *Guía sobre aplicaciones de reciclaje*. Estados Unidos.

EPMMOP. (2011). *Plan emergente de mantenimiento vial*.

Epps, J. A. (1994). *Uses of Recycled Rubber Tires in Highways*. Washington, DC: National Research Council.

EWI, E. W. (2012, 04 25). *EWI, Environmental Waste International*. Retrieved from EWI, Environmental Waste International: <http://ewi.ca/products/tires/default.htm>

FAO. (2004). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas: proyecciones al 2010*. Italia.

Fraume, N. J. (2006). *Manual abecedario ecologico*. Colombia: San Pablo.

Herbert, L. F. (2001). *Manual McGraw-Hill de reciclaje, Volumen I*. Madrid: Interamericana de España.

Heshmat, A. (1995). *Polymer modifiers for improved performance of asphalt mixture*. Texas: Texas Transportation Institute.

HESHMAT, A. (1995). *Polymer modifiers for improved performance of asphalt mixture*. Texas: Texas Transportation Institute.

Hoy. (2012). *Hoy Bolivia* . Retrieved 2012, from <http://www.hoybolivia.com/Noticia.php?IdNoticia=25733>

INEC, I. N. (2012). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Retrieved Marzo 12, 2012, from <http://www.inec.gob.ec>

INEN, I. E. (2012). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Retrieved Marzo 12, 2012, from www.inen.gob.ec

Infante T, R. (2009, Enero 27). *Otros conceptos de finanzas*. Retrieved from <http://www.gestiopolis.com/finanzas-contaduria/capital-de-trabajo-en-administracion-financiera.htm>

INIAP. (2012, Marzo 12). *Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias*. Retrieved Marzo 12, 2012, from Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias: <http://www.iniap.gob.ec>

Instituto del Asfalto, U. (2012). Retrieved 12 30, 2012, from www.asphaltinstitute.org/

INVEC. (2012). Retrieved 2012, from www.invec.ec

Kaloush, K. P. (Octubre 2011). *Asphalt-rubber standard practice guide*. Arizona: Arizona State University.

Kotler, P. (2001). *Marketing: Edición para Latinoamérica*. Mexico: Pearson Educación.

La Hora, D. (2011, Marzo 24). 93,3% de la basura no recibe tratamiento. *93,3% de la basura no recibe tratamiento* , p. 3.

Lideres, R. (2010). El caucho local abastece a un tercio de la demanda, lo restante es importado. *Lideres* , 3.

Lideres, R. (2012). El sector automotor acelera el ritmo del 2011. *Lideres* , 12.

Lideres, R. (2012, Octubre 23). Vehículos del Estado reencaucharán sus neumáticos. *34 000 vehículos del Estado reencaucharán sus neumáticos* , p. 3.

MAE, M. d. (2012, Junio 06). *Ministerio del Ambiente Ecuador*. Retrieved from Ministerio del Ambiente Ecuador: <http://www.ambiente.gob.ec>

MarketWatch. (2011, 03 04). Parque Automotor Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador.

Miller, T. (2007). *Ciencia ambiental: Desarrollo sostenible, un enfoque integral*. Mexico: Thompson Editores.

Miranda, R. d. (2005). *Pirolisis de llantas usadas: Estudio Cinético*. Mexico: UANL.

Motor, T. (2010). Argentina abrió la primera planta de reciclaje de neumaticos. *Tiempo Motor* , 3.

MTOP, M. d. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Retrieved 2012, from Ministerio de Transporte y Obras Públicas: www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/.../bajarArchivo.cpe

Municipio, Q. (2012). *Municipio de Quito*. Retrieved from www.quito.gob.ec

OPS, O. P. (2002). *Estado del arte del manejo de llantas usadas en las Americas*. Lima: Oficina Sanitaria Panamericana.

Ortuño, Á. V. (2006). *Introducción a la química industrial*. España: Reverte.

Pablo Luque Rodríguez, D. Á. (2003). *Estudio del Automóvil, investigación de Accidentes de Trafico*. España: Servicio de Publicaciones Universidad de Oviedo.

Pandya, C. (2009). Tire Derived Fuel. *The alternative energy eMagazine* , 3.

- PP El Verdadero, P. (2012, Septiembre 2). Trece empresas en Reusallantas. p. 6.
- Procredit, B. (2012). *Banco Procredit Ecuador*. Retrieved from <http://www.bancoprocredit.com.ec/>
- Ramirez, I. (2006). *Estudio de la utilización de caucho de neumático en mezclas asfálticas*. Santiago: Universidad de Santiago.
- Reciclados, E. (2012, Abril 25). *Reciclados EU*. Retrieved from Reciclados EU: <http://www.reciclados.eu/index.php/automoviles/16-reciclado-de-llantas-en-europa.html>
- Reyes, F. A. (2003). Diseño racional de pavimentos. In F. A. Reyes, *Diseño racional de pavimentos* (p. 180). Bogotá: Centro Editorial Javeriano.
- Roy, C. C. (1995). *Vacuum pyrolysis of used tires*. Quebec, Canada: Universidad Laval.
- Rural, M. d. (2006). *Anuario, Agroindustria y Competitividad*. Colombia: Ac Graficolor.
- Salgado, C. (2008, Julio 29). *Propiedades de los Asfaltos*. Retrieved from Universidad del Bio Bio, Concepción.
- Secretaria de Ambiente, Q. (2012, Marzo 12). *Secretaria de Ambiente de Quito*. Retrieved Marzo 12, 2012, from <http://www.quitoambiente.gob.ec>
- SENAE, S. N. (2012, Febrero). *Boletín N°39 Comercio Exterior*. Retrieved from www.aduana.gob.ec
- Sharpe, W. (1964). *Modelo de evaluación de activos de capital*.
- Srap Tires News, U. (2012, Julio 20). *Srap Tires News*. Retrieved from Srap Tires News: <http://www.sraptirenews.com/crumb.php>
- Starabroad. (2012, Abril 25). *Starabroad*. Retrieved from Starabroad: <http://www.starabroad.com/120/over-usd-1-billion-market-for-recycling-tires-in-china-2011>
- Survey. (2012, Septiembre 11). *Rubberized asphalt reaches 70% usage level*. Retrieved from <http://www.tirebusiness.com/article/20120911/NEWS/309119985/0/SEARCH>
- Telegrafo, D. (2011, Noviembre 19). Reencauche de llantas frena la importación. *Reencauche de llantas frena la importación* , p. 2.
- Tire Recycling Industry, A. G. (2003). *Tire Recycling Industry: A Global View*. Estados Unidos.
- Tonda, M. (2011). *Asfaltos Modificados con Polímeros*. Mexico.
- US DOT, F. H. (2012). *US Department of Transportation* . Retrieved 2012, from <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/97148/st1.cfm>
- Veoverde, C. (2012). Retrieved 2012, from <http://www.veoverde.com/2010/06/inauguran-primer-planta-de-reciclaje-de-neumaticos-sin-uso-en-chile/>
- Vistazo, R. (2011). A pasos de gigantes. *Vistazo* , 3.

Vistazo, R. (2011). Protejamos el Yasuni con el ITT. *Vistazo* , 1.

Wikipedia. (2006, Abril 25). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/Pirolisis>

Wikipedia. (2012, Julio 20). *Wikipedia*. Retrieved from Wikipedia:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Mesh>

Yúfera, E. P. (1996). *Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria. Volumen 1*. España: Reverte.

ANEXOS

Anexo A

Registro Oficial N° 389, Miércoles 1° de Noviembre del 2006, Pag.10

Artículo 1.- Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 011 para neumáticos, sean de fabricación nacional o importados, que se comercialicen en la República del Ecuador

Reglamentos Técnicos de carácter obligatorio" y controlado el Acuerdo Interministerial No. 00-428, publicado en el Registro Oficial No. 707 de 19 de noviembre del 2002.

Que, es necesario garantizar que la información suministrada a los consumidores sea clara, concisa, veraz, verificable y que esta no induzca a error al consumidor.

Que, con el propósito de prevenir riesgos y proteger la vida, la salud, el medio ambiente y eliminar prácticas que puedan inducir a error a los consumidores, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, ha formalizado el presente Reglamento Técnico Ecuatoriano para Neumáticos.

Que, en su elaboración se ha seguido el trámite reglamentario y ha sido aprobado por el Consejo Directivo del Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN; y,

En uso de la facultad que le concede el artículo 8 del Decreto Supremo No. 357 de 28 de agosto de 1970, promulgado en el Registro Oficial No. 54 de 7 de septiembre de 1970.

Acuerda:

ARTICULO 1º. Oficializar con el carácter de OBLIGATORIO el siguiente Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 011 para neumáticos, sean de fabricación nacional o importados, que se comercializan en la República del Ecuador:

1. OBJETO

1.1 Este reglamento establece los requisitos técnicos y de rotulado que deben cumplir los neumáticos destinados al uso en vehículos con el fin de garantizar la seguridad humana, la salud y el medio ambiente, así como evitar la realización de prácticas que puedan inducir a error y provocar perjuicios a los usuarios finales.

2. CAMPO DE APLICACION

2.1 Este reglamento se aplica a los neumáticos para bicicletas, motocicletas, motonetas, vehículos de pasajeros y autocarros de turismo, camionetas, campers y demás vehículos de servicio múltiple y sus remolques intancos, camionetas, autobuses, remolques y otros vehículos de servicio múltiple en carretera, micro camión, camión, vehículos fuera de carretera, vehículos industriales de baja velocidad, plataformas y remolques y vehículos agrícolas, tipos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 según lo establece la NTE INEN 2 096 vigente e incluidos todas las categorías dadas en el Anexo A, de este reglamento técnico.

2.2 Los productos objeto del presente reglamento se clasifican, en las siguientes partidas arancelarias:

Clasificación	Descripción
40.11	Neumáticos (llantas neumáticas) nuevos de caucho.
40.12	Neumáticos (llantas neumáticas) reconstruidos o usados, de caucho; bandejas (llantas macizas o huecas), bandas de rodadura para neumáticos (llantas neumáticas) y protectores ("flaps"), de caucho.

2.3 Esta sección del presente reglamento técnico las siguientes subpartidas arancelarias:

Clasificación	Descripción
40.11.30.00	- De los tipos utilizados en aeronaves
40.12.13.00	- - De los tipos utilizados en aeronaves

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de este reglamento se adoptan las definiciones establecidas en la NTE INEN 2 096 vigente y las que a continuación se detallan:

3.1.1 Altura de la sección del neumático. Mínd de la diferencia entre el diámetro externo y el diámetro interno del neumático.

