



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

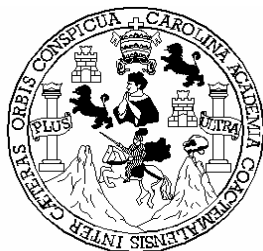
## **EVALUACIÓN DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACIÓN DE LLANTAS EN GUATEMALA**

**Luz María Guevara Abauta**

Asesorado por el Ingeniero César Alfonso García Guerra

Guatemala, enero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACIÓN DE LLANTAS EN  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR:

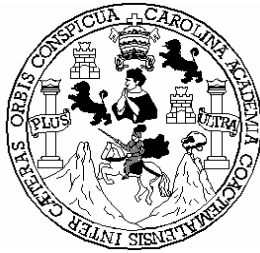
**LUZ MARÍA GUEVARA ABAUTA**  
ASESORADO POR EL INGENIERO CÉSAR ALFONSO GARCÍA GUERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, ENERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

Decano	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal I	Inga. Glenda Patricia García Soria
Vocal II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
Vocal III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
Vocal IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Secretaria	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

Decano	Ing. Herbert René Miranda Barrios
Examinador	Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
Examinador	Ing. Julio Roberto Rivera Palacios
Examinador	Ing. José Antonio Del Cid Pacheco
Secretaria	Inga. Hilda Marina Castellanos de Illescas

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado

**EVALUACIÓN DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACIÓN DE LLANTAS  
EN GUATEMALA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Química,  
el 18 de julio de 2006.



Luz María Guevara Abauta.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, 31 de agosto de 2007

Ingeniero Williams Álvarez  
Director de Escuela  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química  
Presente:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que después de haber realizado la revisión del informe final para el trabajo de graduación titulado EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA, que actualmente asesoro, desarrollado por la alumna Luz Maria Guevara Abauta, carné 86 – 12483; considero que el mismo llena los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular, agradezco su atención;

  
Ing. César A. García G.  




UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 17 de enero del 2008  
Ref. EIQ.009.2008

Ingeniero  
**Williams Guillermo Álvarez Mejía**  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-039-07-B-IF le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO a la estudiante universitaria **LUZ MARIA GUEVARA ABAUTA**, identificada con carné No. **1986-12483**, titulado: **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACIÓN DE LLANTAS EN GUATEMALA**, el cual ha sido asesorado por EL Ingeniero Químico, Cesar Alfonso García Guerra como consta en el Acta.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice a la estudiante **Guevara Abauta** proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.

COORDINADORA  
Tribunal que revisó el informe final  
Del trabajo de graduación

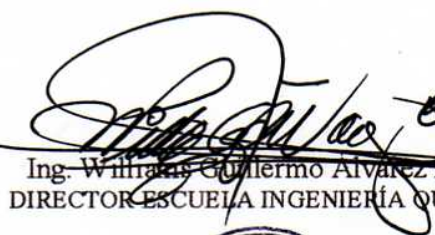


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía M. Sc. Después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe del Departamento al trabajo de Graduación de la estudiante **Luz María Guevara Abauta** titulado: **“EVALUACIÓN DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACIÓN DE LLANTAS EN GUATEMALA”**, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía  
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA



Guatemala, enero de 2,008.

Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 017.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACIÓN DE LLANTAS EN GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Luz María Guevara Abautá**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, enero de 2008

/gdech



## **DEDICATORIA**

A mis hijos:

Saúl Andrés y Dulce María,

fuentes inagotables de amor, comprensión y paciencia,

la motivación de mi vida, la razón de mi existir,

mis grandes compañeros de batalla,

este triunfo es por ustedes.

Luz Maria Guevara Abauta

**EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN  
GUATEMALA**

**ÌNDICE GENERAL**

<b>ÌNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÌMBOLOS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XIII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>1. DESECHOS SÓLIDOS CONTAMINANTES</b>	<b>1</b>
1.1. Definición	1
1.2. Características	2
1.3. Consecuencias	2
1.4 Efectos de contaminación por llantas	4
1.4.1. Efecto invernadero	4
1.4.2. La capa de ozono	6
1.4.3. La lluvia ácida	7
1.5. Legislación	8
1.5.1. Protocolo de Kyoto	9
<b>2. LLANTAS</b>	<b>15</b>
2.1. Definición	15
2.2. Partes de la llanta	18
2.3. Materia prima para la elaboración de llantas	19
2.4. Problemática de las llantas como desecho sólido	20
2.4.1. Llantas a la intemperie	21
2.4.2. Combustión de llantas	22

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

2.4.2.1. Partículas suspendidas	23
2.4.2.2. Dioxinas	24
2.4.2.3. Plomo	25
2.4.2.4. Monóxido de carbono	26
2.4.2.5. Óxidos de azufre	27
2.4.2.6. Óxidos de nitrógeno	28
2.4.2.7. Mercurio	28
2.5. Acciones al respecto	29
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS LLANTAS EN GUATEMALA</b>	<b>35</b>
3.1. Antecedentes	35
3.2. Disposición final de las llantas como desecho	36
3.2.1. Disposición final de las llantas en la ciudad	36
3.2.2. Proceso de reencauchado	38
3.3. Estimación en kilos de hule para el 2015	39
3.3.1. Parámetros considerados para la estimación	39
3.4. Situación legal	40
3.5. Instituciones involucradas	42
<b>4. ASFALTO MODIFICADO CON HULE MOLIDO DE LLANTA</b>	<b>47</b>
4.1. Definición	47
4.2. Antecedentes	49
4.3. Características	52
4.4. Ventajas del asfalto modificado con hule molido	55
4.4.1. Beneficios económicos	55
4.4.2. Beneficios ambientales	55
4.4.3. Beneficios sociales	56
<b>5. ARRECIFES ARTIFICIALES</b>	<b>59</b>
5.1. Definición	59
5.2. Factores a considerar para su construcción	60

**EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN  
GUATEMALA**

5.3. Materiales para la construcción de arrecifes	62
5.4. Antecedentes	63
5.5. Ventajas de los arrecifes artificiales	65
5.6. Situación nacional	67
<b>6. MATERIA PRIMA PARA LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>71</b>
6.1. Definición	71
6.2. Antecedentes	72
6.3. Uso de la llanta como material de construcción	73
6.4. Características	76
6.5. Ventajas de los materiales hechos con llantas	77
6.6. Situación nacional	77
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>95</b>
<b>APÈNDICE</b>	<b>97</b>

**EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN  
GUATEMALA**

# **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

## **ÌNDICE DE ILUSTRACIONES**

### **FIGURAS**

1. Botadero de basura a cielo abierto.	13
2. Acumulaci3n de antas a la intemperie.	34
3. Relleno sanitario la ciudad de Guatemala.	46
4. Carretera con asfalto modificado con hule de llanta.	58
5. Arrecife artificial en fase de poblaci3n vegetal.	69
6. Tejas elaboradas con hule de llanta.	80
7. Distribuci3n de las llantas usadas en la ciudad de Guatemala.	91
8. Distribuci3n de las llantas usadas en Estados Unidos.	92
9. Estimaci3n de kilos de neumáticos acumulados en Guatemala.	93
10. Importaci3n de neumáticos, Guatemala 1996-2005.	94

### **TABLAS**

I. Compuestos químicos de una llanta.	16
II. Clasificaci3n de llantas.	17
III. Composici3n de llantas segùn tipo de transporte.	20
IV. Re-usos de las llantas enteras en Guatemala (1999).	37
V. Comparaci3n de asfalto convencional vrs. Asfalto modificado con hule.	54

**EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN  
GUATEMALA**

EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN  
GUATEMALA

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
Kg.	Kilogramos
mg.	Miligramo
ppm.	Partes por millón
%	Porcentaje
\$	Dólar estadounidense
°P	Grados poises
°API	Grados aphi
Lbs. /gal.	Libras por galón
Kcal. /Kg.	Kilocaloría por kilogramo



**EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN  
GUATEMALA**

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

### **GLOSARIO**

#### **Medioambiente**

Es el entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones venideras.

#### **Ecología**

Es el estudio de la relación entre los seres vivos y su medio ambiente o de la distribución y abundancia de los seres vivos, y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y su medio ambiente.

#### **Protocolo de Kyoto**

Es el único mecanismo internacional para empezar a hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos. Para ello contiene objetivos legalmente obligatorios para que los países industrializados reduzcan las emisiones de los 6 gases de efecto invernadero de origen humano como

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

### **Clorofluorocarbonos**

Denominados también CFC, es cada uno de los derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y/o cloro principalmente.

### **Protocolo de Montreal**

Es un tratado internacional diseñado para proteger la capa de ozono a través del control de producción de las sustancias que se creen responsables del agujero de la capa de ozono. El tratado fue firmado el 16 de septiembre de 1987 y entró en vigor el 1 de junio de 1989.

### **Desarrollo Sostenible**

Es un proceso socio-ecológico caracterizado por un comportamiento en busca de un ideal.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

### **Biodegradabilidad**

Es la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos,

que las emplean para producir energía (por respiración celular) y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos.

### **Biomagnificación**

Tendencia de algunos productos químicos a acumularse a lo largo de la cadena trófica, exhibiendo concentraciones sucesivamente mayores al ascender el nivel trófico. La concentración del producto en el organismo consumidor es mayor que la concentración del mismo producto en el organismo consumido.

### **Malformaciones congénitas**

Son anomalías o trastornos anatómicos o estructurales presentes al nacer, resultado de una embriogénesis defectuosa.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

### **Efectos sinérgicos**

Se habla de sinergia cuando el efecto provocado por dos sustancias juntas es mayor que la suma de los efectos que produciría cada una por separado. ("1+1=3").

Este efecto se ha comprobado en varios contaminantes que cuando están juntos son más dañinos que la suma de sus efectos separados.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

### **RESUMEN**

Se realizó una monografía sobre la situación actual de las llantas en desuso en Guatemala, con la finalidad de determinar las opciones que permitieran un uso adecuado, económicamente rentable y que además se ajuste a nuestras necesidades y a nuestros recursos como país.

Para el efecto, se consultó bibliografía relacionada al tema, seminarios, conferencias, proyectos semejantes en países con economías y recursos similares a los nuestros, Ministerio de Medio Ambiente, Comunicaciones Vivienda y Obras Públicas, Salud, y Agricultura, Municipalidades, Banco de Guatemala, Asfaltos de Guatemala, Importadoras de llantas, entre otros.

Los efectos por contaminación que generan las llantas además de progresivos son irreversibles, poniendo en riesgo la salud de la población en general, la calidad de vida de las generaciones presentes y las futuras, el equilibrio atmosférico y el equilibrio ecológico.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Después de un minucioso análisis sobre las diferentes opciones que se tienen para la reutilización de la llanta y tomando en cuenta que el principal objetivo es disminuir la creciente cantidad de estas, se determinó que las tres opciones que mejor se adecuan a nuestras necesidades son:

Asfaltos modificados con hule de llanta molida, Arrecifes artificiales y Materiales de construcción elaborados con las partes de la llanta.

Las tres opciones propuestas además de disminuir significativamente la cantidad de llantas en el país, generan beneficios en la salud de la población, disminuyen la contaminación atmosférica y además generan fuentes de trabajo.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

### **OBJETIVOS**

#### **GENERAL**

Realizar una monografía, de la situación actual en Guatemala, sobre contaminación por llantas en desuso, a nivel nacional.

#### **ESPECÍFICOS**

1. Plantear opciones que reduzcan en forma significativa la cantidad de llantas en desuso que diariamente se acumulan en Guatemala, generando contaminación.
2. Identificar opciones económicamente rentables, para justificar la reutilización de las llantas, que se adecuen a nuestras necesidades como país.
3. Analizar los beneficios ambientales, sociales y económicos que la propuesta otorgaría
4. Identificar los ámbitos en que se producen beneficios.
5. Editar un documento electrónico, CD, monográfico, que contenga la información del documento; escrita y gráfica, presentación fotográfica, de cada uno de los temas referidos.



**EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN  
GUATEMALA**

# **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

## **INTRODUCCIÓN**

Las llantas son una de las máquinas simples que más evolución ha presentado desde su invención (rueda), contribuyeron de forma significativa y determinante al desarrollo y al progreso de las sociedades a través del tiempo. Sin embargo, al terminar su vida útil, las llantas sin el debido manejo ocasionan serios problemas de contaminación que afectan el medio ambiente, al provocar cambios climáticos; como el efecto invernadero, cambios atmosféricos; como la lluvia ácida y la destrucción de la capa de ozono, afectan la salud; al contribuir con el desarrollo de enfermedades infectocontagiosas transmitidas por insectos y roedores que habitan en ellas una vez desechadas, enfermedades provocadas por contaminación ambiental cuando son utilizadas como combustible; asma, rinitis, irritaciones y alergias en la piel y en los ojos; y amenazan la economía del país por el riesgo de incendios y contaminación que provocan por su alta inflamabilidad y baja biodegradabilidad.

Debido a la creciente cantidad de llantas en desuso, que diariamente se acumulan en Guatemala, fue necesario establecer un plan de trabajo integral entre los diferentes Ministerios, Universidades, y Municipalidades, con la finalidad de encontrar opciones convenientes para el aprovechamiento de las llantas y que al mismo tiempo proporcionen mejoras en las condiciones; económicas, (a través de la generación de empleos en centros de acopio y empresas recicladoras),

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

de infraestructura vial, (con el uso de asfaltos modificados con hule de llanta molida, al mejorar sus características y reducir costos por mantenimiento) mejoras ambientales, (al evitar la contaminación atmosférica) de salud (al evitar epidemias, por hospederos de insectos y roedores, y enfermedades provocadas por contaminación) y mejoras sociales, (al proporcionar materia prima para viviendas de personas con bajos recursos económicos.).

Por esta razón, se realizó una evaluación sobre las diferentes opciones existentes para la reutilización de las llantas, con la finalidad de darles un uso adecuado, económicamente rentable, que genere beneficios a nivel ambiental, social y que permitan garantizar la salud y seguridad de la población en general. Después de un minucioso análisis de las opciones más convenientes para nuestro país, se determinó que el asfalto modificado con hule de llanta molido, los arrecifes artificiales realizados con llantas recubiertas con concreto y la materia prima para construcción de viviendas, para personas con bajos recursos económicos, con las diferentes partes de las llantas, son las que mejor se adecuan a nuestras necesidades y posibilidades como población. Estos proyectos ya han sido puestos en marcha en otros países, con economías y recursos similares a los nuestros, generando todos los beneficios y expectativas esperadas.

## **1: DESECHOS SÓLIDOS CONTAMINANTES**

### **1.1. Definición.**

Desecho: se considera como un desecho, aquella materia o material, que por el propósito inicial que fue creado, no presenta más utilidad como tal, y cuya presencia o acumulación presentan un inconveniente.

Desecho: es cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, producción, transformación, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Desecho sólido contaminante: es toda materia que ocupa un espacio o volumen determinado (sólido), cuya utilidad o propósito inicial llega a su fin (desecho), y cuya presencia presenta un problema para la salud, el medio ambiente o ambos (contaminante).

Contaminación ambiental: Es el deterioro, alteración o desequilibrio que afecta negativamente la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales, o el estado de bienestar de los seres vivos.

Es la presencia o introducción al medio ambiente de elementos nocivos, que degraden la calidad de la atmósfera, del agua, del suelo, o de los recursos naturales en general.

### **1.2. Características.**

La característica principal de un desecho contaminante es el efecto nocivo que para el medio ambiente, la salud o ambos, representa la presencia y acumulación del mismo. Cuando la acumulación no tiene ningún control legislativo, ni ambiental, el problema se vuelve progresivo y los efectos que provocan se tornan en problemas serios de contaminación en muchos casos, de carácter irreversible.

Entre los desechos sólidos más abundantes se encuentran las llantas, por la enorme cantidad en que son fabricadas, por el enorme espacio que ocupan, y la forma indiscriminada en la que son desechadas, representa uno de los desechos sólidos contaminantes que más preocupación causan a nivel mundial.

### **1.3. Consecuencias.**

Las repercusiones que implican las llantas en desuso son diversas, ya que al desecharse indiscriminadamente, sin que exista un control ambiental, (centros de acopio o procedimientos de almacenamiento seguros) ni legislativo (registros sobre las cantidades que ingresan y los responsables de la disposición final de estos desechos), representan uno de los contaminantes con mayores efectos adversos e irreversibles, especialmente para el medio ambiente y para la salud.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Entre los principales proyectos para la legislación se encuentra el cobro de impuestos por contaminación a los productores y distribuidores de llantas bajo la premisa de que "EL QUE CONTAMINA PAGA" que actualmente se usa en varios países de la Unión Europea, y en países como Estado Unidos, Canadá, Australia, México y Brasil en donde los accidentes ocasionados por el inadecuado almacenamiento de llantas han tenido costos ambientales irreversibles y grandes costos económicos por incendios devastadores que han permanecido activos por meses. Se realizan además grandes esfuerzos para encontrar un uso adecuado para las llantas en desuso con fines comerciales y sociales que representen proyectos económicamente rentables que involucren tanto a las instituciones gubernamentales como a empresas privadas, en un esfuerzo conjunto por evitar la contaminación y promover la reutilización de desechos sólidos.