3.1.2 Aros admitidos. Aros sobre los cuales se permite montar un neumático según se indica en la NTE INEN 2 101 vigente y los adicionales que se incluyen en el libro del año "The tire and rim Association Inc." aplicable.

3.1.3 Cámara de aire (tubo). Componente de un sistema de rodaje constituido por elastómero y otros materiales, de forma tubular en su extremo y dotado de una válvula que tiene la función de contener, con una máxima impermeabilidad, el(los) fluido(s) bajo presión en su interior cuando están montados en el neumático.

3.1.4 Capacidad de carga. Carga máxima que un neumático puede soportar conforme lo establecido en las NTE INEN 2 096 y 2 101 vigentes y el libro del año "The tire and rim Association Inc."

3.1.5 Diseño de la banda de rodadura. Disposición geométrica, forma y dimensiones de las cavidades y partes salientes de la banda de rodadura en función de las características del tipo de aplicación del neumático.

3.1.6 Diámetro nominal (diámetro de los talones o diámetro de asentamiento). Diámetro medido en la circunferencia interna de los talones, que corresponde al diámetro nominal de la llanta medido en la región de apoyo o asentamiento de los talones.

3.1.7 Unión abierta. Cualquier separación en la unión de la banda de rodadura, de los hombros, de los costados del neumático, de las telas, o de la capa de la goma que reviste el interior del neumático.

3.1.8 Estructura del neumático. Indica la forma de construcción y la disposición de los pliegos de la carcasa del neumático como por ejemplo, estructura diagonal (bias) o estructura radial.

3.1.9 Proveedor. La parte que es responsable de la garantía de que un producto cumple con los requisitos de certificación.

3.1.10 Letardos. Partes del neumático comprendidos entre los límites de la banda de rodadura y las pestañas (talones o cejas).

3.1.11 Indicadores de desgaste de la banda de rodadura. Parte saliente dispuesta en el fondo de las cavidades de la banda de rodadura con la altura de 1,6 mm (+ 0,06-0,0) mm que permite mediante examen visual evaluar si el neumático alcanzó el límite de desgaste previsto.

Anexo B

Constitución de la Republica del Ecuador,
Capítulo Segundo, sección segunda, artículo 14, página 24.
Derechos del Buen Vivir, Ambiente Sano.



Capítulo segundo Derechos del buen vivir

Sección primera Agua y alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

Sección segunda Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la

Anexo C

Ordenanza Municipal N° 213

Derechos, deberes, obligaciones y responsabilidades, de las y los ciudadanos, de las empresas, organizaciones, personas jurídicas, públicas, privadas y comunitarias, que habitan, usan y transitan en el Distrito, en torno al sistema de gestión de los residuos sólidos



ORDENANZA METROPOLITANA N°

0213

- a) Depositar la basura en los parterres, avenidas, parques, esquinas o terrenos baldíos, esto es en cualquier otro sitio que no sea la acera correspondiente a su domicilio o negocio, propiciando centros de acopio de basura no autorizados;
- b) Incinerar a cielo abierto basura, papeles, envases;
- c) Lavar vehículos en espacios públicos;
- d) Realizar trabajos de construcción o reconstrucción sin las debidas precauciones, ensuciando los espacios públicos con masilla y residuos de materiales;
- e) Arrojar en los espacios públicos, desperdicios de comidas preparadas, lavazas y en general aguas servidas;
- f) Utilizar el espacio público o vía pública para cualquier actividad comercial sin la respectiva autorización municipal;
- g) Sacar la basura fuera de la frecuencia y horario de su recolección;
- h) Depositar en espacios o vías públicas colchones, muebles y otros enseres fuera de los horarios establecidos para la recolección de basura;
- i) No disponer de un basurero plástico y con tapa dentro de los vehículos de transporte masivo;

j) Arrojar a la vía pública, áreas comunales y demás espacios públicos, los productos del barrido de viviendas, locales comerciales, establecimientos o vías y objetos o materiales sólidos;

3. CONTRAVENCIONES DE TERCERA CLASE Y SUS SANCIONES.- Serán reprimidos con multa de 1 RBUM dólares americanos, quienes cometan las siguientes contravenciones:

- a) Abandonar en el espacio público o vía pública animales muertos, o arrojar en ellos despojos de aves o animales;
- b) Utilizar el espacio público para exhibir mercaderías de cualquier tipo o para realizar actividades de mecánica en general y de mantenimiento o lubricación de vehículos, de carpintería o de pintura de objetos, cerrajería y en general todo tipo de actividades manuales, artesanales o industriales que perjudican el aseo y el ornato de la ciudad;
- c) Ocupar el espacio público, depositar o mantener en él, materiales de construcción y escombros;



ORDENANZA METROPOLITANA N°

0213

d) Mantener o abandonar en los espacios públicos vehículos fuera de uso y cualquier clase de chatarra;

e) Destruir contenedores, papeleras o mobiliario urbano instalado para la recolección de desechos;

f) Quemar llantas, cualquier otro material o desecho en la vía pública;

g) Ensuclar el espacio público con residuos cuando se realiza la transportación de desechos;

4. CONTRAVENCIONES DE CUARTA CLASE Y SUS SANCIONES.- Serán reprimidos con la multa de 1.5 RBUM dólares americanos, quienes cometan las siguientes contravenciones:

a) Arrojar escombros, materiales de construcción, basura y desechos en general a la red de alcantarillado, quebradas y cauces de ríos;

b) Usar el espacio público como depósito o espacio de comercialización de chatarra y repuestos automotrices;

c) Dejar sucias las vías o espacios públicos tras un evento o espectáculo público que haya sido organizado y que tenga el permiso otorgado por la DMMA;

El conductor del vehículo que cometa la contravención de cuarta clase será sancionado de acuerdo a lo dispuesto en el Art. 607A (607.1) del Capítulo V, De las Contravenciones Ambientales, del Código Penal de la República del Ecuador.

5. CONTRAVENCIONES DE QUINTA CLASE Y SUS SANCIONES.- Serán reprimidos con multa de 4 RBUM, quienes cometan las siguientes contravenciones:

a) Mezclar y botar la basura doméstica con basura tóxica, biológica, contaminada, radioactiva u hospitalaria;

b) No respetar la recolección diferenciada de los desechos hospitalarios y otros desechos especiales;

c) No disponer los desechos hospitalarios y peligrosos, según lo establecido en este capítulo;

d) Propiciar la combustión de materiales que generan gases tóxicos;

Anexo D

Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes emitida por el
Ministerio de Obras Públicas, MOP-001-F-2002, Tomo II

Sección 811, Agregados para Hormigón Asfáltico, tabla 405-5.11 y

Sección 810, Asfaltos y productos asfálticos, Tabla 810.2

SECCION 811. AGREGADOS PARA HORMIGON ASFALTICO

811.1. Generalidades.

811-1.01. Objetivos.- Esta especificación tiene por objeto fijar las características que deben cumplir los agregados que se emplean en la construcción de hormigón asfáltico.

811-1.02. Alcance y Limitaciones.- Esta especificación no se aplica a ningún otro material pétreo que se requiera en las obras viales, y debe acudirse a las especificaciones correspondientes.

811-1.03. Definiciones Específicas.- Relleno mineral: Porción de material que pasa el tamiz INEN 75 micrones (N° 200).

Densidad: Es la masa de la unidad de volumen de las partículas del árido a una temperatura especificada. El volumen no incluye los poros saturables de las partículas ni los huecos entre éstas.

Agregado fino: Porción de material que pasa el tamiz INEN 4.75 mm. (N° 4) y es retenida en el tamiz INEN 75 micrones (N° 200).

Agregado grueso: Agregado cuyas partículas son retenidas por el tamiz INEN 4.75 mm. (N° 4).

811-2. Agregados para Mezcla en Planta.

811-2.01. Descripción.- Son agregados que se utilizan para la fabricación de hormigón asfáltico empleando una planta de asfaltos o equipo semejante para su mezcla con el asfalto.

811-2.02. Requisitos.- Los agregados estarán compuestos de partículas de piedra triturada, grava triturada, grava o piedra natural, arena, etc., de tal manera que cumplan los requisitos de graduación que se establecen en la Tabla 404-5.1 ó 405-5.1 de estas especificaciones según corresponda, y se clasifican en "A", "B" y "C", de acuerdo a lo establecido a continuación:

- a) **Agregados tipo A:** Son aquellos en los cuales todas las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El agregado fino puede ser arena natural o material triturado y, de requerirse, se puede añadir relleno mineral para cumplir las exigencias de graduación antes mencionadas. Este relleno mineral puede ser inclusive cemento Portland, si así se establece para la obra.
- b) **Agregados tipo B:** Son aquellos en los cuales por lo menos el 50% de las partículas que forman el agregado grueso se obtienen por trituración. El

Tabla 405-4.1.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada	
	3/8" Máximo	1/4" Máximo
1/2" (12.7 mm.)	100	--
3/8" (9.5 mm.)	90 - 100	100
1/4" (6.3 mm.)	55 - 75	85 - 100
Nº 4 (4.75 mm.)	30 - 50	--
Nº 8 (2.38 mm.)	15 - 32	15 - 32
Nº 16 (1.18 mm.)	0 - 15	0 - 15
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 3	0 - 3

Tabla 405-5.1

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	1/4"	1/2"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
3/4" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
1/2" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

SECCION 810. ASFALTOS Y PRODUCTOS ASFALTICOS

810-1. Generalidades.

810-1.01. Objetivos.- La presente especificación tiene por objeto determinar los requisitos que deben cumplir los asfaltos y productos asfálticos aplicables a trabajos de pavimentación.

810-1.02. Alcance y Limitaciones.- Esta especificación se aplica únicamente a productos de asfalto y asfaltos obtenidos por destilación del petróleo. No cubre los requisitos de los materiales asfálticos para impermeabilización u otros usos diferentes a los empleados en obras viales.

Tampoco se aplica a asfaltos naturales, los cuales, para su empleo, deberán cumplir lo establecido en las Especificaciones Particulares.

810-1.03. Definiciones Específicas.- Asfalto: Material aglomerante de color entre negro a pardo oscuro, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se encuentran en la naturaleza o son obtenidos por destilación del petróleo.

Cemento asfáltico: Asfalto con o sin fluidificantes, de consistencia y calidad apropiada para uso directo en la fabricación de pavimentos flexibles.