La falta de control e información, así como la enorme cantidad de llantas que a diario son desechadas en vertederos, barrancos, lotes baldíos, basureros municipales, a la intemperie, acumuladas en los patios traseros, sobre los techos de viviendas y comercios presentan problemas de contaminación ambiental a nivel atmosférico, originando cambios climáticos importantes como el efecto invernadero, disminución en la capa de ozono, la lluvia ácida, etc. y a nivel de salud por presentar potenciales hospederos o criaderos de plagas; roedores, arañas, reptiles e insectos portadores de enfermedades, además de enfermedades causadas por contaminación como el asma, la rinitis, irritabilidad o alergias en la piel y en los ojos.

### **1.4. Efectos de contaminación por llantas.**

Entre los efectos de contaminación ambiental, que se originan por las llantas en desuso, que más preocupan y afectan a nivel mundial, se encuentran los efectos por contaminación atmosférica.

Se habla de contaminación atmosférica cuando en un proceso, químico o físico, los residuos contaminantes se vierten o incorporan a la atmósfera, ocasionando cambios en la salud y cambios climáticos importantes, como el efecto invernadero, disminución en la capa de ozono, lluvia ácida, etc.

#### **1.4.1. El efecto invernadero.**

La temperatura de nuestro planeta es confortable gracias a que poseemos una atmósfera gaseosa que actúa de forma semejante al vidrio o al plástico aislante de un invernadero, la atmósfera terrestre deja pasar la luz y calor solar necesarios para nuestra sobrevivencia, pero el calor que se genera con las actividades industriales y quema de combustibles fósiles, no permiten que este calor se disipe a velocidad conveniente ocasionando por incrementos en la temperatura, deshielos en los cascos polares, inundaciones, acumulación de humedad, entre otros. Este fenómeno es conocido como efecto invernadero.

Este bloqueo térmico, hace que gocemos de una temperatura media de 15°C, unos 30°C más elevada que la que tendríamos si no se diese ese mecanismo regulador.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Uno de los principales gases que intervienen en el efecto invernadero es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que en el último siglo, la humanidad ha generado en grandes cantidades al quemar combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón.

Esta situación ha roto el equilibrio entre el CO<sub>2</sub> producido y el absorbido por las plantas, lo que ha llevado a un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. Además, la implacable deforestación que está sufriendo el planeta agrava el problema, pues la destrucción de bosques tropicales por el método de cortar y quemar también ha sido un factor relevante que ha influido en el ciclo del carbono. Desde 1750 el nivel de de CO<sub>2</sub> en la atmósfera se ha incrementado en un 30%.

Si la cantidad del CO<sub>2</sub>, sigue incrementándose, se producirá un aumento de la temperatura media de la Tierra, estimado entre 1,4 °C y 5,8 °C entre 1990 y 2100, lo que conllevará efectos catastróficos como: cambios del régimen de lluvias, fusión del hielo de los cascos polares, elevación del nivel del mar con las consiguientes inundaciones, avance de los desiertos, etc. que afectarían a millones de personas.

Actualmente, se están realizando esfuerzos a nivel internacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En 1997, instituciones ecologistas y ambientalistas a través del Protocolo de Kioto se establecieron que los países desarrollados debían reducir sus emisiones de gases causantes del efecto invernadero en un 5,2% para el año 2012 respecto a las emisiones del año 1990, protocolo que algunos de los países más desarrollados, y por tanto más contaminantes, no están cumpliendo.

Otra medida que se está poniendo en práctica para reducir el CO<sub>2</sub> atmosférico son los llamados sumideros de dióxido de carbono: bosques y grandes masas forestales capaces de absorber estos gases que provocan el efecto invernadero.



### **1.4.2. La capa de ozono.**

En la atmósfera, en una franja comprendida entre los 25 y los 35 kilómetros de altura, aproximadamente, la concentración de ozono es bastante elevada, pues en ella se producen concentraciones de ozono de hasta 10 partes por millón (ppm). Esta franja es la denominada capa de ozono que es de vital importancia, ya que filtra la radiación ultravioleta (UV) que proviene del Sol, protegiendo la vida del planeta de esta radiación cancerígena.

El ozono (O<sub>3</sub>) se forma por acción de la luz solar sobre el oxígeno (O<sub>2</sub>). Esto lleva ocurriendo muchos millones de años, pero los compuestos naturales de nitrógeno presentes en la atmósfera parecen ser responsables de que la concentración de ozono haya permanecido a un nivel razonablemente estable. Sin embargo, desde principios de los años ochenta se ha observado una disminución en la cantidad de ozono, sobre todo en las zonas de los polos. Este fenómeno ha recibido el nombre de agujero de la capa de ozono. Esta disminución es debida principalmente a los clorofluorocarbonos, (CFCs) por sus siglas, que durante mucho tiempo se utilizaron como refrigerantes, propelentes, esprays, etc. y que descomponen el ozono.

En la actualidad se ha tomado una serie de medidas a nivel mundial para evitar éste fenómeno, entre ellas; suprimir la producción y uso de los CFCs. En 1987, varios países firmaron el Protocolo de Montreal sobre las sustancias que agotan la capa de ozono con el fin de intentar reducir, escalonadamente, la producción de CFCs y otras sustancias químicas que destruyen el ozono. En 1989 la Comunidad Europea (hoy Unión Europea) propuso la prohibición total del uso de CFCs durante la década de 1990. En los países en vías de desarrollo los CFCs se irán retirando progresivamente hasta eliminarse por completo en el año 2010.

Los CFCs pueden permanecer en la atmósfera durante décadas, por lo que a pesar del progreso que se ha logrado para eliminar gradualmente estos productos, la destrucción del ozono estratosférico continuará en los próximos años. A finales del año 2001 el agujero en la capa de ozono alcanzó una superficie de unos 26 millones de kilómetros cuadrados sobre la Antártica. Los científicos prevén que, si las medidas del Protocolo de Montreal se siguen aplicando, la capa de ozono comenzará a restablecerse en un futuro próximo y llegará a recuperarse por completo a mediados del siglo XXI.

### **1.4.3. La lluvia ácida.**

La lluvia ácida es un fenómeno atmosférico que se lleva a cabo por la contaminación de la atmósfera con gases o vapores constituidos por compuestos ácidos o con residuos de partículas de metales que comienzan a ascender y son enfriados por las corrientes de aire a determinadas alturas, obligándolos a precipitar en forma de vapor o de rocío alojándose en las estructuras, ( edificios, estatuas, naves aéreas, antenas etc.), en la vegetación o flora, por consecuencia en la fauna y en los seres humanos al consumir vegetales y animales contaminados, esta contaminación no es tóxica, sin embargo, es acumulativa y existen estudios que revelan que el tiempo de eliminación de algunos de estos compuestos son períodos extensos de tiempo ( años ).

Además ocasionan grandes pérdidas en la agricultura, especialmente en aquellos cultivos o plantaciones cercanos a zonas industriales o a las grandes metrópolis, originando pérdidas millonarias por falta de cosecha, porque las plantas no llegan a desarrollarse, o por mutaciones, consecuencia a adaptaciones evolutivas, a las que se ven forzadas.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Como consecuencia de la cadena alimenticia, los animales que dependen de la vegetación contaminada, y los animales que dependen de estas otras especies herbívoras, también terminan contaminados, estimulando mutaciones como respuesta evolutiva que finalmente terminan afectando a todas las especies que de una u otra forma dependen de la flora y de la fauna para sobrevivir.

También se le atribuyen a este tipo de contaminación, enfermedades de la piel, de los ojos, y algunas afecciones a nivel interno, como consecuencia de la contaminación acumulada.

### **1.5. Legislación.**

Actualmente, en Guatemala existe un ministerio encargado de emitir, divulgar y velar por el cumplimiento de leyes y procedimientos que resguarden el equilibrio, la seguridad y conservación del medio ambiente, Ministerio de Medio Ambiente.

Existen también instituciones nacionales e internacionales, ecológicas y medio ambientalistas, que colaboran con estas leyes y procedimientos y que garantizan la conservación y el manejo adecuado de los recursos naturales, además de las diferentes dependencias del Ministerio de Medio Ambiente; Comisión Nacional de Medio Ambiente, CONAMA, Comisión Nacional de Desechos Sólidos, CONADES, Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Salud Pública, Municipalidades, entre otros, con los mismos objetivos.

Estas leyes y procedimientos se encuentran ya aprobados por el Congreso de la República, como Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 68-

86, además de existir una Comisión de Medio Ambiente, integrada por miembros del Congreso, cuyo principal objetivo es apoyar e incentivar este tipo de leyes.

De acuerdo a informes proporcionados por el ingeniero Luís Gonzáles, Director de la Comisión Nacional de Desechos Sólidos, CONADES, se esta creando el Instituto de Medio Ambiente, con la finalidad de que se efectué la protección, cumplimiento y divulgación de todas las leyes y procedimientos relacionados al medio ambiente, sin que exista traslape de responsabilidades con otras instituciones y garantizar un cumplimiento eficiente y efectivo de las mismas.

### **1.5.1. Protocolo de Kyoto.**

Con respecto a la legislación a nivel internacional, el acuerdo de Kioto representa un primer paso para luchar contra una de las más grandes amenazas sobre el medio ambiente. El cambio climático, o calentamiento global, es principalmente el efecto de haber aumentado 12 veces las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) durante este siglo, como consecuencia de la combustión de carbón, petróleo y gas para obtener energía.

De acuerdo con el Artículo 2 del Convenio del Clima de las Naciones Unidas: prevenir un cambio climático “peligroso” mediante la estabilización de las concentraciones de los gases invernadero en la atmósfera, todos los países deben revisar firme y constantemente el avance y cumplimiento del mismo. Tal nivel debe alcanzarse dentro de un marco temporal suficiente que permita a los ecosistemas adaptarse naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no sea amenazada y que el desarrollo económico pueda continuar de modo sostenible.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Por todo el mundo se acumulan evidencias físicas de que el cambio climático está ocurriendo ya. Lo que muestra claramente que los gobiernos están haciendo pocos esfuerzos para reducir sus emisiones de gases tales como el CO<sub>2</sub>, que sería la única manera real de estabilizar las concentraciones atmosféricas de ozono a niveles seguros.

La prioridad debería ser la reducción de las emisiones del principal gas de efecto invernadero, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). La fuente fundamental de este gas es la combustión de carbón, petróleo y gas para obtención de energía. El CO<sub>2</sub> es responsable de la mayor contribución al cambio climático, sus fuentes están bien cuantificadas y existe una amplia gama de tecnologías y políticas rentables para reducir las emisiones.

Existe un consenso científico internacional sobre el cambio climático que tendrá consecuencias catastróficas para la naturaleza y las sociedades humanas.

Lo que los países industrializados deberían hacer es lograr un cambio en sus propias políticas energéticas con el fin de conceder prioridad a:

- mejorar la eficiencia energética (producir más calor, refrigeración, luz y trabajo con menos contaminación por CO<sub>2</sub>) en todos los sectores de la economía. Se incluyen aquí vehículos, hogares, oficinas, industrias y servicios;
- incrementar el suministro de energías renovables limpias (la energía solar y eólica) que no emiten CO<sub>2</sub>.
- Una actitud más efectiva contra el CO<sub>2</sub> reporta muchos beneficios:
  - estimula la innovación tecnológica e incrementa la competitividad industrial;

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

- facilita la conservación de hogares más cálidos y frescos, mejorando su calidad de vida;
  - constituye una fuente de nuevos empleos;
  - reduce otros tipos dañinos de contaminación atmosférica;
  - evita pérdidas innecesarias de vidas humanas y disminuye los costos debidos a daños causados por acontecimientos climáticos extremos como inundaciones, sequías y huracanes;
  - disminuye el riesgo de extinción de gran número de especies animales y vegetales.
- Los gobiernos y las empresas de los países industrializados deben tomar el cambio de siglo como el punto de inflexión que rompa la tendencia de crecimiento de la contaminación atmosférica y ponga al mundo rumbo a un futuro más limpio.

También existen efectos nocivos alarmantes en la salud, ya que al servir las llantas como hospederos y criaderos para insectos y roedores transmisores de enfermedades como dengue, encefalitis, virus del Nilo, paludismo, rabia etc. , enfermedades por contaminación ambiental como el asma, la rinitis, irritación de ojos y de piel, y la existencia de estudios avalados por diferentes instituciones ambientalistas e instituciones dedicadas a la salud ecológica como La Sociedad Británica de Medicina Ecológica, Greenpeace que junto a La Secretaria de Salud en México, La Secretaria de Medio Ambiente, La Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas, Naciones Unidas y otras entidades relacionadas, presentan varios informes de estudios y seguimientos

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

realizados al respecto que evidencian la aparición de cáncer de pulmón y de cáncer de garganta, así como mal formaciones congénitas asociados a poblaciones cercanas a hornos cementeros en donde se utiliza llantas como combustible alternativo.

Esta situación afecta la calidad de vida de las personas expuestas, así como la salud de futuras generaciones. Este tema se trata con más detalle en el capítulo dos. (Combustión de llantas).

Figura 1. Botadero de basura a cielo abierto.



Fuente: [www.indimedia.org/news/2005-jpg](http://www.indimedia.org/news/2005-jpg)



## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

## **2. LLANTAS**

### **2.1. Definición.**

Una llanta es un aro concéntrico, cuyo interior se encuentra lleno de aire a presión, con el propósito de proporcionar amortiguación, facilidad de locomoción, y rapidez; generalmente están hechos de caucho y diferentes aditivos (ver tabla uno) que permiten una fácil adhesión a la carretera, de asfalto, concreto o de terracería, permitiendo así un mayor desplazamiento cuando se encuentra en movimiento, y una mejor fricción al momento del frenado.

Llanta o neumático: tubo de caucho relleno de aire comprimido, que montado en la periferia de las ruedas de un vehículo, sirve de llanta elástica.

Su función principal es la de facilitar el movimiento de los vehículos en una forma eficiente y efectiva que proporcione seguridad, comodidad y rapidez.

En la actualidad existen varios tipos de llantas dependiendo de las necesidades, usos y gustos de los usuarios, representando su producción, una de las que mayores ingresos generan a nivel mundial.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

Tabla I. Compuestos químicos de una llanta.

ELEMENTO O COMPUESTO	PORCENTAJE
Carbono ( C )	70
Hidrógeno ( H )	7
Azufre ( S )	1.3
Cloro ( Cl )	0.2-0.6
Hierro ( Fe )	15
Oxido de Zinc ( ZnO )	2
Dióxido de silicio ( SiO <sub>2</sub> )	5
Cromo ( Cr )	97ppm
Níquel ( Ni )	77ppm
Plomo ( Pb )	60-760ppm
Cadmio ( Cd )	5-10ppm
Talio ( Tl )	0.2-0.3ppm

PROARCA/SIGMA. Según estudio realizado para la evaluación mercado lógica de los desechos industriales en El Salvador, 2004.Universidad Don Bosco.

Existen diferentes tipos de llantas; de acuerdo a su uso: vehículos deportivos, vehículos familiares, vehículos de transporte colectivo, vehículos agrícolas, vehículos industriales, vehículos de transporte aéreo, motocicletas, bicicletas, sillas de ruedas, carretillas etc. de acuerdo a su tamaño: se clasifican por *ring* o diámetro de la llanta, de acuerdo a su peso: vehículos livianos y vehículos pesados, de acuerdo a su composición: de uso común o de uso convencional y de uso específico (llantas especiales para vehículos de carreras, resistentes a la fricción y a la temperatura) para vehículos industriales; grúas, plumas, tractores, etc. con paredes o enrejado de acero en las caras laterales para un mayor soporte y durabilidad.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

Las llantas son fabricadas de acuerdo a su uso, tamaño, peso, condiciones de terreno, condiciones de trabajo etc. motivo por el que existen diferentes clases de llantas, (ver tabla dos) y por ende diferentes precios y demanda de las mismas. En la actualidad la fabricación de llantas es una de las más grandes industrias, pero lamentablemente aun no se contempla su uso una vez que termina la vida útil como llantas, es decir una disposición adecuada de las mismas como desecho.

Tabla II. Clasificación de llantas.