Asfaltos diluidos: Asfaltos mezclados con destilados de petróleo, para obtener propiedades específicas.

Emulsiones asfálticas: Material bituminoso mezclado uniformemente con agua y un agente emulsificante.

Emulsiones de alta flotación (high float): emulsión asfáltica especial, en la cual se ha modificado su componente asfáltico base.

Emulsificante: Componente de las emulsiones asfálticas cuyas moléculas envuelven por completo a las partículas de asfalto.

Rotura de una emulsión asfáltica: Separación de las dos fases de la misma.

810-2. Cementos Asfálticos.

810-2.01. Descripción.- Los cementos asfálticos son residuos de la destilación del petróleo y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a la temperatura del ambiente.

Los cementos asfálticos mezclados con agregados forman el hormigón asfáltico, empleado en pavimentos, en las capas de rodadura o base.

810.2.02 Requisitos.- El cemento asfáltico que deberá emplearse será de penetración 60 - 70 u 85 - 100. Los mismos deberán cumplir los requisitos que se presentan en la tabla 810.2.1.

No se recomienda la utilización de estos cementos asfálticos para riegos.

TABLA 810.2.1.

ENSAYOS	60-70		85-100	
	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Berín original				
Penetración (25 °C, 100 gr, 5 s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53
Índice de penetración (*).	-1.5	+1.5	-1.5	+1.5
Ductilidad (25 °C, 5 cm/minuto), cm.	100	---	100	---
Contenido de agua (en volumen), %.	---	0.2	---	0.2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	---	99	---
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C.	232	---	232	---
Densidad relativa, 25 °C/ 25 °C	1.00	---	1.00	---
Ensayo de la mancha (**)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas, %.	---	2.2	---	2.2
Ensayos al residuo del TFOT:				
Variación de masa, %.	---	0.8	---	1.0
Penetración, % de penetración original.	54	---	50	---
Ductilidad, cm.	50	---	75	---
Resistencia al endurecimiento (***)	---	5.0	---	5.0

TFOT (Thin Film Oven Test)- Ensayo en horno sobre película delgada.

NOTAS:

(*) El índice de penetración (IP) se determina a partir del valor de la penetración en mm/10, a 25 °C, 100 gramos y 5 segundos (Pen) y del punto de ablandamiento, °C, por el método de anillo y bola (Tab), según las expresiones siguientes:

$$A = 50 \cdot \left[\frac{\log 800 - \log \text{Pen}}{\text{Tab} - 25} \right]$$

$$\text{IP} = \frac{20 - 10 \cdot A}{A + 1}$$

(**) Deberá indicarse el tipo de solvente. Si se usan solventes con xileno debe especificarse el porcentaje a emplear.

(***) La resistencia al endurecimiento es la relación entre la viscosidad absoluta a 60 °C después del ensayo TFOT y dicha viscosidad a 60 °C en el berín original (antes de

Anexo E

Muestreo y Encuesta

efectuado a Vulcanizadoras y Comercializadoras

en la ciudad de Quito

N°	TIPO	NOMBRE / DESCRIPCION	DIRECCION	SECTOR	Cant. Mes Promedio	Entrega Gestor	Envia a Botar	Otros	Observaciones
1	Vulcanizadora	Lubrilianta	Diego de Vasquez y Union Progreso	NORTE	40		X		
2	Vulcanizadora	S/N	Diego de Vasquez N63-308 y Pedro Muñoz	NORTE	30		X		Recoge Municipio
3	Vulcanizadora	Javi Jr.	De la Prensa y Vaca de Castro	NORTE	30		X		Paga flete para botar en Carapungo
4	Vulcanizadora	S/N	De la Prensa y Mariano Echeverría	NORTE	25		X		Paga flete para Botadero
5	Vulcanizadora	Ramirez	De la Prensa y Mariano Echeverría	NORTE	30	X			
6	Vulcanizadora	S/N	Av. America y NUNU	NORTE	35		X		Paga flete para Botadero
7	Vulcanizadora	Falken	Av. America y Mañosca	NORTE	40		X		Paga flete para Botadero
8	Vulcanizadora	Tecnicentro	Av. America y Mañosca	NORTE	45		X		Paga flete para Botadero
9	Vulcanizadora	Segundo Moreano	Gaspar de Villarreal y Av. 6 Diciembre	NORTE	25		X		Paga flete para Botadero
10	Vulcanizadora	Ernesto Taco	Av. Universitaria y Bolivia	NORTE	40		X		Paga flete para Botadero
11	Vulcanizadora	Liantiservicio Diego	Av. El Inca y Robles	NORTE	45		X		Paga flete para Botadero
12	Vulcanizadora	S/N	Av. El Inca y Las Palmeras	NORTE	35		X		Paga flete para Botadero
13	Vulcanizadora	Alineación	Av. Eloy Alfaro y Fucsias	NORTE	30			X	Lleva a Cayambe a Finca para artesanía
14	Vulcanizadora	Jacinto Mejía	Av. Eloy Alfaro y Juan Molineros	NORTE	30		X		Paga flete para Botadero
15	Vulcanizadora	Novoa	Juan Molineros y Av. Eloy Alfaro	NORTE	30		X		Paga flete para Botadero
16	Vulcanizadora	Martínez	Av.6 de Diciembre e Isaac Barrera	NORTE	50		X		Paga flete para Botadero
17	Vulcanizadora	S/N	Av.6 de Diciembre y Alamos	NORTE	30		X		Paga flete para Botadero
18	Vulcanizadora	Oswaldo Campues	Sabanilla y Av. De la Prensa	NORTE	30		X		Paga flete para Botadero
19	Vulcanizadora	Cedral	Av. Real Audiencia y Nazacota Puento	NORTE	30		X		Entrega a pequeños recolectores chataira
20	Vulcanizadora	S/N	Av. 10 de Agosto y Eucaliptos	NORTE	30		X		Paga flete para Botadero
21	Vulcanizadora	Hiedras	De las Hiedras y Río Coca	NORTE	40		X		Paga flete para Botadero
22	Vulcanizadora	El Morlan	Calle El Morlan y	NORTE	30		X		Paga flete para Botadero
23	Vulcanizadora	S/N	Calle Tufiño y Galo Plaza Lasso	NORTE	45		X		Paga flete para Botadero
24	Vulcanizadora	Moreano	Av. Mariscal Sucre y Carapungo	SUR	19		X		
25	Vulcanizadora	Sinchiguano	Av. Mariscal Sucre y Biloxi	SUR	20		X		Bota en escombrera sector Gatazo
26	Vulcanizadora	S/N	Chicana y Av. Mariscal Sucre	SUR	35		X		Algunas envía al campo
27	Vulcanizadora	S/N	Ajavi y Yantzaza	SUR	15		X		Algunas envía a condominio juegos
28	Vulcanizadora	Avila	Baizar y Teniente Hugo Ortiz	SUR	15		X		Bota en contenedores Solanda
29	Vulcanizadora	S/N	Cardenal de la Torre y San Luis	SUR	25		X		Bota en contenedores Solanda
30	Vulcanizadora	S/N	Teniente Hugo Ortiz y Fco. Perez	SUR	20		X		
1	Comercializadora	Hi Performance Cia.Ltda.	Av.de La Prensa 616 y Papallacta	NORTE	10			X	Entrega al dueño del vehículo
2	Comercializadora	Ecuallanta	Av. America y Mañosca	NORTE	200		X		Las buenas envía a reencachar al Sur
3	Comercializadora	Yokohama	Av. America y Mañosca	NORTE	180			X	
4	Comercializadora	Audio Tires 1	Av. Mariscal Sucre y Los Libertadores	SUR	190		X		
5	Comercializadora	Audio Tires 2	Av. Mariscal Sucre y Rodrigo de Chavez	SUR	190		X		
6	Comercializadora	Fox Liantas	Av. Mariscal Sucre y Ajavi	SUR	80		X		Bota en contenedores Solanda
7	Comercializadora	Mega Liantas	Cardenal de la Torre y Lucas de la Cueva	SUR	50		X		
8	Comercializadora	Auto Liantas	Cardenal de la Torre y V. Reyes	SUR	100		X		Envía semanalmente GOE
9	Comercializadora	Edwin Reyes	Av. America y Bolivia	NORTE	180			X	
10	Comercializadora	Vip Tires	Toledo 213-72 y Madrid	NORTE	200			X	
11	Comercializadora	Andina	Av. 10 de Agosto y Namina	NORTE	200			X	Entrega al dueño del vehículo

8% 85% 8%

S/N

Sin Nombre

Fuente: Autores (Mora P.; Chicaiza M.)

Anexo F

Pasos para la Constitución de la Empresa

Según guía emitida por la Agencia Metropolitana de Promoción Económica (Conquito, 2012) para constituir una compañía se deben realizar los siguientes pasos:

1. Socios:

- Tener al menos 2 socios.
- Escoger el nombre de su empresa.
- Establecer quiénes van a ser el Representante Legal y el administrador de la empresa.
- Decidir con qué tipo de compañía se va a constituir.
- Tener un capital mayor o igual a USD \$800 para el caso de la Sociedad Anónimas
- Tener un capital mayor o igual a USD \$400 en el caso de la Sociedad de Responsabilidad Limitada.
- Tener un domicilio en Ecuador.
- En Ecuador existe la obligación que la sociedad mantenga su contabilidad al día y presente declaraciones de impuestos aún si no realiza actividad.

2. Superintendencia de Compañías: Reservar el nombre de su compañía.

3. Institución bancaria: Abrir la cuenta de integración de capital (monto mínimo \$800 para S.A y \$400 si es Cía.Ltda.)

4. Notaría: Elevar a escritura pública la constitución de la compañía

5. Superintendencia de Compañías:

- Presentar la papeleta de la cuenta de integración del capital,
- 3 copias de la escritura pública
- Oficio del abogado
- Retirar resolución aprobatoria u oficio con correcciones (después de 48 horas)

7. Publicación: En un periódico de amplia circulación, los datos indicados por la Superintendencia de Compañías y adquirir 3 ejemplares del mismo.