REQUERIMIENTOS	TIPO DE VEHÍCULO
<b>a) Número de llantas</b>	
0-2	Bicicletas, motocicletas y avionetas.
3-4	Triciclos, cuatriciclos, vehículos livianos y helicópteros.
4-6	Vehículos livianos, pick up, camionetas, paneles, tractores y aviones.
6-16	Transporte comercial autobuses, camiones, grúas, trailers y maquinaria industrial
16 en adelante	Maquinaria especial
<b>b) Tamaño de llanta, número de <i>ring</i> y ancho de banda.</b>	
Estándar	Bicicletas, motocicletas, vehículos livianos, camionetas familiares y pick up.
Comerciales	Autobuses, paneles, camiones, trailer y vehículos agrícolas.
Especiales	Vehículos deportivos (carros de carreras y motocicletas) y vehículos aéreos.
<b>c) Materia prima utilizada, aditivos especiales, refuerzos metálicos adicionales.</b>	
Convencionales	Vehículos livianos y motocicletas
Radiales	Vehículos pesados, comerciales, agrícolas e industriales.
Deportivas	Vehículos livianos, bicicletas y motocicletas.

Fuente: Llanrensa S.A.

### **2.2. Partes de la llanta.**

Las partes que constituyen una llanta son básicamente tres: la banda de rodadura, el cuerpo y las cuentas.

La banda de rodadura: es una almohadilla gruesa de caucho, que contiene ranuras para formar labrados o listones, esta banda proporciona tracción para mover y detener o frenar el vehículo, además de prevenir el deslizado o patinado en circunstancias especiales.

El cuerpo: esta constituido por capas de textil intercaladas en el caucho, el cual da fuerza y forma a la llanta.

Las cuentas: son las dos vendas que sostienen al neumático o su rueda, estas se localizan a lo largo de los bordes internos de la llanta y se componen de cuerdas de alambre rodeadas por caucho que se cubren con textil.

A su vez estas tres partes se encuentran constituidas por:

Cinturón estabilizador: en su mayoría son de acero y proporcionan resistencia a la llanta, estabiliza la banda de rodamiento y la protege contra pinchaduras.

Capa radial: contiene la presión del aire de la llanta y junto a los cinturones estabilizadores transmite toda la fuerza de freno y dirección entre la rueda y la banda de rodamiento.

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

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Sellante: consiste en adicionar una o dos capas de hule, esto es para las llantas que no usan cámara.

Relleno de la ceja: pieza de hule con características especiales, que se usa para llenar la parte de la ceja y la parte inferior del costado, para proporcionar una transición suave del área rígida de la ceja del área flexible del costado.

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

Ribete: usado como referencia para el asentamiento adecuado de la ceja sobre el *ring*.

### **2.3. Materia prima para la elaboración de llantas.**

1. Compuestos de hule: los componentes de hule deben ser diseñados según la función que van a cumplir, es decir, para la banda de rodamiento serán resistentes al calor, flexión desgaste, cortadas etc. Para las paredes, resistentes a la flexión, al calor, a la adhesividad y para las cejas deberán ser muy duros.
2. Materiales textiles: son los que soportan los golpes el aire el calor etc. Y para su mejor funcionamiento se recubren con hule, formando capas de llanta, cuyo número se diseñará según la resistencia de esta. Las capas por su naturaleza podrán ser de nylon, poliéster, rayón etc.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

3. Alambre de acero: principalmente en la caja, para dar la firmeza necesaria a la llanta al montarla en el *ring*. Así como, servir de sostén a las capas de las llantas.

Tabla III. Composición de llantas, según tipo de transporte.

Material de la llanta	Llantas de autos %	Llantas de camiones y microbuses %
Caucho natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Negro de humo ( carbono)	28	28
Acero	14-15	14-15
Otros aditivos	16-17	16-17
Peso promedio	8.6 Kg.	45.4 Kg.

PROARCA/SIGMA. Según estudio realizado para la evaluación mercado lógica de los desechos industriales en El Salvador, 2004. Universidad Don Bosco.

### 2.4. Problemática de las llantas como desecho sólido.

Los usos que se les dan a las llantas una vez terminada su vida útil, son diverso , en el área rural; canales conductores de riego, comederos para aves y mamíferos, nidos para aves, maceteros, barda protectora para árboles frutales, techos y paredes para galpones y establos, ruedas para carretas, suela de calzado (caites), jardineras ornamentales, columpios de parques infantiles, reforzamiento para techos en viviendas de personas con bajos recursos, amortiguadores en los puertos para diferentes embarcaciones, como banda limítrofe entre terrenos, reencauchamiento en frío y en caliente, relleno para sistema de ventilación de gas metano en rellenos sanitarios, sistema de infiltración para efluente de fosas sépticas, reforzamiento y amortiguador en suelos de hipódromos,

materia prima para materiales de construcción ( muros, material aislantes, bisagras, etc.) aditivos para impermeabilizantes, como combustible alternativo para hornos cementeros entre muchos otros.

Lamentablemente, ninguno de estos es realizado en proporciones suficientes como para reducir significativamente el número de llantas acumuladas, que día a día se incrementa y con ellas los problemas que su volumen y cantidad representan. Entre las prácticas más comunes, se encuentran dos; la acumulación indiscriminada en sitios no adecuados y la utilización como combustible alternativo, coincidentemente las menos apropiadas por las consecuencias nocivas para la salud y el medio ambiente que presentan.

### **2.4.1. Llantas a la intemperie.**

Las llantas apiladas a la intemperie o acumuladas en vertederos no controlados, en sitios baldíos, en patios traseros, en los techos de viviendas de personas con bajos recursos etc. necesitan de enormes extensiones de terrenos debido al volumen que ocupan, motivo por el que en muchos basureros municipales o en rellenos sanitarios de la capital no es permitido su depósito, además por el riesgo de incendio que representan dado su inflamabilidad o alto poder de combustión y la baja biodegradabilidad que las caracterizan. En Hagerville, Estados Unidos, se quemaron 9 millones de llantas aproximadamente, que permanecieron en combustión alrededor de 4 meses, en 1983 en el estado de Winchester, Estados Unidos, se quemaron aproximadamente 14 millones de llantas que tardaron alrededor de 8 meses en extinguirse, casos similares han ocurrido en Australia en donde el incendio originado en un vertedero localizado en el desierto tardó alrededor de 7 meses en extinguirse. Independientemente de los costos económicos que estos incidentes representaron, los daños a nivel ambiental; calentamiento y contaminación son irreversibles e incalculables.



Otro grave inconveniente por apilar las llantas a la intemperie, es que generan fuentes de enfermedades, pues acumulan pequeños volúmenes de agua, suficientes para servir de criaderos a insectos, (zancudos, mosquitos, cucarachas, moscas, etc.) transmisores de enfermedades como dengue, paludismo, encefalitis, virus del Nilo, infecciones gastrointestinales etc. que representan un costo humano alto; primero, porque la mayoría de víctimas son personas del área rural con poco o ningún acceso a centros de salud y segundo porque la mayoría de víctimas están comprendidas por niños menores de cinco años. Además las llantas también sirven de criaderos de plagas (roedores, reptiles, arácnidos etc.) peligrosas y difíciles de erradicar, que se reproducen rápida y fácilmente utilizando de refugio las llantas, poniendo en riesgo la salud y bienestar de las poblaciones aledañas.

Esta propagación de plagas, focos de infección, riesgos de incendios tienen además un costo en salud y contaminación un costo económico bastante alto ya que el gobierno invierte enormes cantidades de dinero en campañas de prevención, vacunación y fumigación de áreas en riesgo a través del Ministerio de Salud Pública, Instituto Guatemalteco de Seguro Social, Asociaciones Nacionales e Internacionales de carácter benéfico, etc.

### **2.4.2. Combustión de llantas.**

El programa de quema de llantas en hornos cementeros incrementará la generación de dioxinas, que son contaminantes muy persistentes, tóxicos, que se acumulan en el tejido graso del cuerpo humano, incluida la leche materna, y que viajan grandes distancias, por lo que también contaminan y causan daño lejos de la fuente donde se originan.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Es decir que en lugar de resolver el problema de contaminación, al desaparecer las llantas quemándolas, solamente lo agrava.

Padecimientos como cáncer, malformaciones congénitas, diabetes, efectos adversos en los sistemas hormonal, inmunológico y nervioso central y problemas pulmonares entre otros desordenes de salud, son algunas de las consecuencias que la errada decisión de incinerar llantas usadas en hornos de cemento podrían tener, advierten la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) y Greenpeace a nombre de diversas organizaciones ambientalistas.

Entre los compuestos que se generan por la incineración de llantas, utilizadas como combustible alternativo, se tienen principalmente:

### **2.4.2.1. Partículas suspendidas.**

Las partículas suspendidas menores a 10ppm son retenidas en los bronquios y en los alvéolos. Las partículas mayores pueden ser eliminadas por los sistemas naturales de defensa, pero eso no es razón para no considerarlas como contaminantes, ya que por sus características son el indicador más evidente de un ambiente contaminado.

La contaminación por partículas puede causar, a corto y a largo plazo, disminución de la función pulmonar, lo cual contribuye con la presencia de enfermedades crónicas respiratorias y a la muerte prematura. Se estima que el riesgo de morir prematuramente aumenta en 2-8% por cada incremento de 50 mg de partículas suspendidas concentradas en 10ppm. Los riesgos asociados con partículas en el área pulmonar son mucho mayores que el riesgo por las partículas que se quedan en la garganta.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Algunas de las acciones que dan origen a la contaminación por partículas son la destrucción de la vegetación, que a su vez causa la erosión del suelo; los incendios, principalmente en las épocas de sequía; algunos procesos industriales que generan gran cantidad de polvos, y actividades humanas que requieren la quema de combustibles como carbón, leña y derivados del petróleo. La inadecuada disposición de la basura al aire libre también son emisores importantes de microorganismos, quistes, esporas, polen, etc., que pueden estar adheridos al polvo. Tomando en cuenta lo anterior, es necesario atacar estos problemas directamente para disminuir la contaminación de partículas suspendidas, específicamente por cenizas.

### **2.4.2.2. Dioxinas.**

Dioxinas es el nombre que se da a un grupo de compuestos con estructura química similar. Son compuestos que se producen involuntariamente en los procesos de combustión que involucran el cloro. Este grupo abarca a las dibenzo-p-dioxinas polícloradas, furanos, bifenilos políclorados conocidos como PCBs, y otros compuestos clorados.

Las dioxinas son Compuestos Orgánicos Persistentes conocidos por sus siglas como COPs. Son sustancias sumamente tóxicas aún en muy bajas concentraciones, persisten en el medio ambiente por períodos prolongados sin degradarse, se concentran en los tejidos grasos de los organismos vivos, se van acumulando a medida que asciende la cadena alimenticia (proceso llamado biomagnificación), y se transmiten de la madre al bebé durante la gestación o la lactancia. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. ha concluido que la fuente más importante de exposición a las dioxinas es la alimentación.

Las dioxinas son causantes de una variedad de problemas en la salud, incluyendo malformaciones congénitas, desarrollo anormal del feto, alteraciones en el sistema inmunológico y en el sistema hormonal, desórdenes en el comportamiento, aumento en la incidencia de diabetes, retraso en el desarrollo, y cáncer. La más tóxica de las dioxinas (2, 3, 7, 8-tetraclorodibenzo-p-dioxina) ha sido clasificada como “cancerígeno humano cierto” por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, dependiente de la Organización Mundial de la Salud.

### **2.4.2.3. Plomo (Pb).**

Estas partículas pueden alcanzar fácilmente la región interior del pulmón, donde el plomo se encuentra disponible para introducirse en el torrente sanguíneo. Una vez en la sangre, se distribuye en todos los tejidos y órganos del cuerpo, llegándose a almacenar en los huesos, hígado, corteza y médula renales. Los principales sistemas del cuerpo humano que se ven afectados por la intoxicación con plomo son el hematopoyético, el renal, el nervioso central y el sistema nervioso periférico.

La intoxicación crónica se presenta por la absorción de óxidos, carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. La intoxicación aguda suele resultar de la inhalación de tetraetilo de plomo el cual es altamente volátil y liposoluble. Los síntomas de intoxicación aguda pueden ser: diarrea, cólico, náuseas, vómito, lasitud, insomnio, convulsiones y dolor de cabeza.

Existen pruebas de que los niños con niveles elevados de plomo en la sangre tienen un desarrollo mental restringido y una incidencia mayor de alteraciones en su comportamiento; los efectos se atribuyen a la inhibición irreversible del desarrollo del sistema nervioso.

El plomo atmosférico tiene una gran importancia debido a que es una fuente de exposición por inhalación para los seres vivos y, al igual que otros contaminantes, llega a otras regiones por la acción del viento depositándose en el suelo, en el agua y en la vegetación.

### **2.4.2.4. Monóxido de carbono (CO).**

El monóxido de carbono es un gas sin color, sin sabor y sin olor, químicamente inerte en condiciones normales que, en bajas concentraciones, no produce ningún daño; sin embargo, en concentraciones elevadas puede afectar seriamente el metabolismo respiratorio dado la alta afinidad de la hemoglobina con éste compuesto.

Las emisiones de CO en un área cerrada pueden causar la muerte por insuficiencia cardíaca o sofocación, ya que la absorción de CO se incrementa con la concentración en el ambiente, con el aumento del tiempo de exposición y con el incremento de la actividad física. La exposición a bajos niveles de CO, también puede causar daño a la salud cuando las personas están bajo medicación y consumen bebidas alcohólicas o se encuentran en lugares altos.

La fuente principal de emisión de monóxido de carbono la constituyen los transportes impulsados con motores de combustión interna. La disposición inadecuada de residuos sólidos (basura), es también una fuente nociva importante, los procesos industriales y la generación de energía, aunque son fuentes emisoras, no emiten tanto monóxido de carbono.

#### **2.4.2.5. Óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>).**

El bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas incoloro, no flamable y no explosivo, con un olor sofocante y es altamente soluble en el agua. Puede permanecer en la atmósfera entre 2 y 4 días. Durante este tiempo puede ser transportado a miles de kilómetros y formar ácido sulfúrico, que se precipita en alguna otra región lejos de su origen.

El ácido sulfúrico, el bióxido de azufre y las sales de sulfato son irritantes de las membranas mucosas del tracto respiratorio. Incluso llegan a ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y enfisema pulmonar.

En una atmósfera con partículas suspendidas el efecto dañino de los óxidos de azufre se incrementa, ya que el bióxido y el ácido sulfúrico paralizan los cilios del tracto respiratorio, las partículas de polvo penetran en los pulmones arrastrando también los compuestos azufrados, originando entonces graves daños, e incluso la muerte.

En las plantas, el SO<sub>2</sub> ocasiona daños irreversibles en los tejidos, sobre todo en días soleados. Por otro lado, el ácido sulfúrico ataca los materiales de construcción como el mármol. Muchos de los monumentos, edificios, esculturas e iglesias se han deteriorado por esta causa.

La fuente principal de emisión de óxidos de azufre son los combustibles fósiles que contienen azufre. Por consiguiente, las fuentes fijas que consumen combustibles con alto contenido de azufre son la causa principal de la emisión de azufre a la atmósfera.

#### **2.4.2.6. Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).**

Los más importantes son el monóxido y el bióxido de nitrógeno. El bióxido puede formar ácido nítrico y ácido nitroso en presencia de agua. Ambos pueden precipitarse junto con la lluvia o combinarse con el amoníaco de la atmósfera para formar nitrato de amonio.

El óxido nítrico al igual que el monóxido de carbono, puede combinarse con la hemoglobina de la sangre reduciendo su capacidad de transporte de oxígeno.

El bióxido de nitrógeno irrita los alvéolos pulmonares. Estudios de salud ocupacional muestran que este gas puede ser fatal a concentraciones elevadas.

#### **2.4.2.7. Mercurio (Hg).**

En los casos en que se llega a un punto crítico en el balance entrada-eliminación de mercurio, aparecen los efectos tóxicos que se manifiestan de diferentes formas de intoxicación: aguda, sub-aguda y crónica.

Intoxicación crónica es la forma más frecuente en el medio laboral y constituye el denominado "Hidrargirismo o Mercurialismo". Habitualmente las causas de exposición al mercurio son los vapores de mercurio o combinaciones variadas de mercurio en estado gaseoso o en polvo. En la mayoría de los casos, la sintomatología de la intoxicación mercurial crónica, relatada en la literatura, no hace distinción entre las formas bajo las cuales el mercurio es inhalado.

## **2.5. Acciones al respecto.**

La Sociedad Británica de Medicina Ecológica ha publicado recientemente un informe (el cuarto informe) sobre los impactos de la incineración de residuos sobre la salud.

Se presenta a continuación un resumen de la traducción y de algunos fragmentos. El informe completo se encuentra en: <http://www.noharm.org/details.cfm>

- Amplios estudios han mostrado la existencia de mayores índices de cáncer en adultos y niños y de malformaciones congénitas en los alrededores de incineradores de residuos urbanos: estos resultados son consistentes y las asociaciones que establecen son causales. Una serie de estudios epidemiológicos de menor alcance apoyan esta interpretación y sugieren que la variedad de enfermedades producida por los incineradores podría ser mucho más amplia.
- Las medidas de seguridad que se adoptan actualmente están diseñadas para evitar efectos tóxicos agudos en los vecindarios inmediatos, pero ignoran el hecho que muchos de los contaminantes se bio-acumulan, pueden ingresar en la cadena alimenticia y provocar enfermedades crónicas con el tiempo y en un área geográfica más amplia. No ha habido ningún esfuerzo local por evaluar los efectos de las emisiones en la salud a largo plazo.
- Los incineradores producen cenizas de fondo y cenizas volantes, las cuales representan el 30-50% del volumen de los residuos originales (compactadas), requieren ser transportadas a rellenos sanitarios. Los equipos de los incineradores modernos simplemente transfieren la carga de tóxicos, notablemente de dioxinas y metales pesados, de las emisiones aéreas a las cenizas volantes. Esta ceniza volante es liviana, se



## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

vuela fácilmente y en su mayoría tiene el tamaño de partículas pequeñas. Representa un peligro considerable para la salud.

- Dos estudios amplios en el estado de Coherte, Estados Unidos mostraron que la contaminación del aire por partículas finas (2.5ppm) provoca el aumento de mortalidad total, mortalidad cardíaca y mortalidad por cáncer de pulmón, tras ajustarse otros factores. Las partículas finas se producen principalmente por procesos de combustión y se producen en gran cantidad en los incineradores.
- Altos niveles de partículas finas son asociados con un aumento en la presencia de asma y COPD (enfermedad de obstrucción pulmonar crónica).
- Las partículas finas que se forman en los incineradores en presencia de metales tóxicos y toxinas orgánicas (incluyendo aquellos conocidos cancerígenos) adsorben esos contaminantes y los llevan al torrente sanguíneo y a las células del cuerpo.
- Los metales tóxicos se acumulan en el cuerpo y han sido implicados con una variedad de problemas emocionales y de comportamiento en niños, como autismo, dislexia, déficit de atención y desorden de hiperactividad (ADHD), problemas de aprendizaje y delincuencia, y en problemas en adultos como violencia, demencia, depresión y mal de Parkinson. Estos metales se encuentran presentes universalmente en las emisiones de los incineradores y también en altas concentraciones en las cenizas volantes.
- La susceptibilidad ante los contaminantes químicos varía dependiendo de factores genéticos y adquiridos, teniendo un impacto máximo en los fetos. La exposición aguda puede conducir a la sensibilización de algunos individuos, que pueden padecer luego sensibilidad ante bajas dosis químicas de por vida.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

- Se ha examinado la toxicidad de unas pocas combinaciones químicas, aunque se han demostrado los efectos sinérgicos en la mayoría de los casos donde se han hecho estas pruebas. Esta sinergia podría aumentar significativamente la toxicidad de los contaminantes emitidos, pero este riesgo no ha sido evaluado.
- Tanto el cáncer como el asma han aumentado implacablemente con la industrialización, y los índices de cáncer han mostrado estar correlacionados geográficamente con las plantas de tratamiento de residuos tóxicos y con la presencia de industrias químicas, lo que indica una necesidad urgente de reducir nuestra exposición.
- Se conoce que algunos contaminantes químicos como los hidrocarburos aromáticos poli cíclicos (HAPs), por sus siglas, y los metales pesados provocan modificaciones genéticas. Esto representa un daño no solo para las generaciones presentes sino también para las generaciones futuras.
- El monitoreo de los incineradores ha sido insatisfactorio por la falta de rigor, la poca frecuencia, el bajo número de compuestos medidos, los niveles considerados aceptables, y la ausencia de monitoreos biológicos. La aprobación de instalaciones nuevas ha dependido de datos modelo, que se supone provienen de medidas científicas de seguridad, aunque los métodos que se usan no tienen más de un 30% de precisión e ignoran el importante problema de las partículas secundarias.
- Se ha sostenido que los procedimientos modernos de reducción de la contaminación hacen que las emisiones de los incineradores sean seguras, pero esto es algo imposible de establecer. Más aún, dos de las emisiones más peligrosas las partículas finas y los metales pesados son relativamente resistentes a la remoción.

Si bien este informe trata principalmente sobre incineradores es útil comparar los incineradores con hornos de cementos. Ambos producen emisiones tóxicas de un tipo

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

similar y gran parte de este informe es relevante para ambos. Los hornos de cemento convierten piedra caliza, tiza y arcilla en cemento. Necesitan grandes cantidades de combustible para producir las altas temperaturas que requieren y esto lleva al uso de combustibles no convencionales como neumáticos, combustible derivado de desechos y residuos industriales peligrosos llamados *Cemfuel*, combustible líquido secundario, y combustible líquido reciclado.

Sin embargo, los controles de contaminación y planificación son significativamente más débiles que los que se aplican a los incineradores de residuos peligrosos. Los hornos de cemento producen una serie de emisiones tóxicas como mercurio, manganeso, bario, plomo, ácido sulfúrico, estirenos, dioxinas y 1,3 butadienos.

Solo se mide una pequeña proporción de los cientos de químicos emitidos por un incinerador, y solo media docena de ellos se mide de forma continua en la chimenea, cerca de otra media docena se mide ocasionalmente (con frecuencia cada 6 meses el primer año y después anualmente) por monitoreo de sitios específicos esto incluye metales pesados y dioxinas. El resultado es claramente insatisfactorio y dado que los operadores de residuos son avisados previamente a la visita, se les da una oportunidad de cambiar los residuos que queman poniendo los más limpios, lo que no es representativo del riesgo tóxico.

"El monitoreo actual no nos dice nada sobre la carga corporal de contaminantes. Aunque están presentes en bajas cantidades, la mayoría de los contaminantes emitidos por los incineradores se acumulan despacio en la gente de las vecindades. La toxicidad crónica es un riesgo cuando los contaminantes se acumulan más rápido de lo que se eliminan: este es especialmente el caso de los metales pesados y los compuestos orgánicos persistentes (COPs). Para algunos contaminantes la proporción de excreción es muy pobre, por ejemplo la vida media del cadmio en el cuerpo es de 30 años y la de los PCBs

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

es de 75 años, e incluso sin ninguna exposición posterior llevaría mucho más tiempo limpiar el cadmio o los PCBs del cuerpo humano."

Todo esto sin tomar en cuenta los efectos contaminantes que a nivel atmosférico producen, efecto invernadero, lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono etc. que se detallan en el capítulo uno.

Existen en Guatemala, empresas que cuentan con la autorización, para utilizar las llantas como combustible alternativo dado su alto poder calorífico, de aproximadamente 15000 BTU/lb, específicamente a Cementos Progreso, por el Ministerio de Medio Ambiente, y autoridades relacionadas con el tema por contar con sistemas eficientes para el control de emisiones a la atmósfera, en sus chimeneas y por la seguridad que ofrecen en la disposición final de sus desechos, según información de el ingeniero Luís Gonzáles Director de la Comisión Nacional de Desechos Sólidos CONADES, información que no ha sido verificada especialmente por el sector afectado, Municipalidad local, ni por autoridades del Ministerio de Salud Pública.

Sólo en Estados Unidos se generan 240 millones de llantas por año, mientras que en la Unión Europea se generan 120 millones de llantas anuales.

Figura 2. Acumulación de llantas a la intemperie.



Fuente: [www.inti.gov.ar/sabercomo/sc28/inti7.php](http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc28/inti7.php).

### **3. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS LLANTAS EN GUATEMALA**

#### **3.1. Antecedentes.**

En Guatemala no existe un sistema de recolección de desechos sólidos especiales, como las llantas, por parte de las Municipalidades, del Ministerio de Medio Ambiente o de las empresas importadoras y distribuidoras de llantas, en consecuencia las mismas se encuentran dispersas por todo el país, apiladas a la intemperie, generando focos de enfermedades al servir de hospederos a insectos transmisores de enfermedades como zancudos, moscas, mosquitos, cucarachas, etc. o de criaderos de molestas plagas como roedores , arácnidos, reptiles etc., que afectan la calidad de vida de las poblaciones aledañas. Tampoco son aceptadas en rellenos sanitarios, ni en la mayoría de basureros municipales por el volumen que ocupan y por el potencial riesgo de incendios que representan.

Usualmente se encuentra en el área urbana y en el área rural, apiladas en patios, talleres automotrices, talleres artesanales de reencauche, lotes baldíos, como refuerzos o contrapeso en techos de viviendas de personas con bajos recursos económicos, fábricas y galeras, como bebederos para aves o mamíferos, como macetas y ornamento de parques municipales, bardas protectoras de árboles frutales, como relleno para grietas en caminos de terracería, como bardas amortiguadoras en puertos de lagos, lagunas, y ríos navegables para todo tipo de embarcaciones, como muros de contención en precipicios o barrancos cercanos a viviendas, como material de construcción para corrales, galpones o establos, como material de construcción para viviendas de bajos recursos, como material dispersor para fosas sépticas, como material para drenar terrenos, en hipódromos para amortiguar golpes y vibraciones, para viviendas de perros, como material para campos de entrenamiento para personal militar o policiaco, suelas de

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

calzado, como columpios en parques infantiles etc. son muchos los usos que en Guatemala se le dan a las llantas una vez que termina su vida útil, pero lamentablemente no son suficientes para disminuir la creciente cantidad de llantas en desuso que se generan, además se debe tomar en cuenta que tienen baja biodegradabilidad, es decir que, una vez utilizadas, su durabilidad o existencia es prolongada, y como consecuencia su consumo o utilización no requiere reemplazos frecuentes.

### **3.2. Disposición final de las llantas como desechos.**

#### **3.2.1. Disposición final de las llantas en la ciudad.**

En Guatemala, diariamente se desechan grandes cantidades de llantas que según cálculos o estimaciones realizadas por la Comisión Nacional de Deshechos Sólidos CONADES, son distribuidos de la siguiente forma:

70% vertederos, generalmente no autorizados.

15% son reencauchados, por importadoras de llantas y en forma artesanal.

12% son reciclados.

Información proporcionada por la licenciada Sandra López de CONADES, aunque no existen registros estadísticos que determinen la cantidad exacta de llantas que ingresan al país. (Figura 7 en apéndice).

Solo en Estado Unidos, se genera una llanta por habitante, y las llantas en desuso que son recopiladas, se distribuyen de la siguiente forma:

38% destinadas a rellenos sanitarios.

40% destinadas a hornos cementeros.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

09% destinadas sustitos en materiales de construcción.

07% destinadas al reciclaje.

06% destinadas a la exportación de países subdesarrollados (15 millones aproximadamente). Figura 8 en apéndice.

A continuación se presenta una tabla de los usos que se le da en Guatemala, a las llantas enteras en desuso, obtenido de la Guía práctica para municipalidades sobre re-uso de llantas, realizado por el ingeniero Jaime Carranza y Doreen Salazar. PROARCA/SIGMA.

Tabla IV. Re- usos de las llantas enteras en Guatemala. 1999

Número de llantas	Proyectos realizados
1400	Impermeabilización de suelos ( relleno y compactaciones con PET)
1500	Muros de contención (rellenas y compactadas con tierra)
30	Rotulación
150	Delimitación de área
50	Protección de árboles tipo maceta colgante
75	Maceta siembra de árboles
100	Camino peatonal
400	Vía de acceso para tractores ( rellenas con piedras)
500	4 diques de contención de sólidos en Zanjón Malea
400	3 pozos de infiltración de 30 metros
40/ semana	Reencauche para suela de caites
450	Teja para galera
12	Casa para perros
100	Tubo de drenaje

Fuente Ing. Jaime Carranza PROARCA/SIGMA.



### **3.2.2. Proceso de reencauchado.**

El proceso de reencauchado es un proceso largo y complicado, que es realizado sólo si las condiciones de la llanta así lo permiten, por lo que sólo el diagnóstico (generalmente computarizado) para verificar si se puede o no llevar a cabo el reencauche es costoso, involucra técnicos para la evaluación, el traslado de la llanta a las instalaciones centrales, que conlleva a gastos sin que la llanta halla sido reencauchada. El proceso para reencauchar la llanta consiste en un raspado de la superficie o banda de caucho que debe ser minucioso y milimétrico, para que las condiciones finales de la llanta puedan garantizar, seguridad, calidad y durabilidad. Todavía se realizan en Guatemala, reencauches de forma artesanal, especialmente para vehículos pesados en el interior del país, y aunque son de bajo costo, sacrifican la seguridad del usuario y la calidad del proceso, este tipo de procesos tiende a desaparecer por la saturación de llantas usadas y llantas reencauchadas que se importan.

Según datos obtenidos de las importadoras de llantas, Vifrio y Llanrensa, las llantas reencauchadas, constituyen el 76% de las ventas totales de llantas para vehículos livianos, debido al beneficio económico que presentan para los usuarios, porcentaje que ha disminuido con el tiempo por que el reencauchado de llantas nacionales ya no es un proceso económicamente rentable al competir con la enorme cantidad de llantas usadas y reencauchadas a bajo costo, que se importan de Estados Unidos, Korea y Japón.

A diferencia de las llantas para vehículos livianos, las llantas para vehículos pesados, son fabricadas para ser reencauchadas varias veces, su proceso de elaboración, con más tiempo, energía, y materia prima específica, con almas o refuerzos de acero en las caras laterales o cuentas, es más caro que la elaboración de una llanta para vehículo liviano, estas llantas reencauchadas conforman el 60% de las ventas totales de llantas para vehículos pesados

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Las llantas usadas o reencauchadas, que se registran como importaciones, son llantas con una vida útil más corta, que ingresan con bajo costo a competir con las llantas reencauchadas en el país, pero que no ofrecen seguridad ni calidad, y que son vendidas porque en sus países de origen, ya no cumplen con los requerimientos mínimos necesarios de seguridad, es decir; son consideradas como desechos sólidos contaminantes, en la mayoría de los casos.

### **3.3. Estimación en kilos de hule para el año 2015.**

Se realizó una estimación de la cantidad de llantas que ingresan al país, como kilos de hule importados, (figura 9 en apéndice) de datos obtenidos de las declaraciones y formularios aduaneros de importación, brindados por el Banco de Guatemala, (figura 10 en apéndice), a través del Departamento de Estadísticas, debido a que no existe un registro de la cantidad de llantas que ingresan al país como tal.

#### **3.3.1. Parámetros considerados en la estimación.**

Para realizar la estimación se tomó en cuenta, además de las importaciones que son declaradas por las importadoras, el ingreso del parque vehicular nuevo y usado tanto de vehículos livianos, transporte colectivo, transporte industrial y transporte agrícola, asumiendo que por vehículo liviano la cantidad de llantas que ingresan es de 5 como mínimo y un promedio de 9 llantas para vehículos pesados, se consideró para vehículo liviano que el tiempo de vida útil para una llanta es de 3 años y de 5 años para vehículos pesados aproximadamente (según informes de Vifrio importadora de llantas) y de

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

acuerdo al cálculo realizado, se determinó que la estimación en kilos de hule acumulados en 10 años por concepto de importaciones será de: 4 633 164 miles de kilos para el año 2016, con una tasa de crecimiento del 36.34% anual. Tomando en cuenta que el peso promedio de las llantas para vehículos particulares es de 13 kg y de llantas comerciales de 55kg, solo para el año 2016 se estarán desechando un total de 4 633 toneladas de llantas.

No se tomó en cuenta para la estimación, la enorme cantidad de llantas que ingresan como llantas usadas y llantas reencauchadas de bajo costo, que no son registradas como importaciones que representan una cantidad significativa, en volumen y en contaminación pues su vida útil es menor que la de una llanta reencauchada en el país, y el volumen que ocupan y la contaminación que generan es igual a la de una llanta convencional, pero a menor plazo. Lamentablemente estas llantas representan un negocio rentable y común en nuestro país, y por la falta de control legal y ambiental, representan la mayor fuente de llantas en desuso.