8. Registro Mercantil:

- Marginar las resoluciones en la misma notaría donde se elevó a escritura pública la constitución de la compañía.
- Inscribir el nombramiento de Representante Legal y Administrador (Gerente)

9. Municipio de Quito: Inscribir las patentes y solicitar certificado de no estar en la Dirección Financiera Tributaria.

13. Superintendencia de Compañías: Presentar los documentos:

- Escritura inscrita en el registro civil,
- Un ejemplar del periódico donde se publicó la creación de la empresa,
- Copia de los nombramientos del representante legal y administrador,
- Copia de la CI de los mismos,
- Formulario de RUC lleno y firmado por el representante; y
- Copia de pago de luz, agua o teléfono de la dirección registrada
- Esperar posterior la revisión de los documentos le entregue el formulario del RUC, el cumplimiento de obligaciones y existencia legal, datos generales, nómina de accionistas y oficio al banco.

15. SRI: Entregar la documentación anteriormente recibida de la Superintendencia de Compañías, para la obtención del RUC.

16. IESS: Registrar la empresa en la historia laboral llevando;

- Copia de RUC, copia de C.I, y papeleta de representante legal,
- Copia de nombramiento del mismo,
- Copia de contratos de trabajo legalizados en Ministerio de Relaciones Laborales; y
- Copia de último pago de agua, luz o teléfono de la dirección registrada

Requisitos de Funcionamiento

Todos los requisitos son para el caso de compañías legalmente constituidas (Municipio, 2012)

Patente Municipal

En la Administración Zonal Municipal:

- Formulario de Declaración de Patente Municipal debidamente lleno y suscrito por el representante legal.
- Copia de cédula y papeleta de votación últimas elecciones del representante legal.
- Copia de la escritura protocolizada de constitución de la persona jurídica (en el caso de las empresas nuevas).
- Copia del nombramiento del representante legal.
- Copia del RUC

Permiso de Funcionamiento

En la Administración Zonal Municipal:

- Formulario Único de Licencia Metropolitana de Funcionamiento
- Copia del RUC
- Copia de la Cédula de Identidad del Representante Legal
- Copia de la Papeleta de Votación del Representante Legal
- Informe de Compatibilidad de uso de suelo

- Copia de Escritura de Constitución (primera vez)

Permiso de Bomberos

En el Cuerpo de Bomberos de Quito: (Cuerpo de Bomberos, 2012)

- Informe de Inspección
- Copia de la Cédula de Identidad del representante legal
- Copia de RUC
- Copia de la patente municipal

Calificación Gestores Tecnificados

En la Secretaria de Ambiente: (Secretaria de Ambiente, 2012)

N°	REQUISITOS
1	Solicitud de calificación, en la cual se incluya nombre, cédula de identidad, dirección, teléfono, fax, email, tipos de residuos para los que requiere la calificación
2	Licencia Ambiental de acuerdo a la Ordenanza ambiental local vigente para el caso de proyectos nuevos dentro del DMQ. Certificado Ambiental por Auditorías Ambientales, para el caso de actividades existentes dentro del DMQ de acuerdo a la Ordenanza ambiental local vigente Licencia Ambiental del Ministerio del Ambiente para el caso de establecimientos nuevos o existentes que se encuentren fuera del DMQ
3	Diagrama de flujo de el o los procesos de la empresa.
4	Certificado de personería jurídica
5*	Por lo menos un certificado de experiencia del servicio brindado por tipo de residuo tanto de quien provee como a quien se entrega.
6	Manual de procedimientos de acuerdo al siguiente contenido · Tipos de residuos, cantidades mensuales. Esta información se presentará indicando el tipo de residuo que ingresa, cantidades y proveedor; así como las cantidades que salen después del manejo, tipo y empresa a la que se entrega. (en caso de que la actividad se esté realizando) o Tipos de residuos y cantidades mensuales de manejo estimadas (en caso de que la actividad vaya a iniciar)** · Descripción de las etapas de gestión de residuos: recolección, almacenamiento, transporte (rutas, horarios), tratamiento, incineración, disposición final, otros. · Equipamiento con que se cuenta para la gestión de residuos y capacidad operativa del equipo. (En caso de transporte indicar el número de vehículos, choferes y ayudantes, copias de matrículas y licencias profesionales de los choferes) y condiciones de seguridad en el uso del equipo. · Procedimiento o instructivo para entregar al cliente sobre la forma de entrega/recepción de residuos. · Formatos de registros que llevará el gestor para el control de la gestión de residuos. (En el caso de transporte presentar una hoja de ruta) · Formato de entrada/salida de residuos para entregar a los clientes

* El requisito 5 no aplica para empresas que van a iniciar sus actividades.

** Llenar de acuerdo al formato adjunto

NOTA: Los certificados presentados deben tener el nombre de la persona que firma, cargo, dirección y teléfono con el fin de verificar la información presentada.

Anexo G

Maquinaria para trituración de llantas desechadas

QINGDAO EENOR RUBBERMACHINERY CO.LTD.

Qingdao, China.



QINGDAO EENOR RUBBER MACHINERY CO.,LTD

Tel: 0086-532-85176279; 015064851858; E-mail: sales22@qddeenor.com

SKYPE: [chat online](#); qddeenor2088;

Website: www.qddeenor.com

Address: Cangnan Town Jiaonan City Qingdao, CHINA.

Date : 28th, Feb, 2013.

WASTE TYRE RECYCLING PLANT TO RUBBER POWDER

I. GENERAL

This production line including main machine and accessorial equipment, it is used for recycling 600-1200mm waste tire, the final product is 5-30 mesh rubber powder, at the same time, separate the steel wire and fiber. You can get 99% pure rubber powder.

The working process:



Tyre recycling machine (XKP-400/450/560)



QINGDAO EENOR RUBBER MACHINERY CO.,LTD

Tel: 0086-532-85176279, 015064851850; E-mail: sales22@qdeenor.com

SKYPE [chat online](#): qdeenor2088;

Website: www.qdeenor.com

Address: Cangnan Town Jiaonan City Qingdao, CHINA.

2. Details of each machine and price

This production line including the below machines:

No	Name	model	Unit price	number	Amount	Power of each machine
While the pre processing, you will get a 100000 rubber crumb.						
1	Ring cutter	QQJ-20	USD1500.	1	USD1500.00	5.5 kw
2	Loop machine	YQJ-285	USD3200.	1	USD3200.00	15 kw
3	Strip cutter	QTD-380	USD2300.	1	USD2300.00	5.5 kw
4	Block cutter	QKJ-45	USD2100.	1	USD2100.00	11 kw
Rubber granule processing you will get 20-50 mesh rubber granule, at the same time, separate the fiber and steel wire.						
5	Tyre crusher	KKP-560	USD35500.	1	USD35500.00	75 kw
6	Big conveyor equipment	BCL-8	USD1300.	1	USD1300.00	2.2 kw
7	Small conveyor equipment	BCL-3	USD1000.	1	USD1000.00	1.1 kw
8	Big Magnet separator	BMS-22	USD1200.	1	USD1200.00	1.1 kw
9	Small Magnet separator	SMS-1	USD800.	1	USD800.00	1.1 kw
10	Big Shaking screen	BSS-8	USD2900.	1	USD2900.00	7.5 kw
11	Small Shaking screen	SSS-3	USD1800.	1	USD1800.00	3 kw
12	Fiber separator	XHJ-1100	USD7600.	1	USD7600.00	5.5 kw
*	Total price	USD	\$ 413,200.00 Feb Qingdao			1314.5 kw

Remarks: 1. The above quotation is subject to buyer's confirmation within 30 days from the quotation date.

2. Installation and training: we will send 1 engineers for installation, buyer should undertake the round trip fee and offer accommodations and pay additional 60 USD per person per day. The installation and training will take about 10-15 days.

3. Warranty: one year quality guarantee.

4. The above all machines only need one 40' open top container & 20' one.

5. Working time of the production line: 24 hours/day.

6. Payment item: 30% advanced payment by TT. A further 70% will paid before loading.

7. Quality warranty period: inside 12months from installing finished, Ensure the supply of maintain installation kit.

FOUR FEATURES:

- ◆ To granulate radial tires into fine **1000 mesh granule** with **100%** and **100%** completely recycled at ambient



QINGDAO EENOR RUBBER MACHINERY CO.,LTD

Tel: 0086-532-85176279, 015064851858, E-mail: sales22@qddeenor.com

SKYPE chat online: qddeenor2088;

Website: www.qddeenor.com

Address: Cangnan Town Jiaonan City Qingdao, CHINA.

temperature.

- ◆ The whole input tires, after the processing, steel are completely separated and fiber can be separated up to 99% or above. The finish product is high and competitive in the market
- ◆ Tight construction, small space and simple technique flow.
- ◆ Low energy-consuming, **LOW ENERGY CONSUMING** and good performance-cost ratio
- ◆ High automation, fewer labors requirement.
- ◆ Unique design, high output and long lifetime blade characterize secondary shredder and fine rubber shredder, which can improve the working efficiency and lower equipment maintenance cost.
- ◆ In line have dust remover, equipment running pollution-free, no fine dust, no fiber fly in the shop, meeting the environmental requirement of the government.

3. Analysis for output and Energy consumption

Input: rubber block from Block Cutter Machine:

NO	Model	Energy consumption	Output (kg/h)
1	YCP-560 line (1-12)	153.5 KW/H	500-700kg for around 10-30 mesh rubber powder
2	The whole production line. Power cost about 0.05元/kg, rubber 14.		

4. Specifications (kindly please see the photo)

Whole line are processing:



Item	Foto	Descripción	Especificación
1		Cortadora <i>Ring Cutter</i>	
		Potencia Motor (Kw)	5.5 kw
		Velocidad	46.8 rpm
		Diametro de Llanta MAX	1200 mm
		Material de Cuchilla	YJ-8 alloy steel
		Dimension	1100*900*1700mm
2		Separadora de Anillos <i>Loop Machine</i>	
		Potencia Motor (Kw)	15 kw
		Velocidad	15.5 m/min
		Velocidad de Radio	1.1
		Dimension	1520*1150*1210L
3		Cortadora de Tiras <i>Strip Cutter</i>	
		Potencia Motor (Kw)	5.5 kw
		Diametro de Disco	380
		Velocidad de Rotación	18.4 rpm
		Material de Cuchilla	Cr12mov alloy steel
		Dimension	1290*870*1550
4		Cortadora de Bloques <i>Block Cutter</i>	
		Potencia Motor (Kw)	11 kw
		Velocidad	420 rpm
		Diametro externo de corte	200mm
		Dimension	1130*830*1100
5		Transportadora Grande <i>Big Conveyor</i>	
		Potencia Motor (Kw)	2,2 Kw
		Velocidad	40 m/min
		Longitud del transportador (mm)	8000
		Ancho de la correa (mm)	550
6	<p>XKP560</p> 	Trituradora de Caucho <i>Rubber Crusher</i>	
		Potencia Motor (Kw)	75 Kw
		Capacidad (Kg/h)	700-1000 kw/h
		Velocidad lineal del rodillo frontal (m/min)	25.56
		Radio	1:1.30
		Material de Rodillos Dobles	Dureza: HRC58
		Espaciado MAX (mm)	15
		Diametro del Rodillo Frontal (mm)	560 (blandeza)
		Diametro del Rodillo Posterior (mm)	510 (ranura)
		Peso (Kg)	19000

ITEM	DESCRIPCION MAQUINARIA	FUNCION
1	Cortadora	Es una maquina especial para cortar y separar el anillo del talón, la pared lateral y la corona de los neumáticos de desecho, es el primer paso del proceso de la línea.
2	Separadora de Anillos	Esta máquina separa el anillo de caucho y el talón de los anillos de acero de los neumáticos para conseguir un anillo de talón completo
3	Cortadora de Tiras	Se utiliza para cortar la pared lateral y la corona de los neumáticos en tiras de caucho con una cierto ancho, Es ajustable, en el segundo proceso.
4	Cortadora de Bloques	Se utiliza para procesar las tiras de caucho en bloques con un tamaño determinado, lo cual es bueno para la producción y la mejora de la eficiencia de trabajo. Generalmente se usa junto con la barra de corte.
5	Transportadora Grande	Esta banda permite transportar los bloques de caucho hacia la trituradora
6	Trituradora de Caucho	Es el equipo principal para procesar caucho, alambre de acero y fibra de neumáticos desechados, se puede tratar directamente tiras de caucho, bloques de caucho y restos sobrantes de caucho con malla diferente. Para luego separar el alambre de acero, la fibra y el caucho eficazmente junto con el equipo auxiliar
7	Transportadora Pequeña	Esta banda permite transportar los bloques de caucho más pequeños para hacia una segunda fase de trituración
8	Separador Magnetico Grande	Esta máquina separa el remante de alambre de acero de los bloques de caucho grandes
9	Separador Magnetico Pequeño	Esta máquina separa el remante de alambre de acero de los bloques de caucho pequeños
10	Pantalla Vibradora Grande	En esta etapa, se separa el gránulo grueso de caucho. Para reenviarlo a la trituradora y que luego pase nuevamente por el separador magnético que descarte el acero, esto a través de la banda transportadora pequeña
11	Pantalla Vibradora Pequeña	En esta máquina se separa los diferentes tamaños de polvo de caucho a la vez, se puede obtener partículas de caucho malla 20, malla 30 y malla 60. Si el tamaño no es el adecuado volverá a enviarse a la trituradora por el transportador grande, Para la segunda trituración y así sucesivamente.
12	Separador de Fibras	Esta máquina separa la fibra remante del proceso de la trituración del caucho. Para la separación adopta el flujo de aire, es capaz de separar eficientemente la fibra más pequeñas de los gránulos de caucho.

Anexo H

Inversiones del proyecto

INVERSION

Concepto	Valor
GASTOS DE CONSTITUCION	\$ 2 000
(1) CAPITAL DE TRABAJO	\$ 33 446
(2) INFRAESTRUCTURA FISICA	\$ 30 000
(3) MAQUINARIA	\$ 107 658
(4) VEHICULOS	\$ 78 513
(5) MUEBLES Y ENSERES	\$ 5 000
(6) EQUIPOS COMPUTACION	\$ 3 263
TOTAL INVERSION	\$ 259.880

DETALLE

(1) CAPITAL DE TRABAJO	
Arrendo	\$ 7 500
Garantía (2meses)	\$ 5 000
Sueldos	\$ 17 946
Suministros	\$ 1 000
Servicios Basicos	\$ 1 500
Insumos	\$ 500
subtotal	\$ 33.446

DETALLE

(2) INFRAESTRUCTURA FISICA		FOTO
Adecuación galpón 600 m2		
Adecuación oficinas 50m2		
Sistema, instalaciones eléctricas y agua		
subtotal	\$ 30.000	

(3) MAQUINARIA		Anexo G
Línea XKP-560 (1-12 máquinas)	\$ 107.658	

(4) VEHICULOS	
Camion HINO 2009	\$ 36 000
Camion HINO 2007	\$ 28 000
Montacarga CATERPILLAR 3 TON	\$ 14 513
subtotal	\$ 78.513

CAMIONES	1	2
MARCA	HINO HD	HINO HD
MODELO	HD	HD
AÑO	2009	2007
CAPACIDAD	6 TON	9 TON
COMBUSTIBLE	DIESEL	
ESTADO	USADO	USADO
PRECIO	\$ 36.000	\$ 28.000

FOTO		

Fuente: Patio Tuerca Quito

www.patiotuerca.com

MONTACARGA		
	OPCION 1	OPCION 2
MARCA	CATERPILLAR	TOYOTA
MODELO	C6000	7FBCU25
AÑO	2005	2006
CAPACIDAD	3.0 TON	2.5 Ton
COMBUSTIBLE	GAS	ELECTRICO
ELEVACION	5.00 Mts	4.80 Mts
LLANTAS	CUSHION	CUSHION
ESTADO	USADO	USADO
PRECIO + IVA	\$ 14.513	\$ 20.294

FOTO		

Fuente: <http://www.pintulac.com.ec/montacargas/>

(5) MUEBLES Y ENSERES	1		\$ 5.000
subtotal			\$ 5.000

(6) EQUIPOS DE COMPUTO	Cantidad	Precio Unitario	Valor Total
PC's	5	\$ 550	\$ 2.750
Impresoras	2	\$ 80	\$ 160
Telefonos	5	\$ 15	\$ 75
Fax	1	\$ 80	\$ 80
Scanner	1	\$ 60	\$ 60
Maquinas Escribir	2	\$ 45	\$ 90
Sumadoras	4	\$ 12	\$ 48
subtotal			\$ 3.263

Anexo I

Tabla de amortización del préstamo

TABLA DE AMORTIZACIÓN					
Capital		249.617			
Tasa de Interés		10,85%			
Plazo en meses		57		4,75	Años
Frecuencia en el año		12			
Fecha de inicio de la tabla			Mes	Día	Año
			8	30	13
Periodo de gracia en meses:			3		
Número pagos	FECHA	Pago de Capital	Pago de Interés	DIVIDENDO	CAPITAL Pendiente
1	29-sep-13	0,00	2.256,96	0,00	249.617,48
2	29-oct-13	0,00	2.256,96	0,00	249.617,48
3	28-nov-13	0,00	2.256,96	0,00	249.617,48
4	28-dic-13	3.366,62	2.256,96	5.623,58	246.250,86
5	27-ene-14	3.397,06	2.226,52	5.623,58	242.853,80
6	26-feb-14	3.427,77	2.195,80	5.623,58	239.426,03
7	28-mar-14	3.458,77	2.164,81	5.623,58	235.967,26
8	27-abr-14	3.490,04	2.133,54	5.623,58	232.477,23
9	27-may-14	3.521,60	2.101,98	5.623,58	228.955,63
10	26-jun-14	3.553,44	2.070,14	5.623,58	225.402,19
11	26-jul-14	3.585,57	2.038,01	5.623,58	221.816,63
12	25-ago-14	3.617,98	2.005,59	5.623,58	218.198,64
13	24-sep-14	3.650,70	1.972,88	5.623,58	214.547,95
14	24-oct-14	3.683,71	1.939,87	5.623,58	210.864,24
15	23-nov-14	3.717,01	1.906,56	5.623,58	207.147,23
16	23-dic-14	3.750,62	1.872,96	5.623,58	203.396,61
17	22-ene-15	3.784,53	1.839,04	5.623,58	199.612,08
18	21-feb-15	3.818,75	1.804,89	5.623,58	195.793,33
19	23-mar-15	3.853,28	1.770,30	5.623,58	191.940,05
20	22-abr-15	3.888,12	1.735,46	5.623,58	188.051,93
21	22-may-15	3.923,27	1.700,30	5.623,58	184.128,65
22	21-jun-15	3.958,75	1.664,83	5.623,58	180.169,91
23	21-jul-15	3.994,54	1.629,04	5.623,58	176.175,37
24	20-ago-15	4.030,66	1.592,92	5.623,58	172.144,71
25	19-sep-15	4.067,10	1.556,48	5.623,58	168.077,61
26	19-oct-15	4.103,87	1.519,70	5.623,58	163.973,73
27	18-nov-15	4.140,98	1.482,60	5.623,58	159.832,75
28	18-dic-15	4.178,42	1.445,15	5.623,58	155.654,33
29	17-ene-16	4.216,20	1.407,37	5.623,58	151.438,13
30	16-feb-16	4.254,32	1.369,25	5.623,58	147.183,80
31	17-mar-16	4.292,79	1.330,79	5.623,58	142.891,02
32	16-abr-16	4.331,60	1.291,97	5.623,58	138.559,41
33	16-may-16	4.370,77	1.252,81	5.623,58	134.188,64
34	15-jun-16	4.410,29	1.213,29	5.623,58	129.778,36
35	15-jul-16	4.450,16	1.173,41	5.623,58	125.328,19
36	14-ago-16	4.490,40	1.133,18	5.623,58	120.837,79
37	13-sep-16	4.531,00	1.092,58	5.623,58	116.306,79
38	13-oct-16	4.571,97	1.051,61	5.623,58	111.734,82
39	12-nov-16	4.613,31	1.010,27	5.623,58	107.121,51
40	12-dic-16	4.655,02	968,56	5.623,58	102.466,49
41	11-ene-17	4.697,11	926,47	5.623,58	97.769,38
42	10-feb-17	4.739,58	884,00	5.623,58	93.029,81
43	12-mar-17	4.782,43	841,14	5.623,58	88.247,37
44	11-abr-17	4.825,67	797,90	5.623,58	83.421,70
45	11-may-17	4.869,31	754,27	5.623,58	78.552,39
46	10-jun-17	4.913,33	710,24	5.623,58	73.639,06
47	10-jul-17	4.957,76	665,82	5.623,58	68.681,31
48	9-ago-17	5.002,58	620,99	5.623,58	63.678,72
49	8-sep-17	5.047,81	575,76	5.623,58	58.630,91
50	8-oct-17	5.093,46	530,12	5.623,58	53.537,45
51	7-nov-17	5.139,51	484,07	5.623,58	48.397,94
52	7-dic-17	5.185,98	437,60	5.623,58	43.211,96
53	6-ene-18	5.232,87	390,71	5.623,58	37.979,10
54	5-feb-18	5.280,18	343,39	5.623,58	32.698,91
55	7-mar-18	5.327,92	295,65	5.623,58	27.370,99
56	6-abr-18	5.376,10	247,48	5.623,58	21.994,89
57	6-may-18	5.424,71	198,87	5.623,58	16.570,19
58	5-jun-18	5.473,75	149,82	5.623,58	11.096,43
59	5-jul-18	5.523,25	100,33	5.623,58	5.573,19
60	4-ago-18	5.573,19	50,39	5.623,58	0,00

Anexo J

Norma ASTM D 6114

Especificaciones Técnicas para mezcla Asfalto-Caucho



Designation: D 6114/D 6114M – 09

Standard Specification for Asphalt-Rubber Binder¹

This standard is issued under the fixed designation D 6114/D 6114M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript symbol (¹) indicates an editorial change since the last revision or approval.