### **3.4. Situación legal.**

En Guatemala es permitido utilizar las llantas como energético alternativo en los hornos cementeros, debido a su alto poder calórico (8 300 kcal/kg), pero quemarlas como cualquier otra basura o desecho, ya no es legal, debido a una resolución ministerial, aprobada en el Congreso de la República a través del Decreto 68-86 y por las recomendaciones de Instituciones internacionales que velan por la conservación y protección del medio ambiente. Actualmente, está penalizada la quema de llantas, no así su uso como combustible alterno en hornos cementeros.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

La principal razón obedece a la contaminación atmosférica que se produce, en especial el calentamiento global y sus irreversibles consecuencias ambientales, como el efecto invernadero, cambios y catástrofes climáticas, disminución de la capa de ozono, lluvia ácida, etc. y de salud como las diferentes enfermedades asociadas a la contaminación ambiental generada por los gases de combustión de derivados del petróleo como las llantas, entre las más comunes se encuentran el asma, la rinitis, irritación de vías respiratorias, especialmente de la garganta, irritación de ojos, irritación de la piel, manifestada como alergias, y asta cáncer tanto de las vías respiratorias como de la piel. Además de graves implicaciones como malformaciones congénitas, desordenes del sistema inmunológico, el sistema nervioso central, cáncer de pulmón y garganta entre muchas otras que se especificaron detalladamente en el capítulo dos.

Se realizaron recientes estudios que revelan graves efectos nocivos en la salud de la población por la acumulación indiscriminada de las llantas en la intemperie, dando origen a hospederos y a criaderos de arácnidos, reptiles, roedores e insectos transmisores de enfermedades, especialmente en el área rural del país en donde el acceso a centros preventivos o centros de salud son mínimos, originando verdaderas catástrofe epidemiológicas, provocando pérdidas humanas, principalmente en niños menores de cinco años, de acuerdo a datos recopilados en la sección de epidemiología de el Ministerio de Salud Pública.

Son varios los países latinoamericanos, que en la actualidad realizan esfuerzos para la legislación y reutilización de las llantas en desuso, tal es el caso de México, Brasil, Colombia, Perú, Bolivia, Venezuela y Argentina, que ya cuentan con variedad de proyectos, asfaltos modificados, apoyados por sus respectivos gobiernos e instituciones internacionales que resguardan el equilibrio y protección del medio ambiente.

También existe documentación sobre proyectos de arrecifes artificiales, realizados con llantas, en las islas del Caribe; Cuba, Jamaica, Haití, Islas San Andrés, la costa oeste de los Estados Unidos y Japón, con fines de pesca controlada y fines turísticos, que han cumplido exitosamente su finalidad.

### **3.5. Instituciones involucradas.**

En Guatemala, no existe ningún control sobre el ingreso o el uso de las llantas una vez terminada su vida útil, es decir; no hay control legal (manejo de cantidades o volúmenes de llantas) a través de aduanas, ni un control ambiental sobre la utilización o disposición final de las mismas, por parte de el Ministerio de Medio Ambiente, las Municipalidades o el Congreso, a través de la Comisión de Medio Ambiente, que son las encargadas de la disposición final de los desechos.

La Comisión Nacional de Desechos Sólidos CONADES realiza evaluaciones para la asignación de un precio a la llanta como desecho, la motivación a empresas privadas para la inversión en plantas recicladoras o industrias que utilicen las llantas como materia prima para la elaboración de nuevos productos con la finalidad de promover el desarrollo empresarial y disminuir el desecho como tal. Lamentablemente la elaboración de procedimientos, herramientas legales y programas para que dichos proyectos se lleven a cabo son lentos, y necesitan de un sin número de tramites largos y complicados.

En la actualidad, el Ministerio de Salud Pública a través del Departamento de Vectores (encargados de fumigaciones), realiza junto a empresas importadoras de llantas, Llanrensa y Firestone, y la Municipalidad, recopilación de llantas usadas en diferentes puntos de la capital, con la finalidad de encontrarles una disposición final segura para la población y el medio ambiente, información brindada por Gabriel Ángel Pérez encargado del Departamento de Vectores.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

En México, la Secretaría de Medio Ambiente con la colaboración de empresas de la iniciativa privada que se dedican a la reutilización de llantas han establecido precios para la llanta en desuso; el costo de la llanta por unidad es de \$8.00, mientras que el costo de la llanta triturada en dimensiones menores a dos pulgadas es de \$18.85. Sin embargo existen precios más altos pagados por las cementeras, entre \$50.00-\$70.00 por tonelada de llanta triturada, para utilizarlas como combustible alternativo, entre las cementeras demandantes de llanta triturada se encuentra Apasco y Cementos Mexicanos CEMEX, de acuerdo a informes brindados por Magali Arévalo Directora del Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos de México. Existen además programas de acopio en Chihuahua y Tamaulipas, por la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza.

El ingenio, la creatividad, y la capacidad del guatemalteco, han permitido encontrar diferentes usos, económicamente rentables a las llantas en desuso ( ver cuadro 4), pero lamentablemente, la obtención de la llanta como materia prima es complicada por el volumen que ocupa para almacenarse y por los riesgos que este almacenamiento representa (incendios, hospederos, criaderos, etc.), además que para muchos de los usos mencionados se necesita la llanta en partes, es decir ; la banda de caucho y las caras laterales o cuentas separadamente. Hasta ahora, este proceso solo se ha realizado en forma artesanal, con cuchillas especiales, que requieren de largos periodos de tiempo por cada llanta, especialmente si se trata de llantas de vehículos pesados.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

La maquinaria para procesar las llantas por partes es cara, y sofisticada, de hecho las importadoras cuentan con maquinaria que pulveriza la banda de caucho de las llantas, cuando realizan los raspados, y estos polvos generados durante el raspado son vendidos como materia prima para fabricar suelas para calzado, materiales impermeabilizantes, aditivos, etc. Pero la obtención de esta maquinaria, para separar la llanta en partes o triturar la banda de caucho, sólo sería rentable si la demanda de las partes de la llanta fuera en volúmenes significativos es decir; que justificaran la inversión en maquinaria.

Es aquí donde el compromiso de las instituciones involucradas, Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Comunicaciones Vivienda y Obras Públicas, Ministerio de Ganadería y Agricultura, las Municipalidades entre otros, juegan un papel primordial, pues si se legisla a favor de proyectos que utilicen desechos sólidos como parte de la materia prima a utilizar o se condicionan los proyectos para que utilicen desechos como parte de la materia prima que necesitan y se les incentiva con disminución de impuestos, exoneración de multas o motivaciones similares, la llanta adquiriría un valor monetario en el mercado y dejaría de ser un desecho contaminante para convertirse en materia prima cotizada.

Esto no sólo permitiría disminuir la cantidad del contaminante, permitiría incentivar proyectos de calidad y durabilidad con responsabilidad ecológica, y promovería la educación de la población a reducir los contaminantes y proteger el medio ambiente.

Es importante hacer énfasis en que la llanta es 100% reutilizable, es decir que tanto la banda de caucho como las cuentas o caras laterales, tienen funcionalidad y demanda.

En México se utilizan las cuentas o caras laterales como material de soporte en muros de contención o para evitar la erosión en carreteras, colocándolas en forma de redes y anclándolas en los muros de contención o en peñascos, además de evitar la erosión permiten el crecimiento de vegetación, garantizando la compactación del suelo.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

También la muelen y la exportan a California para la fabricación de durmientes, 3.5 millones de llantas para el primer año y 7 millones de llantas para el segundo año, de acuerdo a información de Rene Acuña, CDEM-Mexicali, B.C.

Actualmente en Guatemala, la recolección de desechos y la disposición de rellenos sanitarios se encuentran a discreción de cada localidad de acuerdo a sus necesidades y sus posibilidades, en todos los departamentos del país.



Figura 3. Relleno sanitario en la ciudad de Guatemala.



Fuente: [www.deguate.com/ecología/images/basurero.jpg](http://www.deguate.com/ecología/images/basurero.jpg).

## **4. ASFALTO MODIFICADO CON HULE MOLIDO DE LLANTA**

### **4.1. Definición.**

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

El asfalto modificado con hule molido de llanta es una mezcla bituminosa que incorpora a las mezclas de asfalto convencional, una cantidad determinada (12% del total de la mezcla, aproximadamente) de hule molido proveniente de llantas, en la actualidad se utilizan una variedad de polímeros para obtener características especiales y específicas para las diferentes mezclas, pero su valor comercial las hace poco accesibles y rentables para nuestra economía. Lamentablemente en la actualidad no contamos con plantas trituradoras de llantas que puedan abastecer de hule molido a las empresas que se dedican a fabricar las mezclas asfálticas.

El asfalto modificado con hule molido de llanta se puede realizar a través de dos procedimientos, vía seca y vía húmeda.

Vía seca, se refiere a la incorporación del hule molido de llanta a la mezcla asfáltica ya en la obra, reemplazando en pequeñas proporciones por grava, este cuenta con características rigurosas de tamizado o diámetro de las partículas de hule, homogeneidad, etc.

Vía húmeda, se refiere a la incorporación del hule molido de llanta a la mezcla asfáltica durante el proceso de elaboración de la misma, utilizando mayores temperaturas 204

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

grados centígrados aproximadamente, para alcanzar la incorporación total y homogénea del hule en la mezcla que necesita un periodo aproximado de 45 minutos, durante este proceso se utilizan mayores cantidades de hule calculadas entre un 15% a un 25% del total de la mezcla. Esta mezcla asfáltica debe prepararse unos minutos antes de su uso, debido a que no puede almacenarse porque se dificulta mantener el caucho en suspensión.

Existen dos usos principales para el empleo de las mezclas asfálticas modificadas con hule de llantas usadas;

- a) Caucho asfáltico: Normalmente se utiliza como material para sellar o impregnar, o como aditivo entre dos capas asfálticas, es decir que se utilizan finas capas de la mezcla entre dos capas de pavimento. Para fabricar caucho asfáltico, las llantas deben triturarse a un tamaño máximo de criba de entre 16 y 25 mm. Si el caucho no se muele suficientemente firme y las condiciones de digestión (mezcla y calentamiento) no son suficientemente severas, la mezcla final quedará debilitada y como resultado tenderá a separarse.
- b) Hormigón asfáltico modificado con caucho: Los trozos de llanta sustituyen parte del asfalto en la mezcla del pavimento, aplicándose en la misma forma que el asfalto convencional.

Este método fue inventado en Suecia y está patentado en Estados Unidos bajo el nombre de “Plus Ride” por la empresa Enviro Tire de Seattle Washington, la cual utiliza todo el caucho de la llanta incluyendo las paredes laterales, el revestimiento central, reciclando todo menos el acero y la tela. Es una combinación de cemento asfáltico árido, y hule molido de llantas usadas.

En ambos procesos vía húmeda y vía seca, los costos son más altos que en los procesos de producción para mezclas convencionales, debido a que se manejan temperaturas más elevadas, sin embargo las características que el hule confiere al asfalto lo hacen económicamente más rentable, porque tiene un tiempo de vida útil más largo y porque los requerimientos de mantenimiento son menores y de menor frecuencia.

Es un material que propicia carreteras duraderas debido a varias propiedades que adquiere en su fusión con el hule, además incrementa la ductibilidad de la superficie, mejora la resistencia frente a las grietas y reduce la fragilidad en períodos cálidos.

### **4.2. Antecedentes.**

El asfalto modificado con hule molido, proveniente de las llantas, es una alternativa que se utiliza con éxito en países como Estados Unidos, Canadá, México, España y Alemania entre otros, para la elaboración de carreteras, aeropuertos, muelles, pistas de atletismo, parques infantiles etc. porque además de ser una alternativa ecológica para eliminar un contaminante inflamable y con largos períodos para biodegradarse, proporciona al asfalto características especiales que lo convierten en una opción económicamente rentable en comparación a las mezclas convencionales.

La Unión Europea publicó recientemente legislaciones para promover el reciclaje de este tipo de contaminantes, incentivando su uso como materia prima, explicando además la tecnología de betunes modificados con alto contenido de caucho. Una tonelada de mezcla bituminosa incorpora aproximadamente ocho neumáticos de automóvil liviano (12% de la mezcla). El alto contenido de caucho confiere a la mezcla una resistencia mejorada a las fisuras reflejadas y una mayor vida a fatiga, que no pueden ser conseguidas con las tecnologías que incorporan en la mezcla bituminosa contenidos intermedios o bajos de caucho. Se explica además el excelente comportamiento estructural y ventajas sobre losas de hormigón, y de concreto como la disminución de ruido que se ha registrado tras la rehabilitación.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

En México tienen programas nacionales que incentivan a las empresas recicladoras de llantas, y que condicionan a las instituciones que pueden utilizar esta materia prima reciclada, la Secretaría de Comunicaciones e Infraestructura, ya inició la construcción de pistas de aterrizaje en el aeropuerto de Mexicali y de San Luís Potosí, e iniciaron con recarpetización del anillo metropolitano y tramos carreteros fronterizos con Estado Unidos con gran cantidad de tráfico comercial y turístico.

De acuerdo a informes publicados por el ingeniero Carlos Gómez Sánchez Gerente Nacional de Ingenieros y Proyectos Cementeros Mexicanos, las llantas trituradas como agregado en la elaboración de concreto para la pavimentación de viabilidades secundarias, incrementa su vida útil hasta en 20 años, tiene bajo costo de mantenimiento, reduce la distancia de frenado, la maquinaria requerida para su elaboración es la convencional.

En España se cuenta con un plan nacional de medio ambiente que incentiva el uso de asfalto modificado con hule molido de llanta para toda la red vial existente (recarpetización) y por realizar y que penaliza el depósito de llantas en vertederos, no sólo por la contaminación que presentan, sino por el potencial riesgo de incendios que en el pasado representaron además de grandes pérdidas económicas, una contaminación atmosférica incalculable e irreversible.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

Surge entonces la necesidad de llevar a cabo proyectos pilotos, en los que se realizan estudios acerca de los riesgos, características, rentabilidad, impacto socioeconómico etc., de los asfaltos modificados con hule molido de llanta. Solo en Estados Unidos: Arizona, Florida, Illinois, Minnesota y Oregon, han promulgado leyes que establecen la creación de un pago adicional (sobreprecio), por cada llanta nueva que se adquiere, para formar un “Fondo de limpieza para las acumulaciones de llantas usadas ya existentes” y que asegure que las nuevas llantas usadas que se generen sean adecuadamente dispuestas. Otros estados como California, Texas y Washington continúan experimentando con diversas opciones y tratando de encontrar la metodología adecuada para atender esta problemática.

En Arizona, se realizó el 90% de carreteras asfaltadas, con asfalto modificado con hule molido de llanta, específicamente en el área de los desiertos con resultados positivos. El hecho de que en el desierto se experimenten temperaturas extremas, altas durante el día y bajas durante la noche independientemente de la época del año, garantiza que las características que adquiere el asfalto son más que convenientes, sobre todo para países como el nuestro en donde el clima no tiene variaciones extremas.

El ingeniero Doug Carlson, de *Rubber Pavement Asociation Phoenix, AZ.* presentó un informe donde especifica que se realizaron en Arizona unos 2000 kilómetros de asfalto modificado con hule granulado, la mezcla contiene un 15% de hule, aproximadamente una 2000 llantas por milla lineal y que las ventajas encontradas fueron: larga vida útil, resistencia a cuarteadoras, bajo costo de mantenimiento, absorción de vibración y ruidos, uso de maquinaria convencional.

En la actualidad también se están llevando a cabo proyectos de parques infantiles, pistas de atletismo, pistas de aeropuertos, recarpeteado en áreas de tráfico rápido y tráfico pesado en ciudades como México y España.

### **4.3. Características.**

Las mezclas asfálticas modificadas con hule molido, proporcionan al asfalto características especiales;

- incremento en su impermeabilidad, dando estabilidad a la estructura al impedir la filtración de humedad y evita la pérdida de los elementos volátiles
- incremento en su termo plasticidad, que es la resistencia al agrietamiento.
- incremento en su resistencia a ácidos y bases, retrasando el endurecimiento y desgaste.
- altamente cementante
- 40% más caro pero 5 veces más durable, (estudios realizados por Carlos Mora investigador e impulsor de recicladora El Triunfo en México y por la Asociación mexicana de asfaltos)
- más resistente a los impactos
- más resistente a la tensión
- más resistente a los desgarres
- más resistente a la fricción
- proporciona mayor flexibilidad, permitiendo su adecuación al movimiento de la superficie.
- proporciona mayor estabilidad
- amortigua las vibraciones
- evita el deterioro o explotación de cerros para la obtención de piedras materia prima para la elaboración de asfaltos

Tomando en cuenta el clima y la geografía de nuestro país, el asfalto modificado con hule molido de llanta, se adecua a nuestras necesidades económicas (mayor rentabilidad) y de infraestructura (variados accidentes geográficos, topografía de terrenos irregulares.) respondiendo en forma eficiente a la topografía irregular, el tráfico pesado,

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

especialmente en el área rural ( tractores, camiones y trailers ), a la necesidad de construir nuevos aeropuertos, puertos, canchas deportivas, parques infantiles y prestar mantenimiento a los ya existentes).