1. Scope

1.1 This specification covers asphalt-rubber binder, consisting of a blend of paving grade asphalt cements, ground recycled tire (that is, vulcanized) rubber and other additives, as needed, for use as binder in pavement construction. The rubber shall be blended and interacted in the hot asphalt cement sufficiently to cause swelling of the rubber particles prior to use.

Note 1—It has been found that at least 15 % rubber by weight of the total blend is usually necessary to provide acceptable properties of asphalt-rubber.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 The following precautionary caveat pertains to the test method portions only, Sections 4 and 5 of this Specification: *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. Specific precautionary statements are given in 4.3.2.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- D 1 Test Method for Penetration of Bituminous Materials
- D 36 Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.40 on Asphalt Specifications.

Current edition approved June 1, 2009. Published July 2009. Originally approved in 1997. Last previous edition approved in 2002 as D 6114 – 97 (2002).

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

- D 92 Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester
- D 140 Practice for Sampling Bituminous Materials
- D 496 Specification for Penetration-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction
- D 1734 Test Method for Effects of Heat and Air on Asphaltic Materials (Thin-Film Oven Test)
- D 1964 Test Method for Moisture in Mineral Aggregate Used on Built-Up Roofs
- D 2196 Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational (Brookfield type) Viscometer
- D 2872 Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test)
- D 3361 Specification for Viscosity-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction
- D 3329 Test Methods for Sealants and Fillers, Hot-Applied, for Joints and Cracks in Asphaltic and Portland Cement Concrete Pavements
- D 3688 Test Methods for Rubber Compounding Materials—Determination of Particle Size Distribution of Recycled Vulcanizate Particulate Rubber
- D 6375 Specification for Performance Graded Asphalt Binder

3. Materials

3.1 *Asphalt Cement*—The asphalt cement shall meet the requirements of Specifications D 496, D 3361 or D 6375. Acceptable grades shall be able to produce the properties of Table 1 of this specification when interacted with ground recycled tire rubber.

3.2 *Ground Recycled Tire Rubber*

3.2.1 The ground recycled tire rubber shall contain less than 0.75 % moisture by weight and shall be free flowing. The specific gravity of the rubber shall be 1.15 ± 0.05 . The ground recycled tire rubber shall contain no visible nonferrous metal particles and no more than 0.01 % ferrous metal particles by weight.

3.2.2 For use in hot mix binders, the fiber content shall not exceed 0.5 % by weight of ground recycled tire rubber. However for use in binders for spray applications, fiber content


D 6114/D 6114M – 09
TABLE 1 Physical Requirements for Asphalt-Rubber Binder

Binder Designation ^a		Type I	Type II	Type III
Apparent Viscosity, 175°C [347°F], Pa·s [cP] Modified Test Method D 3098, Method A, (see 3.3) ^{b,c} Pa·s [cP]	min	1.5 [1500]	1.5 [1500]	1.5 [1500]
Penetration, 25°C [77°F], 100g, 5 s: units (Test Method D 5) :	max	5.0 [5000]	5.0 [5000]	5.0 [5000]
Penetration, 4°C [39°F], 200g, 60 s: units (Test Method D 5) :	min	25	25	30
Softening Point, °C [°F] (Test Method D 36)	max	75	75	100
Resilience, 25°C [77°F], % (Test Method D 3020)	min	10	10	25
Flash Point, °C [°F] (Test Method D 93)	min	57 [135]	54 [130]	52 [125]
Thin-Film Oven Test Residue (Test Method D 3065) ^d	min	25	20	10
Permeation Retention, 4°C [39.2°F], % of original (Test Method D 5)	min	200 [400]	200 [400]	250 [450]

^a See Appendix for recommended climate guidelines for usage.

^b Either digital or dial reading Brookfield viscometers may be used - record peak measurement.

For LV series models, use spindle 2 at 10 revolutions per minute.

For RV and HA series models, use spindle 3 at 20 revolutions per minute.

^c Rise or Haake-type high range rotational viscometers may also be used (with Rotor No. 1) when correlated with Brookfield measurements, as may other rotational viscometers. However Brookfield shall be the reference method.

^d RTFO Residue (See Test Method D 2072) may be substituted for TFO Residue, except TFO shall be the reference method in cases of dispute.

shall not exceed 0.1 % by weight. Up to 4 % by weight of mineral powder (such as talc) is permitted to prevent sticking and caking of the rubber particles. Other foreign contaminating materials (see [Table 3](#)) shall be less than 0.25 % by weight.

NOTE 2—Other foreign contaminants include, but are not limited to, materials such as glass, sand, wood, etc.

3.2.3 It is recommended that no rubber particles should be retained on the 2.36 mm [No. 8] sieve. Rubber gradation should be agreed upon between purchaser and asphalt-rubber supplier for the specific mixture applications (see [Table 3](#)).

NOTE 3—It has been found that rubber gradation may affect the physical properties and performance of hot paving mixtures using asphalt-rubber binder.

3.3 Asphalt-Rubber:

3.3.1 The asphalt-rubber shall be an interacted blend of paving grade asphalt cement and ground recycled tire rubber. Other additives not cited herein including other types of scrap rubber are permitted.

3.3.2 The asphalt-rubber shall not foam when heated to 175°C [347°F].

3.3.3 The asphalt-rubber blend shall conform to the physical requirements of [Table 1](#). This table was developed to provide a reference for specifying asphalt-rubber binder. The tests are intended to measure the degree of modification of the asphalt cement by the ground recycled tire rubber. [Table 1](#) is not intended to be a performance-based specification.

4. Procedure

4.1 Ground Recycled Tire Rubber:

4.1.1 Determine moisture content according to Test Method [D 1804](#), except that oven temperature shall be 105 ± 5°C [221 ± 9°F].

4.1.2 Detect and separate out ferrous metal particles by thoroughly stirring a magnet through a 50 g [0.10 lb] sample. Weigh captured particles. Determine nonferrous metal content by visual inspection.

4.1.3 Perform sieve analysis according to Test Method [D 3044](#).

4.1.4 The method of determining fiber content shall be specified as agreed between the supplier and user.

4.2 Asphalt-Rubber Sampling:

4.2.1 Sample containers and handling shall be in accordance with Practice [D 1440](#).

4.2.2 Representative samples shall be taken from a sample valve or tap on the agitated tank in accordance with Practice [D 1440](#), unless otherwise directed.

4.3 Preparation of Pre-Blended Asphalt-Rubber Samples for Acceptance Testing:

4.3.1 *Sample Melting and Heating*—Loosen the cover of the original sample container to relieve pressure, then place the container in a preheated forced-draft oven and maintain oven temperature as required to heat sample to test temperature (see [Table 4](#)). After 1 hour or when the asphalt-rubber material begins to liquify, remove cover. Stir with a spatula as required to avoid localized overheating of sample and to achieve uniform sample temperature. Replace cover and repeat these steps as needed.

NOTE 4—Only those samples which will be tested for viscosity at 175°C [347°F] need to be heated to 175°C [347°F]. To provide specimens for other [Table 1](#) acceptance tests, it is sufficient to thoroughly liquify the pre-blended asphalt-rubber.

4.3.2 Immediately prior to testing or pouring test specimens, stir the sample thoroughly with a spatula to achieve visually uniform distribution of rubber particles within the binder. Pour the asphalt-rubber into suitable molds and containers for making such tests as desired. Prepare and condition acceptance specimens according to the respective selected test methods (see [Table 1](#)). (**Warning**—The sample may contain ground rubber particles that tend to float or settle. It is therefore very important that samples be poured or tested as soon as possible after stirring to provide representative test specimens throughout which the rubber particles are uniformly dispersed.)


D 6114/D 6114M - 09

4.3.3 The pre-blended sample shall be raised to temperature, stirred, tested for viscosity or poured for other acceptance tests, or both, within 4 hours of time of placement in heated oven.

5. Testing

5.1 Note that the presence of discrete rubber particles in the asphalt-rubber may influence test procedures and results, and may increase variation in measurements. Additional replicate samples may be prepared or measurements may be repeated, as appropriate. Precision of respective tests has not been determined and may vary with asphalt-rubber formulation.

5.2 **Table 1 Acceptance Tests**—Perform **Table 1** acceptance tests according to the standard test methods referenced in **Table 1**, except for apparent viscosity which shall be modified as follows:

5.3 **Apparatus**—HA series Brookfield viscometers are recommended for testing apparent viscosity of asphalt-rubber binders, but LV and RV series models may also be used with the appropriate spindles and rotation rates indicated in **Table 1**. Calibrate instrument according to the manufacturer's recommendations or as needed, but not necessarily before each test.

5.3.1 Other types of rotational viscometers may be used when correlated with Brookfield measurements. However, Brookfield shall be the referee.

5.4 **Apparent Viscosity**—Measure according to Method A of Test Method **D 2196**, with the following modifications:

5.4.1 After the entire sample reaches 175°C [347°F], adjust oven to maintain sample temperature at 175°C [347°F].

5.4.2 Prepare sample in accordance with 4.3. Do not shake and rest. Remove sample from oven to preheated hot plate or heating mantle and stir it vigorously and thoroughly.

5.4.3 Make all apparent viscosity measurements at a temperature of 175° ± 1°C [347° ± 2°F]. Acclimate the appropriate spindle in the sample for at least 1 min before testing. Stir again immediately before starting spindle rotation at the appropriate rate according to **Table 1** of this specification. Record the peak dial or digital reading to measure apparent viscosity of the asphalt-rubber system. If additional measurements are desired, stop spindle rotation and stir sample thoroughly first.

6. Keywords

6.1 asphalt; crm; crumb rubber modified; ground-tire rubber; rubber; wet process

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. CLIMATE GUIDELINES TO ACCOMPANY TABLE 1

X1.1 This appendix covers suggested climate guidelines for usage of the three types of asphalt-rubber (A-R) binders in **Table 1**. However, no restrictions are implied or intended for use of the respective A-R binders in the climate ranges presented in this appendix. These guidelines may be modified as justified by the familiarity and experience of the engineer with asphalt-rubber as well as with local paving materials and construction practices. For example, modifications of the suggested guidelines may be made dependent on traffic and roadway conditions and usage types: highways; major arterial, collector, industrial, or residential streets; or parking lots. Other considerations may include, but are not restricted to, chemical and rheological properties of the base asphalt cement and of the asphalt-rubber binder. Keeping in mind these considerations and that no restrictions are intended on the climate ranges at which a specific type of asphalt-rubber must be used, the following guidelines are provided to maximize performance of the asphalt-rubber binders.

X1.1.1 Type I binders typically include stiffer base asphalt cements. Type I binders are generally recommended for use in hot climate areas, defined as the following:

X1.1.1.1 Average monthly maximum ambient temperature is 43°C [110°F] or greater.

X1.1.1.2 Average monthly minimum ambient temperature is -1°C [30°F] or greater.

X1.1.2 Type II binders typically include softer grades of asphalt cement than Type I binders.

Type II binders are generally recommended for use in moderate climate areas, defined as the following:

X1.1.2.1 Average monthly maximum ambient temperature is 43°C [110°F] or lower.

X1.1.2.2 Average monthly minimum ambient temperature is -9°C [15°F] or greater.

X1.1.3 Type III binders typically include the softest grades of asphalt cements available, and may require softening additives to achieve the specified physical properties. Type III binders are generally recommended for use in cold climate areas, defined as the following:

X1.1.3.1 Average monthly maximum ambient temperature is 27°C [80°F] or lower.

X1.1.3.2 Average monthly minimum ambient temperature is -9°C [15°F] or lower.

Note X1.1—Description of average monthly temperatures can be found in *Climatic Atlas of the United States*.³

³ *Climatic Atlas of the United States*, originally published by U.S. Department of Commerce, Environmental Science Service, Environmental Data Service and reprinted by National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Anexo K

Resultados de ensayos efectuados en laboratorio de suelos
Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas
a las briquetas de mezcla asfáltica con partículas caucho



EPMOP
 Empresa Pública
 Metropolitana de Movilidad y
 Obras Públicas

**LABORATORIO DE MATERIALES (EPMOP)
 CALCULO DE PROPIEDADES MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON EL PORCENTAJE OPTIMO DE ASFALTO**

No. GOLPES/75 POR LADO	2535
USO CARPETA ASFALTICA	1,012
TEMPERATURA 150°	20-nov-2012

G.E. DE AGREGADOS	
GE. DEL C.A.:	
FECHA	

% C.A. =	PESO (gramos)			P. ESPECÍF.			VOL. % TOTAL		VAM	VFA	ESTABILIDAD (kg)			
	Briqueta	Seca Aire	S.S.S. Aire	En Agua	Volumen	Bulk	Rice	Agregados			Vacios en Aire	Asfalto Efectivo	Medida	F.C.
b	d	e	f	e-f	V	g	i	k	n	ñ	q	e	s	t
						div	RICE	(100-b)g	100-k	(n-ñ)*100/i				1/100
								G. Agr.						
1	936,0	940,2	513,2	427	2,192						909	1,39	1264	8
5	942,2	943,4	518,8	424,6	2,219						979	1,39	1361	8
3	940,4	943,6	515,6	428	2,197						1176	1,39	1635	7
PROM					2,203		2,392	82,55	7,92	17,45	54,59		1420	8
4	949,8	952,4	519	433,4	2,192						1126	1,32	1486	9
5	947,2	949,8	521,8	428	2,213						855	1,39	1188	10
6	934,2	937	517,4	419,6	2,226						1139	1,47	1674	9
PROM					2,210		2,375	82,40	6,92	17,60	60,69		1450	9
1	945,4	947,8	527,2	420,6	2,248						1086	1,39	1510	11
6,23	937,2	939,4	523	416,4	2,251						1146	1,47	1685	10
3	938,2	941	526	415	2,261						992	1,47	1458	11
PROM					2,253		2,358	83,34	4,45	16,66	73,29		1551	11
10	958,6	961,6	528,8	432,8	2,215						879	1,32	1160	12
6,5	949	951,4	526	425,4	2,231						1092	1,32	1441	13
12	951,2	954	531,4	422,6	2,251						1146	1,32	1513	12
PROM					2,232		2,34	82,33	4,61	17,67	73,92		1371	12
ESPECIFICACION									3-5	>14	65-75		>817	8-14

Informe del módulo resiliente por compresión diametral

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipo - CRT-HYD25)

No. De serie del informe de ensayo: 39

Fecha de impresión: 14:11:2012
 Ensayo realizado por: DIEGO
 Referencia de la probeta: B-4-2%<-1mm
 Temperatura de la probeta: 10°C
 Diámetro de la probeta: 102.7 mm
 Espesor de la probeta: 52.3 mm
 Densidad aparente: 2210 (kg/m³)
 Coeficiente de Poisson: 0.35
 Tiempo de subida deseada (ms): 124 ms
 Deformación horiz. Deseada (microns): 5 µm
 Número de pulsos de preparación: 10
 Frecuencia de lectura del transductor: 1000 Hz

Dirección del laboratorio de ensayo

Cooper Research Technology Limited
 Athene House
 Heage Road Ind Est
 Ripley

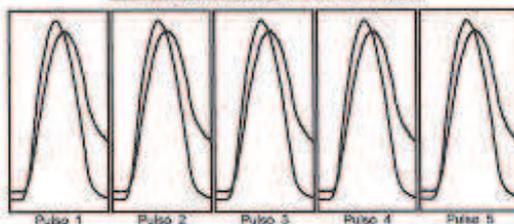


EPMMOP
 Empresa Pública
 Metropolitana
 de Movilidad y
 Obras Públicas

Fecha y hora del ensayo : 14:Nov:2012 16:31 Nombre del cliente : TESIS CAUCHO

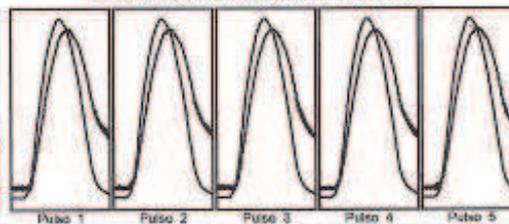
Tipo y origen de la mezcla bituminosa	LABORATORIO
Método de fabricación de la mezcla bituminosa	TIPO MARSHAL
Método de compactación	AUTOMATICO
Condiciones de almacenamiento	TEMPERATURA 10°
Método de determinación de la densidad aparente	BASICO

Ensayo sobre el primer diámetro



Resultados	Deseada	Real Min	Real Max	Medio
Fuerza vertical (kN)	2.24	2.24	2.24	
Esfuerzo horizontal (kPa)	265.4	265.0	265.6	
Factor de área de carga	0.60	0.61	0.60	
Deformación horizontal (µm)	5.0	5.1	5.1	
Tiempo de carga (subida) (ms)	124	122.0	122.8	
Módulo resiliente medido (MPa)	5259	5274	5251	
Módulo resiliente ajustado (MPa)	5395	5395	5392	

Ensayo sobre el segundo diámetro



Resultados	Deseada	Real Min	Real Max	Medio
Fuerza vertical (kN)	2.26	2.26	2.26	
Esfuerzo horizontal (kPa)	267.0	267.6	267.2	
Factor de área de carga	0.60	0.62	0.61	
Deformación horizontal (µm)	5.0	4.8	5.0	4.8
Tiempo de carga (subida) (ms)	124	118.0	124.0	121.4
Módulo resiliente medido (MPa)	5411	5380	5408	
Módulo resiliente ajustado (MPa)	5614	5550	5631	

Media de los dos ensayos

Tiempo de carga (subida) (ms) :	122.1
Deformación horizontal (µm) :	5.0
Deformación horizontal (%) :	0.0048
Módulo resiliente medido (MPa) :	5375
Módulo resiliente ajustado (MPa) :	5397

Diferencia en porcentaje entre módulos resilientes ajustados medios = (5)

Responsable del ensayo	Firmado
DIEGO PONCE	
	Fecha de emisión del informe de ensayo
	14:11:2012

Informe del módulo resiliente por compresión diametral
(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipo - CRT-HYD25)
No. De serie del informe de ensayo: 13

Fecha de impresión: 28/10/2012
 Ensayo realizado por: DIEGO
 Referencia de la probeta: B-11-4%-<1mm
 Temperatura de la probeta: 20°C
 Diámetro de la probeta: 102.8 mm
 Espesor de la probeta: 51.5 mm
 Densidad aparente: 2240 (kg/m³)
 Coeficiente de Poisson: 0.35
 Tiempo de subida deseada (ms): 124 ms
 Deformación horz. Deseada (microns): 5 µm
 Número de pulsos de preparación: 10
 Frecuencia de lectura del transductor: 1000 Hz

Dirección del laboratorio de ensayo

Cooper Research Technology Limited
 Athene House
 Heage Road Ind Est
 Ripley

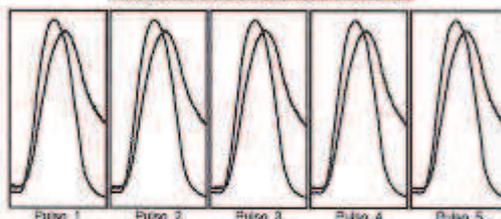


EPMMOP
 Empresa Pública
 Metropolitana
 de Movilidad y
 Obras Públicas

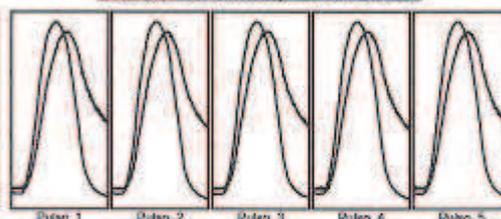
Fecha y hora del ensayo :	28/Oct/2012 17:52	Nombre del cliente :	TESIS CAUCHO
---------------------------	-------------------	----------------------	--------------