En Guatemala, se realizaron pruebas comparativas entre asfalto modificado con hule molido de llanta, y asfalto convencional AC-20 en los laboratorios de Asfaltos de Guatemala, ASFALGUA, ver tabla V, realizadas por la ingeniera Dina Avellán, los resultados obtenidos no se han podido poner a prueba en tramos carreteros, primero por la falta de maquinaria para obtener el hule molido en suficientes cantidades y segundo por la falta de incentivos para su uso.

Los anteriores motivos no han permitido que se puedan llevar a cabo estudios o proyectos pilotos en donde pueda demostrarse la rentabilidad y el beneficio que los asfaltos modificados con hule molido de llanta otorgarían a la red vial al país.



## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

Datos de laboratorio asfalto convencional AC-20 vs. Asfalto modificado con hule molido de llanta.

Tabla V. Comparación de asfalto convencional vs asfalto modificado con hule.

### RESULTADOS DE LABORATORIO

PRUEBA	RESULTADOS AC-20 CONVENCIONAL	RESULTADOS AC-20 MODIFICADO	UNIDADES
Penetración, 100 gr., 5 seg., 25°C	86	41	Dmm
Penetración, 200 gr., 60seg., 4°C	39	23	Dmm
Gravedad Específica 60°F/60°F	1.063	1.065	Adimensional
Punto de Flama	330	*****	°C
Gravedad API 60°F/60°F	1.6	*****	°API
Perdida de masa por calentamiento	0.89	2.1	%
Viscosidad cinemática a 135°C	441.8	*****	Cst
Viscosidad por viscosímetro capilar de vacíos a 60°C	2162.2	*****	P
Recuperación Elástica por Torsión, 25 °C	3	30	%
Punto de Ablandamiento	47	64	°C
Masa	8.73	8.9	Lbs/ gal

**Observaciones:** Asfalto modificado con 15% de hule molido, pasa tamiz #10. Tiempo de modificación: 6 horas. Temperatura de modificación: 205°C (400°F)

#### **4.4. Ventajas del asfalto modificado con hule molido.**

##### **4.4.1. Beneficios económicos**

- Bajo costo de mantenimiento a las carreteras asfaltadas con la mezcla modificada.
- Bajo costo de la materia prima utilizada. (Hule molido de llanta).
- Garantía en la obtención de materia prima a utilizar.

Según el *Diagnóstico de país*, publicado por el Periódico del viernes 24 de agosto de 2007, página 8, el Ministerio de Comunicaciones cuenta con un presupuesto anual de 3 millones de quetzales, y COVIAL con 800 millones de quetzales, para dar mantenimiento a la red vial ya existente.

##### **4.4.2. Beneficios ambientales**

- Eliminación de un desecho sólido contaminante, altamente inflamable, con baja biodegradabilidad, y que ocupa grandes volúmenes para su almacenamiento.
- Eliminación de hospederos para insectos y roedores transmisores de enfermedades, contribuyendo a la erradicación de epidemias.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

- Efectos benéficos con respecto a la contaminación atmosférica y climática, evitando daños en la capa de ozono, evitando la acumulación y precipitación de lluvia ácida.
- Eliminación de potenciales riesgos de incendios en los sitios de almacenamiento o vertederos para llantas en desuso.
- Eliminación de vibraciones producidas por el tráfico pesado y las altas velocidades.

### **4.4.3. Beneficios sociales**

- Carreteras, aeropuertos, pistas deportivas, y parques infantiles más seguras y con mayor tiempo de vida útil.
- Generación de nuevas industrias. (reciclaje).
- Generación de empleos en Centros de acopio y Empresas recicladoras.

En la actualidad aún no se realiza ningún proyecto con asfalto modificado con hule molido de llanta, según informó el ingeniero Henry López, subdirector de COVIAL, del Ministerio de Comunicaciones Vivienda y Obras Públicas, debido a la falta de herramientas legales para condicionar las licitaciones o proyectos a que utilicen el hule molido de llanta como parte de la materia prima requerida, así como la falta de

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

disponibilidad de este, aunque si se realizan proyectos con asfaltos modificados con polímeros especiales que otorgan características específicas de durabilidad y calidad al asfalto, mismas que otorgaría el hule molido a un menor precio.

En el tramo final de la Calzada Roosevelt, kilómetro 30 aproximadamente, y entrada a San Cristóbal, intersección con carretera a San Lucas, se utilizó asfalto modificado con polímeros especiales, por ASFALGUA, al mismo tiempo se llevan a cabo obras de pavimentación con concreto, en sustitución del asfalto, en la carretera al Salvador por Constructora Nacional S.A. CONASA y *Solel y Boneg*, empresa iraní dedicada a la construcción de carreteras, aduciendo que la pavimentación con concreto presenta mejores características que las pavimentadas con asfalto, especialmente por el encarecimiento del petróleo en los últimos meses.

Tanto para el asfalto como para el concreto, el hule molido de llanta proporciona características favorables en lo que a red vial se refiere, en México, la Secretaría Nacional de Medio Ambiente y la Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas, ya presentaron mecanismos y procedimientos legales para poder condicionar los nuevos proyectos con el uso de hule molido de llanta, además cuentan con empresas que se dedican a seccionar las llantas, otras a moler la banda de caucho como la recicladora el Esfuerzo impulsada por el investigador Carlos Mora y apoyado por la Asociación Mexicana de Asfaltos para abastecer la demanda de hule molido que en la actualidad y en el futuro serán necesarias.

Figura 4. Carretera hecha con asfalto modificado con hule de llanta.



Fuente: [www.protexa.com.mx/industrias](http://www.protexa.com.mx/industrias)

## **5. ARRECIFES ARTIFICIALES**

### **5.1. Definición.**

Son estructuras artificiales, con características similares a las estructuras naturales, en dimensión, ubicación, finalidad, etc., creadas por el hombre, a conveniencia.

Un arrecife coralino es una comunidad biológica que nace en el piso marino y que consta de una estructura sólida de piedra caliza lo bastante fuerte para soportar la fuerza de las olas. Los organismos que tienen un exoesqueleto calcificado y las algas, son los que dominan en la creación de los corales. La formación de un arrecife coralino depende de la asociación equilibrada de los organismos vegetales y animales, vivos y muertos.

Aunque hay una gran diversidad de plantas y animales que forman un arrecife coralino, lo paradójico es que las aguas circundantes de un arrecife de mar adentro tienen por lo general muy pocos nutrientes y fitoplancton, una de las incógnitas importantes hoy en día es como los arrecifes coralinos pueden mostrar alta productividad en aguas oceánicas que carecen esencialmente de los nutrientes necesarios. Estas zonas son áreas de interés científico, económico, educativo, arqueológico, histórico, cultural, escénico y de recreo.

Sin embargo, su estructura y dinámica ecológica se han visto deterioradas, al punto de convertirlas en zonas de devastación, motivadas tanto por los efectos naturales como por los provocados por el hombre.

Un arrecife artificial crea micro-hábitat que aumenta la producción marina al proveer un sustrato para el asentamiento y crecimiento de algas e invertebrados. Además ofrece refugio protección contra depredación a una variedad de especies marinas

Ubicados en zonas donde se concentran especies de importancia comercial, pueden fungir como zonas de reproducción y crianza. Asimismo, generalmente permiten un incremento en la biomasa lo que a su vez resulta en mejores capturas para los pescadores de zonas aledañas.

### **5.2 Factores a considerar para su construcción.**

Las características más importantes de los arrecifes que afectan su desarrollo son: la temperatura, la luz, la salinidad e inmersión, su crecimiento se ve beneficiado a profundidades menores a los 35 m. y en aguas de salinidades oceánicas estables.

El margen superior del arrecife está limitado por su exposición a la atmósfera, la base de piedra caliza del arrecife coralino proviene de los esqueletos fosilizados de los corales (invertebrados) y las algas calcificadas, estos son los ecosistemas más diversos del planeta y sus colonias crecen lentamente, rara vez más de media pulgada por año.

Los arrecifes son importantes porque hospedan a una de cada cuatro especies conocidas del océano, los peces de arrecifes constituyen tal vez el 10% de la pesca global, junto con los moluscos, erizos y otras especies que sostienen de 30 a 40 millones de personas, además amortiguan las marejadas y evitan la erosión

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Esos nuevos locales de pesca son previamente escogidos por sus usuarios evitando el gasto de combustible, hielos, cebos, etc. utilizados en lugares donde la pesca representa mayor rentabilidad.

El punto primordial radica en el montaje de la base o estructuras primarias, los cuidados con la fijación y con la estabilidad del material sobre el fondo marino.

Es fundamental que las estructuras se encuentren ubicadas a una profundidad no menor de los 20 metros a partir de la superficie para ser resguardadas de las marejadas.

De acuerdo con diversos trabajos desarrollados, la colonización del arrecife lleva un tiempo aproximado de tres meses para que las especies comerciales representen actividades comercialmente productivas.

Los sitios para la creación de arrecifes artificiales deberán ser cuidadosamente seleccionados, tomando en consideración el tipo de fondo, la acción del oleaje, especialmente en época de tormentas y corrientes, se recomienda que se ubiquen en fondos duros rocosos o con grava porque los fondos blandos pueden fácilmente desaparecer por las arenas, además de localizarse cerca de un área con vegetación de donde obtendrán su alimento los peces.

Los lugares en donde se construyen deben reunir una serie de características para que la estructura esté asegurada al suelo marino evitando su desplazamiento, además de tomar en cuenta las corrientes marinas, vegetación, especies a reproducir, factores climáticos; como tormentas, etc.



### **5.3. Materiales para la construcción de arrecifes.**

Los materiales utilizados para su construcción son diversos, obteniendo mejores resultados con los construidos con llantas revestidas por concreto, por la fácil obtención de la materia prima y lo barato de la misma.

La principal finalidad de la construcción de estos arrecifes, es promover el desarrollo de la pesca controlada de especies específicas o en vías de extinción, ya sea por su valor comercial, alimenticio, cosmético, por su interés científico (medicamentos) o turístico.

Entre las especies de mayor interés comercial en la industria de alimentos se encuentra: la langosta, camarón, pargo, las algas y otros organismos de valor comercial, que representan intereses para las industrias de la medicina, y la industria cosmética.

Son considerados como una herramienta o instrumento en el manejo de los recursos pesqueros, donde la pesca representa una fuente de alimento además de generar fuentes de empleo y materia prima para industrias como la cosmetología y la industria de medicamentos convencionales ( formulaciones químicas) y medicina olística ( medicamentos no procesados químicamente).

Generalmente, estos arrecifes son construidos con neumáticos lastrados con concreto en grupos o nódulos de 3,6 y 8 neumáticos de base, hasta completar arrecifes que agrupan de 4000 a 6000 neumáticos, en Jamaica, en la bahía de Jackson existe un arrecife con más de 3000 neumáticos construido a mediados de los años 70. Se encuentran anclados sobre fondos duros de arenas calcáreas, con vastos prados de algas de tortugas, puntas de coral dispersas, y pequeños montículos de arrecifes.

En un arrecife artificial, los peces tienen mayor posibilidad de reproducirse al encontrar fácilmente alimento y refugio. Además representa un beneficio para la población al promover el turismo ecológico con la subsecuente derrama de recursos, mientras aumentan los ingresos obtenidos de la pesca.

Por otra parte, los corales tienen componentes que se emplean en el tratamiento de algunas enfermedades y sirven como sustrato para practicar injertos de huesos. Al disminuirse la presión en las estructuras ya existentes, se ofrece a los actores económicos la oportunidad de incursionar o incrementar las actividades turísticas y de pesca, creando sitios de refugio y reproducción de peces, con el fin de recuperar y mantener la diversidad biológica en el área, y de disminuir la presión sobre otros arrecifes afectados por actividades “no sustentables” (comerciales y deportivas), los sitios alternativos para el buceo permiten reducir el impacto del turismo en los arrecifes naturales del área, así como de promover la investigación científica y la educación ambiental

### **5.4. Antecedentes.**

Existen registros que indican que los orientales realizaron estas prácticas hace más de 300 años.

En Estados Unidos, donde se inicio con fines turísticos, fue en 1830 cuando se empezaron proyectos con fines comerciales.

Cuba en la década de los años 50 inició los proyectos de arrecifes artificiales con la finalidad de ordenar e incrementar la pesca.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

En las últimas décadas esta actividad ha sido promovida por órganos gubernamentales, principalmente en países con largas zonas costeras.

Países como Brasil, cuentan en la actualidad con secretarías e instituciones gubernamentales que en un esfuerzo común investigan sobre los beneficios y ventajas que proyectos de este tipo aportan a la sociedad, especialmente porque además de los beneficios económicos, se está eliminando un contaminante voluminoso, con alta inflamabilidad, y baja biodegradabilidad, que origina varios inconvenientes, tanto a nivel ambiental como de salud.

En abril de 1984 se construyó un arrecife artificial con llantas usadas, en el Golfo de Nicoya, Costa Rica, lugar considerado como el centro pesquero más importante del país. Mensualmente y durante un año se realizaron censos visuales de las poblaciones de peces presentes en el arrecife y se compararon con conteos visuales en un arrecife rocoso cercano al área de estudio. Se encontró una mayor abundancia, biomasa y dominancia de unas pocas especies de peces de interés comercial en el arrecife artificial. *Lutjanus guttatus*, *L. argentivenuis*, *Harmulon stebidachrieris* y *H. scuderi* fueron las especies más abundantes y que explican más del 90% de la variación mensual en biomasa del arrecife. Las variaciones en abundancia encontradas no presentaron un patrón muy claro que permitiera explicarlas, aunque pareciera que la turbidez del agua durante los censos pudo afectar las estimaciones en algunos meses de muestreo. Análisis del estado de desarrollo de gónadas en *L. guttatus* indican que un 75% de los organismos se encontraban inmaduros, lo cual junto con las observaciones visuales de talla evidencian que el arrecife artificial funge como zona de crianza de especies de importancia comercial. Se considera que la construcción de arrecifes en zonas donde hay diversidad de especies de valor comercial aumentaría la sobre vivencia de etapas juveniles y por lo tanto ayudaría a la conservación de dichos recursos en áreas bajo fuerte explotación y/o mal manejo.

En 1996, la Asociación Oceánica de Panamá instaló arrecifes artificiales en la costa atlántica, cerca de Porto velo, para restaurar el ecosistema marino del área.

En 2004 el Gobierno aprobó la construcción de 20 arrecifes artificiales en la provincia de Los Santos donde se utilizarían mil 248 llantas usadas.

Para Gabriela Etchelecu, directora de la fundación Mar Viva Panamá, los arrecifes de neumáticos no es la mejor opción, pues no hay estudios que indiquen sus efectos a largo plazo y además, los pólipos de corales difícilmente se adhieren al caucho

Existen estudios de países caribeños, especialmente la franja de islas que desde hace mucho tiempo explotan este tipo de construcciones, beneficiando además, la biodiversidad marina.

### **5.5. Ventajas de los arrecifes artificiales.**

- Comparado con otros materiales, representan los costos más bajos de instalación.
- Tiempo de vida prácticamente indefinido.
- Su costo, que en las grandes ciudades es bajo.
- Las cantidades disponibles son grandes.
- Se evita su acumulación en rellenos sanitarios, basureros, talleres, terrenos baldíos, etc. evitando que sirvan de hospederos de insectos y roedores portadores de enfermedades como dengue, malaria, fiebre amarilla, encefalitis etc.
- Se evita que sean incinerados, provocando contaminación atmosférica por la generación de gases tóxicos, aumentando el desgaste en la capa de ozono, incrementando el efecto invernadero o la lluvia ácida que tantos inconvenientes ocasionan.

La hipótesis de contaminación del mar por neumáticos es descartada por varios científicos alrededor del mundo. La degradación de neumáticos lleva una cantidad de

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

años aún indeterminada, mientras que la cobertura de los mismos por organismos incrustantes ocurre en cuestión de meses.

Después de su instalación en el fondo marino empiezan a ser rápidamente cubiertos por corales y algas que tienden a espesarse y reproducirse de forma exponencial produciendo una cobertura espesa y rígida, según lo comprueban estudios realizados por técnicos del Instituto de Ciencias Marinas de Brasil.

El proyecto se lleva a cabo con entidades gubernamentales a través de asesoramiento técnico, financiamiento, estudios de suelo marino, etc. y los pescadores de la comunidad son quienes determinan la localización de los arrecifes, su dimensión, temporada de producción, etc.

Los resultados indican un incremento en la productividad de la pesca de un 5% a un 8% además de un incremento en la diversidad de especies de 4 a 27 especies en los arrecifes con estructuras mayores a los 1000 neumáticos.

Contactos con instituciones que regulan la pesca en el mar, piensan en subsidiar la elaboración de una futura legislación para tratar, promover y controlar esta actividad en un futuro cercano.