Tipo y origen de la mezcla bituminosa	LABORATORIO
Método de fabricación de la mezcla bituminosa	TIPO MARSHAL
Método de compactación	AUTOMATICO
Condiciones de almacenamiento	TEMPERATURA 20°
Método de determinación de la densidad aparente	BÁSICO

Ensayo sobre el primer diámetro



Ensayo sobre el segundo diámetro



Resultados	Deseada	Real Min	Real Max	Media
Fuerza vertical (kN)	0.98	0.98	0.97	
Esfuerzo horizontal (kPa)	115.7	117.9	118.6	
Factor de área de carga	0.80	0.57	0.61	0.78
Deformación horizontal (µm)	5.0	5.0	5.1	5.1
Tiempo de carga (subida) (ms)	124	113.0	126.0	120.6
Módulo resiliente medido (MPa)		2265	2314	2339
Módulo resiliente ajustado (MPa)		2255	2319	2337

Media de los dos ensayos

Tiempo de carga (subida) (ms) :	122.7
Deformación horizontal (µm) :	5.1
Deformación horizontal (%) :	0.0049
Módulo resiliente medido (MPa) :	2313
Módulo resiliente ajustado (MPa) :	2313

Diferencia en porcentaje entre módulos resilientes ajustados medios = (1)

Responsable del ensayo:	Firmado
DIEGO PONCE	
	Fecha de emisión del informe de ensayo
	28/10/2012

Informe del módulo resiliente por compresión diametral

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipo - CRT-HYD25)

No. De serie del informe de ensayo: 25

Fecha de impresión: 01.11.2012
 Ensayo realizado por: DIEGO
 Referencia de la probeta: B-8-2%<1mm
 Temperatura de la probeta: 40°C
 Diámetro de la probeta: 103.3 mm
 Espesor de la probeta: 51.8 mm
 Densidad aparente: 2210 (kg/m³)
 Coeficiente de Poisson: 0.35
 Tiempo de subida deseada (ms): 124 ms
 Deformación horiz. Deseada (microns): 5 µm
 Número de pulsos de preparación: 10
 Frecuencia de lectura del transductor: 1000 Hz

Dirección del laboratorio de ensayo

Cooper Research Technology Limited
 Athene House
 Heage Road Ind Est
 Ripley

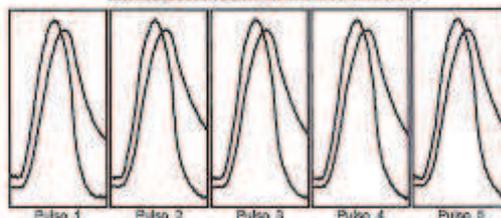


EPMOP
 Empresa Pública
 Metropolitana
 de Movilidad y
 Obras Públicas

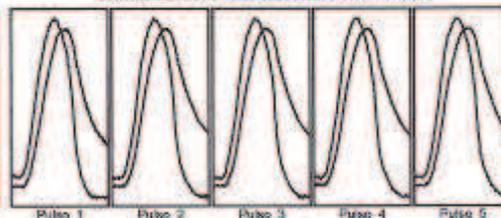
Fecha y hora del ensayo :	01.Nov.2012 16.01	Nombre del cliente :	TESIS CAUCHO
---------------------------	-------------------	----------------------	--------------

Tipo y origen de la mezcla bituminosa	LABORATORIO
Método de fabricación de la mezcla bituminosa	TIPO MARSHAL
Método de compactación	AUTOMATICO
Condiciones de almacenamiento	TEMPERATURA 40°
Método de determinación de la densidad aparente	BASICO

Ensayo sobre el primer diámetro



Ensayo sobre el segundo diámetro



Resultados	Deseada	Real Min	Real Max	Medio
Fuerza vertical (kN)	0.25	0.27	0.26	
Esfuerzo horizontal (kPa)	29.4	32.4	31.6	
Factor de área de carga	0.80	0.57	0.80	0.59
Deformación horizontal (µm)	5.0	5.1	5.9	5.8
Tiempo de carga (subida) (ms)	124	108.0	120.0	122.0
Módulo resiliente medido (MPa)	545	545	554	555
Módulo resiliente ajustado (MPa)	541	545	555	553

Medio de los dos ensayos

Tiempo de carga (subida) (ms) :	122.7
Deformación horizontal (µm) :	5.8
Deformación horizontal (%) :	0.0056
Módulo resiliente medido (MPa) :	555
Módulo resiliente ajustado (MPa) :	553

Diferencia en porcentaje entre módulos resilientes ajustados medios = (4)

Responsable del ensayo	Firmado
DIEGO PONCE	
	Fecha de emisión del informe de ensayo
	01.11.2012



Quito, 4 de Julio de 2013

10 JUL 2013

OFICIO No.

0000883

0003271

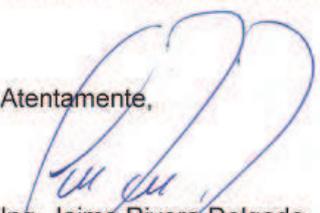
Señor Ingeniero
Gustavo Herrera
Director de tesis.
Escuela Politécnica Nacional.- Facultad de Ciencias Administrativas.
Quito.

De mi consideración:

En atención a su oficio 012169, tengo a bien indicar que los ingenieros Pablo Mora C. y Manuel Chicaiza, realizaron ensayos dinámicos en mezclas asfálticas, añadiendo caucho molido, con equipo que posee la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas.- EPMMOP.

Permitame expresar, que la EPMMOP, siempre prestará su contingente, para colaborar en temas de Investigación Científica.

Atentamente,



Ing. Jaime Rivera Delgado.
Gerente de Obras Públicas.

VMO

Anexo L

Respuesta de técnicos de las principales constructoras viales sobre requerimiento a futuro de partículas de caucho triturado para uso en las mezclas asfálticas para pavimentación de calles de la ciudad de Quito

Google pablomoracampo@gmail.com

Gmail 73 de 239

REDACTAR

Recibidos
Enviados
Borradores
Span (14)
Papelera
Personal
Viaje
Más ▾

Buscar contactos...

Club Andinism...
Huella Verde
ability
acysambito
administracion
Alexandra Vera
Gustavo Herrera

El 1 de octubre de 2012 16:29, <jgonzalez@coandes.com.ec> escribió:
Ing. Pablo Mora Campos

Doy respuesta a sus consultas:

1.- Si existiere en Ecuador, específicamente en Quito, una empresa que produzca granulo de caucho que cumpla con las especificaciones técnicas para añadir en la mezcla asfáltica. Ustedes adquirirían este producto?
Claro que sí

2.- Cuantos metros cúbicos o toneladas de mezcla asfáltica necesitan ustedes para pavimentar 1 Km de vía de 7,20 de ancho y 13 cm de espesor?
2100 ton.

3.- Cuentan ustedes con planta de asfalto y en qué lugar?

Sí, en la ciudad de Quito.

Saludos y éxitos en su proyecto.

Jaime González
Coandes

Respuesta vía e-mail:
Ing. Jaime González
Gerente Técnico
COANDES

Google pablomoracampo@gmail.com

Gmail 73 de 239

REDACTAR

Recibidos
Enviados
Borradores
Span (14)
Papelera
Personal
Viaje
Más ▾

Buscar contactos...

Club Andinism...
Huella Verde
ability
acysambito
administracion
Alexandra Vera
Gustavo Herrera

Ing. Sonia,
Quedo muy agradecido de sus respuestas.
Saludos,
Ing. Pablo Mora C.

El 6 de febrero de 2013 11:27, Marlon Soria <ing.marlon_soria@hotmail.com> escribió:

EN ROJO LAS RESPUESTAS.

1.- Si existiere en Ecuador, específicamente en Quito, una empresa que produzca granulo de caucho que cumpla con las especificaciones técnicas para añadir en la mezcla asfáltica. Ustedes adquirirían este producto?
Sí

2.- Consur, tiene plantas de asfalto?
Sí

De ser afirmativa su respuesta, Cuantas tienen?
CONSTRUCTORA SORIA & SORIA # 2
ING. OCAMPO # 1
Donde quedan?
CONSTRUCTORA SORIA & SORIA
* SIMON BOLIVAR SUR DE QUITO
* IBARRA
ING. OCAMPO # 1
* VÍA CALACALI

Capacidad de producción mensual (Toneladas)?
CONSTRUCTORA SORIA & SORIA
* SIMON BOLIVAR SUR DE QUITO 5000 TON MENSUALES
* IBARRA 7000 TON MENSUALES
ING. OCAMPO # 1
* VÍA CALACALI 7000 TON MENSUALES

3.- Cuantos metros cúbicos o toneladas de mezcla asfáltica necesitan ustedes para pavimentar 1 Km de vía de 7,20 de ancho y 13 cm de espesor?
1123 M3

Ing. Marlon Soria
(593) 2 222-8208 / (593) 09259-7539.
Quito-Ecuador
marlon@consoria.ec/
<http://www.consoria.ec/>

Respuestas vía e-mail:
Ing. Marlon Soria
Supervisor Técnico
CONSUR

REDACTAR

Recibidos
Enviados
Borradores
Span (14)
Papelera
Personal
Viaje
Más ▾

Buscar contactos...

Club Andinism...
Huella Verde
ability
acysambito
administracion
Alexandra Vera
Gustavo Herrera

El 9 de octubre de 2012 21:48, Pablo Ramón <gramon@consermin.com.ec> escribió:

Pablo,
Le respondo en rojo

Slds
PR

De: Pablo Mora (mailto:pablomoracampo@gmail.com)
Enviado el: Martes, 09 de Octubre de 2012 12:33
Para: Pablo Ramón
Asunto: Propuesta Pavimentación Vial + Granulo Caucho Lléanta
Estimado Ing. Ramon,

... para efectos de establecer el mercado de interés por el producto quisiera pedirle nos ayude con las siguientes preguntas:

1.- De existir una empresa encargada de producir granulo de caucho que cumpla con las características técnicas requeridas para añadir en la mezcla asfáltica. Ustedes comprarían ese producto?
Sí, siempre y cuando esté especificado por el cliente la adición del producto

2.- Cuantas plantas de asfalto tiene Consermin? Y donde quedan?
7, sucumbios, pichincha, Orellana, esmeraldas

Quedo pendiente de sus comentarios.

Atentamente,
Ing. Pablo Mora Campos

Respuesta vía e-mail:
Ing. Pablo Ramón
Gerente Planificación
CONSERMIN