En países como El Japón donde la pesca representa un aporte grande a la economía y balance nutricional de la población, se desarrollan programas donde se utiliza tecnología altamente especializada para la construcción de arrecifes artificiales. En países tropicales en desarrollo una estrategia como la anterior es difícil de llevar a la práctica. Sin embargo, se puede afirmar que el desarrollo de "programas nacionales de construcción de arrecifes artificiales en pequeña escala" con materiales de bajo costo, pueden ser proyectos viables. Si paralelamente se da una labor de extensión pesquera en las comunidades aledañas a estos arrecifes se puede generar una estrategia integrada para la revitalización de los *stocks* comerciales y para la conservación de los recursos marinos

costeros en función de un continuo beneficio socio-económico de las comunidades ribereñas.

### **5.6. Situación nacional.**

En Guatemala la mayor zona pesquera se encuentra en las costas de Pacífico, aunque también se realizan pescas comerciales en las costas del Atlántico, lagos y ríos grandes del país, pero lamentablemente en la actualidad no se cuenta con las instituciones ni las personas especializadas para realizar los estudios necesarios sobre los tipos de suelos marinos de las costas, las capas tectónicas marinas involucradas en la zona, las corrientes marinas presentes estacionaria o permanentemente, que en la actualidad debido al deshielo de los cascos polares presentan un mayor flujo, con corrientes submarinas más caudalosas, que erosionan el suelo marino a grandes velocidades impidiendo la reproducción de vegetación y por ende de especies marinas (peces) de las zonas costeras.

Estos estudios son necesarios para que la ubicación, permanencia y población del arrecife sea exitosa. Además de la ubicación, se debe tomar en cuenta los cambios climáticos como tormentas, y marejadas, épocas de reproducción, tráfico marino, acceso a los arrecifes tanto para pesca como para turismo etc.

La zona pesquera del Caribe es más estable, y por consecuencia con mayores posibilidades para que los arrecifes artificiales puedan realizar las funciones para las que fueron diseñados.

Este proyecto podría llevarse a cabo de manera conjunta entre las cooperativas pesqueras, el Ministerio de Ganadería y Agricultura, la iniciativa privada o donaciones internacionales, con la finalidad de realizar proyectos de calidad y funcionalidad a largo plazo.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

El Ministerio de Ganadería y Agricultura aún no cuenta con personal técnico capacitado para la realización de los estudios necesarios y los proyectos se encuentran en fase de investigación, tampoco ha otorgado información sobre proyectos de este tipo. Mientras que el Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Comisión Nacional de Desechos Sólidos, CONADES, estudia la posibilidad de realizar proyectos de este tipo con fines turísticos, aprovechando el uso de las llantas.

Arrecife artificial, realizado con desechos plástico, aún completa la población vegetal marina, realizado con fines turísticos en las Islas del Caribe

Figura 5. Arrecife artificial en fase de población vegetal.



Fuente: [www.news.nationalgeographic.com](http://www.news.nationalgeographic.com)



## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

## **6. MATERIA PRIMA PARA LA CONSTRUCCIÓN**

### **6.1. Definición.**

Materia prima: todo material que se utilice para elaborar un producto final o parte de él.

Materia prima para la construcción: es todo material o materiales necesarios, para la elaboración de infraestructura habitacional, industrial, agrícola, etc.( casas, bodegas, establos, galpones, muros perimetrales, muros de contención, canales, diques, tanques, represas, edificios, etc.) o para mejorar las características de los materiales que ya existen, impermeabilizantes, aditivos, material para revestimientos, material para mezclas, etc.

Estos materiales pueden ser diversos, y dependen de su costo, facilidades para la obtención, durabilidad, etc.

Antiguamente, los materiales para la construcción solían ser adquiridos de los recursos naturales, palmas, madera, bambú, piedras, etc. sin embargo por la escasez, la dificultad para adquirirlos y las actuales necesidades, se ha incrementado en el mercado una gran diversidad de materiales y alternativas en lo que a materiales y construcciones respecta.

En la actualidad las tendencias obedecen a la conciencia ecológica, al reciclaje, sin descuidar la seguridad y la durabilidad y de ahí que las opciones se tornen cada vez más exigentes.

### **6.2. Antecedentes.**

Uno de los más graves problemas del país es sin duda la falta de viviendas. Así lo consideran tanto el gobierno, a través de El Fondo Guatemalteco para la vivienda Foguavi, La Cámara de la Construcción de Guatemala, El Fomento de Hipotecas Aseguradas FHA, como los organismos internacionales de financiamiento y de asistencia técnica.

Guatemala ha afrontado en los últimos años un fuerte déficit habitacional, especialmente en la capital y en otras importantes ciudades del interior de la República, como consecuencia de la creciente corriente migratoria abandonan su lugar de origen para fijar su residencia en los centro urbanos.

Las cifras de esta migración han sido mayores que la construcción del tipo de vivienda popular aumentando en forma preocupante las “limonadas”, “ favelas” o “ villa-miserias” como se les ha llamado en otros países de Latinoamérica que confrontan el mismo problema.

Como una manifestación de la crisis habitacional, en la capital han sido frecuentes las invasiones a terrenos municipales y privados por personas de escasos recursos, terrenos que no siempre cuentan con los servicios básicos necesarios, ni la topografía adecuada para ser habitados, como barrancos, áreas bajo los puentes, laderas empinadas o peñascos.

Con la creación por parte del Gobierno, a través del Comité de Reconstrucción Nacional, de mecanismos apropiados para construir más de 160,000 viviendas que necesitan los guatemaltecos de diversas clases sociales, sin embargo, el problema se ha agudizado más y difícilmente se pueda pensar en soluciones a corto plazo.

### **6.3. Usos de la llanta como material de construcción.**

En países como Japón, Estados Unidos, Canadá, España, México, Perú y Colombia entre otros, utilizan las llantas, enteras o en partes, como materiales para la construcción, no solo para muros perimetrales de escuelas, muros de contención en peñascos y carreteras, reforzamiento para los causes de los ríos, que en los inviernos tienden a desbordarse, como ladrillos y tejas en viviendas para personas de bajos recursos, también son utilizadas trituradas en gránulos con diferentes diámetros, o en forma de polvos para la preparación de materiales aislantes, impermeabilizantes, aditivos, etc.

La diversidad de usos es realmente extensa y se adecuan a las necesidades de cada localidad.

Cuando se trata de muros perimetrales, ladrillos para paredes habitacionales o para reforzar causes de ríos desbordados, generalmente se utilizan llantas de vehículos pesados rellenas de tierra, arena o concreto, con la finalidad de incrementar la firmeza y durabilidad del muro. Los resultados han sido mejores que los habituales sacos de arena que finalmente son arrastrados, rotos o vaciados por la fuerza del agua o del clima.

También se utilizan como tejas para viviendas, establos, galpones, bodegas, galeras etc. con la finalidad de proteger a los habitantes de las inclemencias del clima y para aislar de la temperatura del medio ambiente, ruidos etc. Este tipo de usos permite aprovechar un recurso barato, eliminar un contaminante, y satisfacer las necesidades de sobrevivencia mínimas de poblaciones con bajo o ningún recurso económico, especialmente en el área rural en donde los accesos a materiales de construcción convencionales son económica y geográficamente difíciles de adquirir.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

Existen proyectos en los que se utiliza la llanta en partes, como la banda de caucho, para forro aislante en las paredes, en lugares con climas extremos, revistiéndolas de concreto, cernido plástico, cartón piedra o materiales similares, brindando grandes beneficios.

Además se utilizan para tejas de escuelas, iglesias y centros de salud, para bisagras de puertas y portones.

Otra parte de las llantas que son utilizadas como material de construcción, son las caras laterales o cuentas, que pueden estar hechas de caucho y tela o de caucho y armazones de acero, que se utilizan especialmente para reforzar las paredes de muros de contención en carreteras, peñascos o barrancos donde existen viviendas, rellenos sanitarios, parques recreativos, etc.

Además se utiliza la banda de caucho, como hule molido o triturado para adicionarlo a mezclas asfálticas (asfaltos modificados), mezclas de concreto (conocido como *llancreto*), impermeabilizantes, aditivos para recubrimientos de láminas, diques, canales, estanques, para la elaboración de suelas de calzado o como parte de materia prima para productos fabricados con caucho.

Es muy poca la documentación que existe acerca del uso de llantas como material de construcción, sin embargo, existen registros fotográficos en Guatemala, de muros de contención reforzados como los de el relleno sanitario del kilómetro 21.5 carretera al pacífico (Amatitlán), y en puertos navales que utilizan las llantas como muros amortiguadores de golpes y como aislantes eléctricos.

Algunos muros de contención o de peñascos en tramos carreteros y algunas zonas costeras próximas a las playas turísticas del Pacífico han sido literalmente forrados con las caras laterales de las llantas o cuentas que utilizan almas o mallas de acero, y que

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

posteriormente son recubiertas con concreto, hormigón o simplemente se dejan poblar por vegetación, conservando el atractivo ecológico que tanto atrae a los turistas, realizados por empresas constructoras privadas de complejos habitacionales, condominios, complejos turísticos, etc.

En Guatemala, fue realizada una tesis acerca de los beneficios obtenidos por el uso de bandas de caucho de llantas para la fabricación de viviendas, por el ingeniero químico Jhon Uribe, específicamente el uso de tejas y forros de paredes con las bandas de caucho de las llantas, para viviendas de personas con bajos recursos titulada; " Alternativa técnica económica ambiental para el aprovechamiento de la sección de rodamiento de llantas usadas sin cerco metálico como material de construcción de tejados".

En México, el Ejido Sierra de Juárez se lleva a cabo un proyecto para construcción dirigido por el Arquitecto David Bonilla quien ha logrado aprovechar un residuo, que como material de construcción convierte las casas en un espacio térmico.

El proyecto inicial de construcción con llantas de Bonilla, fue ganador de un premio ecológico que dio como resultado una Casa de llantas, y en la actualidad es usada en un nuevo proyecto que se ubica en Sierra de Juárez para construir cabañas con fines ecológicos y turísticos.

El proyecto ya en camino pretende dar alternativas para sustituir materiales convencionales en la construcción, abaratar costos, y al mismo tiempo usar en el proceso un material que se ha comprobado ya es eficiente para esta actividad.

La idea de construir con llantas nació de la observación de un trabajo realizado en Colonias Populares donde los habitantes usaban neumáticos para hacer terraplenes o incluso bardas.

Luego se inició el proceso para construir una casa con muros de llantas, llamados por su diseñador “*Llantimuros*” que consiste en un espacio de 40 metros cuadrados donde se aprovechan 400 llantas para la construcción de los dos muros principales.

Estos muros toman como base barrotes o postes de madera, luego se rellenan las llantas con tierra o arena que las hace más confiables y resistentes.

A partir de estas bases, se diseñan los muros interiores y frontales de las casas que son revestidas de cartón yeso, lo que abarata el costo de la construcción asta en un 30%, con respecto a otros materiales.

### 6.4. Características.

Las características que el hule de llanta o la llanta como tal, le ofrece a las estructuras de las que forma parte son:

Durabilidad.

Firmeza.

Efecto aislante, no solo de ruidos, sino de efectos climatológicos.

- Es un material de fácil obtención y manejo.
- Tiene peso menor que los materiales de construcción convencionales.
- Existe en cantidades suficientes para la demanda habitacional.
- No presenta riesgos de incendio pues generalmente las llantas se encuentran rellenas de arena o tierra cuando se utilizan enteras, y son revestidas por materiales convencionales de bajo costo como concreto, revestimiento plástico, entre otros.

### **6.5. Ventajas de los materiales de construcción hechos de llantas.**

- Materia prima abundante.
- Materia prima barata.
- Materia prima durable.
- Su uso es amplio y versátil.
- Es de fácil manejo.
- Contribuye a la eliminación de un contaminante.

### **6.6. Situación nacional.**

En Guatemala, el déficit habitacional, millón de unidades, según cifras del Instituto Nacional de Estadística INE, en la capital por falta de recursos económicos para la elaboración de casas, y por falta de espacio disponible y seguro mientras que en el área rural, a pesar de contar con acceso a recursos naturales para adquirir materiales de construcción, las exigencias climatológicas, de seguridad, de durabilidad, la falta de recursos económicos y la dificultad de acceso para transportar los materiales son los principales parámetros para que este déficit aumente.



## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

El proceso inflacionario que Guatemala ha padecido los últimos años ha desempeñado un papel determinante para que el problema habitacional no mejore. La situación ha llegado a extremos como el incremento de hasta un 400% en el precio de los materiales de construcción, que incide en forma directa al valor de cualquier tipo de vivienda.

El sector construcción ha afrontado una caída drástica desde finales de los años 90, como consecuencia de la crisis económica del país y reconoce que la venta de las inmobiliarias ha disminuido significativamente. Se considera que para promover el acceso a vivienda es importante lo que se logre en materia de tasas de interés.

Según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística, INE, geográficamente el 77% del déficit se localiza fuera del departamento de Guatemala, es decir, en el 98% del territorio, donde el problema se vuelve más agudo por la dispersión, la falta de infraestructura y servicios básicos. De la población total 2.074,462 personas residían en el departamento de Guatemala, y 1.114,432 habitantes en el municipio de Guatemala. La densidad poblacional del departamento fue de 921 personas y para el municipio fue de 6,057 personas por kilómetro cuadrado. Lo anterior significa que el 23% de la población se ubica en el 2% del territorio nacional, mientras que un 11.4% de la población se halla concentrada en el 0.17% del territorio.

De acuerdo a datos oficiales, la región del país más afectada por la falta de vivienda, es la sur occidental, que para 1990 tenía un déficit superior a las 175,000 unidades el resto de regiones mantiene un déficit promedio de 110,000 unidades con una tendencia mayor para la región metropolitana motivada fundamentalmente por las constantes migraciones campo ciudad.

Por lo menos millón y medio de viviendas fue el déficit habitacional para el año 2000, según las estimaciones oficiales que aseguran un crecimiento poblacional de 4 millones de habitantes durante los próximos 10 años.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

Actualmente, según datos de la comisión de vivienda del Congreso de la República, existe un déficit de vivienda que asciende al millón de unidades.

Los materiales de construcción realizados con llantas en desuso, solucionarían un problema habitacional, y además contribuiría a la eliminación de un desecho sólido con efectos nocivos irreversibles tanto para el ambiente como para la salud.

Figura 6. Tejas elaboradas de hule de llanta.



Fuente: [www.partes.com.br/casapobre.jpg](http://www.partes.com.br/casapobre.jpg).

## **CONCLUSIONES**

1. Del estudio monográfico realizado, se establece que las llantas en desuso son un desecho sólido contaminante que en Guatemala no cuenta con ningún tipo de legislación para su disposición final como desecho.
2. Las opciones más convenientes para la reutilización de llantas en desuso para Guatemala, son: Los asfaltos modificados con hule de llanta molida, los arrecifes artificiales contruidos con llantas los materiales de construcción hechos de las partes de la llanta.
3. En Guatemala, los asfaltos modificados con hule de llanta molida, los arrecifes artificiales y los materiales de construcción hechos de hule de llanta, son opciones que se adecuan a la satisfacción de las necesidades de nuestro país como alternativas económicamente rentables.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

4. Los beneficios para Guatemala, otorgados por las tres opciones identificadas, involucran a todos los ámbitos sociales y son de beneficio nacional. Otorgan una mejor calidad de vida, generan empleos, y reducen en forma significativa los efectos nocivos de este desecho contaminante al aprovechar su reutilización.
5. La búsqueda de alternativas en Guatemala para la reutilización de este desecho, se encuentra ampliamente investigada y disponible para su evaluación e implementación alternativa, a través de los medios electrónicos de información (website) mundiales.
6. Los niveles de contaminación atmosféricos y biológicos aumentan con el uso de llantas como combustible alternativo y se convierte en un problema social a nivel nacional, por la cantidad de efectos nocivos para la salud de la población en general y a nivel mundial, por los cambios climáticos que representan.

## **RECOMENDACIONES**

1. La Universidad de San Carlos de Guatemala, por la autoridad que se le otorga para poder presentar ante el organismo legislativo iniciativas de ley, debe promover la organización de una comisión multidisciplinaria encargada de elaborar una propuesta en relación a la legislación del desecho de llantas usadas.
2. Debe promoverse el uso de asfaltos modificados con hule molido de llanta, la construcción de arrecifes artificiales y el uso de los materiales de construcción elaborados con las partes de la llantas, como opciones que además de disminuir un desecho contaminante, permite beneficios económicos, sociales y ambientales para la población en general.
3. Divulgar a través de los medios existentes las alternativas para la reutilización de llantas en desuso que se adecuan a nuestras necesidades y a nuestros recursos, como alternativas económicamente rentables.

## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

4. Desarrollar el trabajo integral entre los diferentes Ministerios – Medio Ambiente, Comunicaciones, Salud Pública y Agricultura, Municipalidades y ONG’S por considerarse indispensable para la adecuada coordinación en el aprovechamiento de este desecho reutilizable en forma sostenible.
  
5. Prohibir el uso de llantas como combustible alternativo sin excepción principalmente en el sector industrial. Imponer multas severas a los infractores pues los daños ocasionados a nivel mundial son muy graves.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Proyecto de reciclado de llantas. [www.tupatrocinio.com](http://www.tupatrocinio.com). 2006
2. Reciclaje de neumáticos. AMBIENTUM. Revista # 9, 2006.
3. Revista Científica. [www.educared.net/aprende/htk/pag](http://www.educared.net/aprende/htk/pag). 2005.
4. Seminario de Grupo Reforma México D.F. Estudio sobre llantas en frontera norte. Asociación Mexicana de Asfaltos. 2005.
5. XIII Congreso Ibero latinoamericano del Asfalto. Costa Rica. 2005.
6. CONSUMER.esEROSKI. Medio Ambiente/ Medio Ambiente Urbano. Seminario, 2005.
7. INTI. Reciclaje de neumáticos. Informe científico publicado en Internet. 2006.
8. Plan Nacional de Neumáticos fuera de uso. España. Informe científico publicado en Internet. 2006
9. KERRY REGIONAL WASTE PLAN 2000. informe científico publicado en Internet. 2000.
10. ATAN. The Health Effects of Waste. Informe científico publicado en Internet. 2005.



11. Incinerators, 4th Report of the British Society for Ecological Medicine. 2005.
12. Diario ABC color Digital, Asunción 25 Noviembre 2004. [www.abc.com.py/articulos.php?fec=2004-11-25&pid=147029&sec=3](http://www.abc.com.py/articulos.php?fec=2004-11-25&pid=147029&sec=3)
13. 1998–2005 IRC Internacional Water and Sanitation Centre, [www.irc.nl](http://www.irc.nl)  
Entre en contacto con Boletín de Noticias - Agua y Saneamiento  
<http://www2.irc.nl/source/lges/item.php/4795>
14. CONSEJO DE EUROPA. (1999). Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos.
15. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2001). Plan Nacional de Neumáticos Fuera de uso (PNNFU) 2001-2006. Resolución de 8 de octubre de 2001.
16. MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACIÓN 1992. Ley 1333 y su Reglamentación. La Paz – Bolivia.
17. DOCKWEILER J. 1999. La Triste historia de las ladrilleras que envilecen nuestro aire. La Paz – Bolivia.
18. WEBSTER J. 2000. Contaminación Atmosférica Industrial en la Ciudad de La Paz. Londres – Inglaterra. (Inédito).
19. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD 1998. La salud para América Latina.

20. MINISTERIO DE FOMENTO (2002). Orden Circular 572002 bis de la Dirección General de Carreteras, relativa al empleo de polvo de neumáticos en materiales bituminosos.
21. AURELIO HERNÁNDEZ MUÑOZ (2003). Medición sonora en la Autopista A-7 en el pk 436, 300 y el pk 436,800. Informe del trabajo realizado en el Departamento de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Madrid.
22. Mezclas bituminosas fabricadas con betunes de alto contenido de caucho. Aplicación al recrecimiento de un pavimento rígido en la A-7 2003, 150 (3439): 7-26
23. Mezclas bituminosas fabricadas con betunes de alto contenido de caucho. Aplicación al recrecimiento de un pavimento rígido en la A-7 2003, 150 (3439): 7-26. Seminario en CD. México DF 2005.
24. Technical Report # 4. 1989. Spanish, apéndice 1. 2006
25. Boletín Radiofónico de Tierramerica para Mesoamerica. [www.tierramarica.net/radio/audio-ca.shtml](http://www.tierramarica.net/radio/audio-ca.shtml). 2007.
26. Caleta Olivia: Geografía. Por que cuidar el agua. [www.caletao.com.ar/geo/cuiagua.htm](http://www.caletao.com.ar/geo/cuiagua.htm). 2007.
27. DEWEES, C. M. y D. W. GOTSHALL, Calif. Fish. and Game, An experimental artificial reef in Humboldt Bay, California. 1974. 109-127. :

28. FAST, D. E. y F. A. PAGAN, Proceedings of an International conference on Artificial Reefs. Comparative observations of an artificial tire reef and natural patch reefs off Southwestern Puerto Rico. In: Colunga, L. and R. Stone (Eds.). 1974. TAMU-SG-74-103.
29. IDYLL, C. P., The Sea Against Hunger. Harvesting the Oceans to feed a Hungry world. Thomas Y. Crowell Co. 1970. 221 p.
30. IVERSEN, E. S., Cultivos Marinos: Peces, Moluscos y Crustáceos. Ed. Acribia. España. 1972. 310 p.
31. JENSEN, P., F. WALKER, J. FALK, W. HALL y H. SAYMON, Artificial Reefs for Delaware University of Delaware Sea Grant College Program, 1980. 36 p. DEL-SG-06-80.
32. LAEVASTU, T., Manual de Métodos de Biología Pesquera. Ed. Acribia. Publicación FAO. España. 1971. 243 p.
33. MADRIGAL, E., Tesis de Maestría Dinámica Pesquera de tres especies de Scianidae (Corvinas) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 1985. 127 p
34. PARKEP, R. O. R. B. STONE, C. C. BUCHANAN y F. W. STEIMLE, Fishery Facts. How to build marine artificial reefs. 1974. 49 p. 10:
35. SHEEHY, D. J., Fisheries Development in Japan. Water Spectrum, Winter. 1979.

36. SHEEHY, D. J. y S. K. VIK, Praceedings of Oceans. August 29-Sep. Recent advances in artificial reef technology. 1983. 1.
37. STEIMLE, F. W., Artificial reefs in the New York Bight: 50 years of experience. Marine Environmental Quality Committee. International Council for the Exploration of the Sea 1982. 62. C.M./E:
38. STONE, R. B., Marine Fisheries Review. Artificial reefs: Toward a new era in fisheries enhanacement. 1982. (6-7). 44
39. SOKAL, R. y F. J. ROHIF, Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ed. 1979. 832 p.
40. Química Nova-Thermos prays flame fornace atomic absorption.[www.scielo.br/scieb.php? Script=sci-artte](http://www.scielo.br/scieb.php?Script=sci-artte). 2007.
41. Fundación Entorno. Noticias.[www.fundación entorno.org/noticias/index.asp?cid](http://www.fundación entorno.org/noticias/index.asp?cid). 2007.
42. Aiken, K.A. y Haughton, M.O.1987. Status of the Jamaican ref. fishery and proposals for its management. Proc. 38<sup>th</sup> Ann Gulf & Caribb, Fish, Inst. Nov.1985 Martinique. University of Miami press; pp 469-484.
43. Aiken, K.A. y Haughton, M.O. 1987b. A management Plan of the Jamaican fishely informe para el ministerio de agricultura Ciencias y tecnología. 42 paginas. 2006.

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

44. Mario Álvarez Umana. “Arquitectura en línea-monografías-construcción.” Bogota Colombia. 2002.  
[www.arquitectura.com/arquitectura/monografias/desechos/desechos.asp](http://www.arquitectura.com/arquitectura/monografias/desechos/desechos.asp)
45. COSYDDHAC: Calle 24, #3007, Col. Pacífico, CP 31290, Chihuahua, Chihuahua, México. Tel. (14) 10-77-55; Fax (14) 15-04-86; Correo Electrónico: [cosyddhac@infosel.infosel.net.mx](mailto:cosyddhac@infosel.infosel.net.mx).
46. Texas Center for Policy Studies (Centro de Estudios Políticos de Texas): P. O Box 2618, Austin, Texas; USA Tel. (512) 474-0811; USA Fax (512) 474-7846; Correo Electrónico: [tcps@igc.apc.org](mailto:tcps@igc.apc.org).
47. National Citizens Alliance (Alianza Nacional Ciudadana) cuenta con una página Web en Internet: <http://www.cementkiln.com>
48. Downwinders at Risk (Los de Viento Abajo en Riesgo) también cuenta con una página Web en Internet: <http://www.cementkiln.com/downwinders/index.html>
49. Jim Schermbeck Downwinders at Risk 707 Wylie Cedar Hill, Texas 75104 (972) 293-8300
50. Republica/ Foros. [Foros.fox.presidencia.gob.mx/read.php?](http://Foros.fox.presidencia.gob.mx/read.php?)
51. Mayorga Pablo. Desechos sólidos especiales. CONADES/CONAMA.
52. Reglamento sobre el estudio de evaluación de impacto ambiental. CONAMA, julio 1988

## EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA

53. Seoul. Revista bimestral ilustrada de Corea, marzo/abril 1997.
54. Enciclopedia de la Ciencia y la Tecnología.
55. Diario ABC Color Digital. Asunción, 25 de noviembre de 2004  
<http://www2.irc.nl/source/lges/item.php/4795>
56. TIERRAMAERICA. Medio ambiente y desarrollo. Protocolo de Motreal 2007.  
[www.tierramerica.net/2002/0922/conectate.shtml](http://www.tierramerica.net/2002/0922/conectate.shtml).
57. Cambio Climático. Protocolo de Kyoto. Mayo 2007. [www.cambio-climático.com/protocolo-de-kyoto/44](http://www.cambio-climático.com/protocolo-de-kyoto/44)
58. CONTAMINACION. Wikipedia-la enciclopedia-libre. Enero 2007.
59. CONTAMINACION AMBIENTAL. Emisiones Industriales. Abril 2007.  
[www.conicet.gob.ar/becas/archivos\\_gral/2005](http://www.conicet.gob.ar/becas/archivos_gral/2005).
60. CONTAMINACION Y MEDIO AMBIENTE. Contaminación de suelos, aire y aguas. 2007. [usuarios.lyco.es/ambiental/-12k](http://usuarios.lyco.es/ambiental/-12k).
61. REVISTA INTERNACIONAL DE CONTAMINACION AMBIENTAL. Universidad Nacional Autónoma de México. 2007.
62. DIARIO OFICIAL 45.461 SABADO 14 DE FEBRERO DE 2004. Ministerio de Medio Ambiente.  
[www.acercar.orgwww.acercar.org.co/industria/legislacion/residuos/solidos/r1488\\_2003.pdf](http://www.acercar.orgwww.acercar.org.co/industria/legislacion/residuos/solidos/r1488_2003.pdf)

63. REPORTE DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. Combustión de fósiles en hornos.  
[www.geimexico.org/downs/reportes/2005%20Holcim%20Apasco\\_Final.pdf](http://www.geimexico.org/downs/reportes/2005%20Holcim%20Apasco_Final.pdf)
64. GACETA PARLAMENTARIA, JUEVES 26 DE ABRIL DE 2006.  
Quema de llantas en cementeras.
65. [gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/60/2007/abr/20070426-VI.html](http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/60/2007/abr/20070426-VI.html) - 521k
66. EL CALENTAMIENTO GLOBAL. Fred Pearce. Books. May 2007.  
[www.amazon.com/El-Calentamiento-Global-Fred-Pearce/dp/9706906029](http://www.amazon.com/El-Calentamiento-Global-Fred-Pearce/dp/9706906029)  
- 119k
67. LAS DOS CARAS DEL EFECTO. Adriana Patricia Cabrera. Junio 2006.  
[www.amazon.ca/Calentamiento-Global-Caras-Efecto-Invernadero/dp/9875503339](http://www.amazon.ca/Calentamiento-Global-Caras-Efecto-Invernadero/dp/9875503339) - 61k
68. CALENTAMIENTO GLOBAL. Revista Chilena de Historia Natural. 2007. [www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X20000003000003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X20000003000003&script=sci_arttext) - 33k –
69. UNA PALEOPERSPECTIVA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL. Que Es el calentamiento global? 2007.  
[wdc.cricyt.edu.ar/paleo/es/globalwarming/what.html](http://wdc.cricyt.edu.ar/paleo/es/globalwarming/what.html) - 14k
70. HOT WATERS MAKE IT HARD. Nature News. July 2007.  
[www.nature.com/news/2007/070101/full/070101-5.html](http://www.nature.com/news/2007/070101/full/070101-5.html)

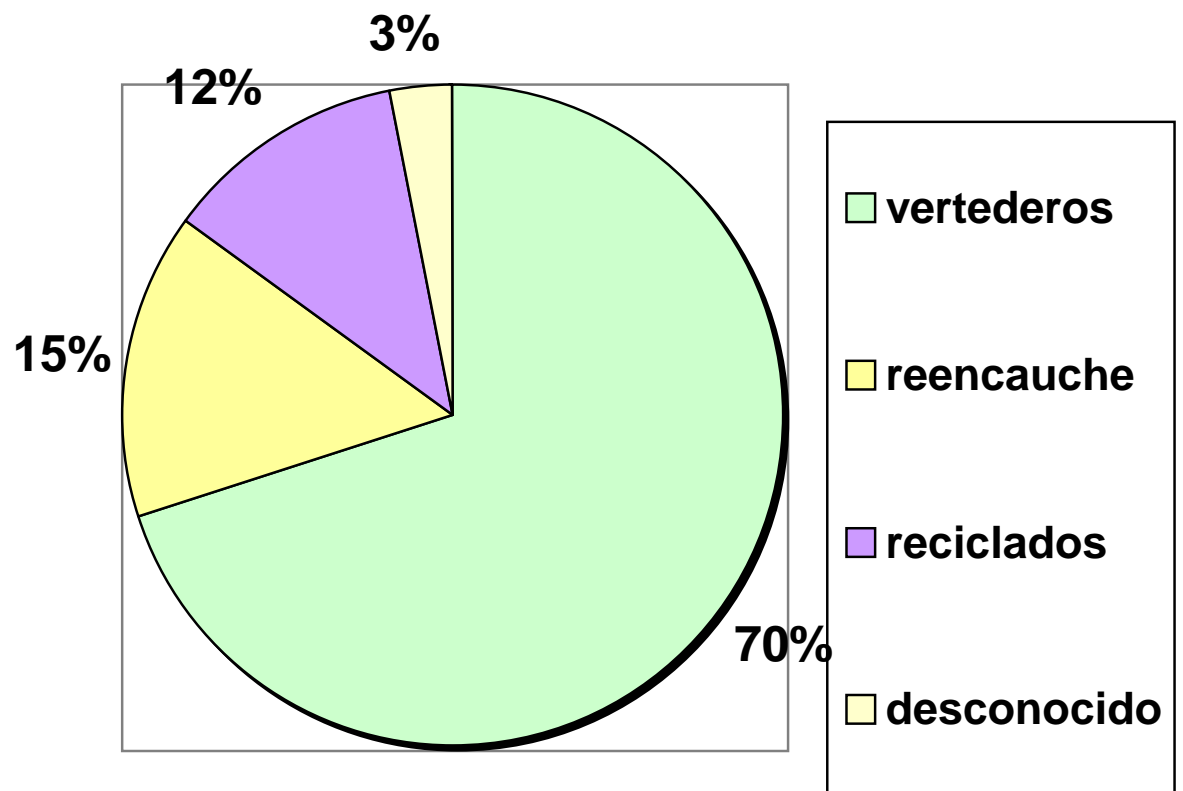
71. HULE, CAUCHO RECICLADO Y POLIMEROS SBS PARA ASFALTOS. Asfalto modificado con caucho reciclado de llantas. 2007.  
[www.e-asphalt.com/magazine/hule/index.htm](http://www.e-asphalt.com/magazine/hule/index.htm) - 11k
72. PUBLICACIONES DE LA ASOCIACION MEXICANA DE ASFALTOS. Asfaltos modificados con hule de llantas. 2007.  
[www.amaac.org.mx/tecasfaltomod.htm](http://www.amaac.org.mx/tecasfaltomod.htm) - 129k
73. OFICINA DEL FOMENTO PARA LA INVESTIGACION. Asfaltos modificados. Universidad Javeriana. 2007.  
[educan.javeriana.edu.co/ofi/paginas/contenido.asp?p=PUBL3&i=&app=DETALLE\\_PUBLIC&cPub=120](http://educan.javeriana.edu.co/ofi/paginas/contenido.asp?p=PUBL3&i=&app=DETALLE_PUBLIC&cPub=120) - 18k.
74. ARRECIFES ARTIFICIALES. Una Nueva Forma de Conservación. Venezuela 2007.  
[www.artificialreefs.org/ScientificReports/artificialreefbenefitsenespanol.pdf](http://www.artificialreefs.org/ScientificReports/artificialreefbenefitsenespanol.pdf)



## **EVALUACION DE OPCIONES PARA LA REUTILIZACION DE LLANTAS EN GUATEMALA**

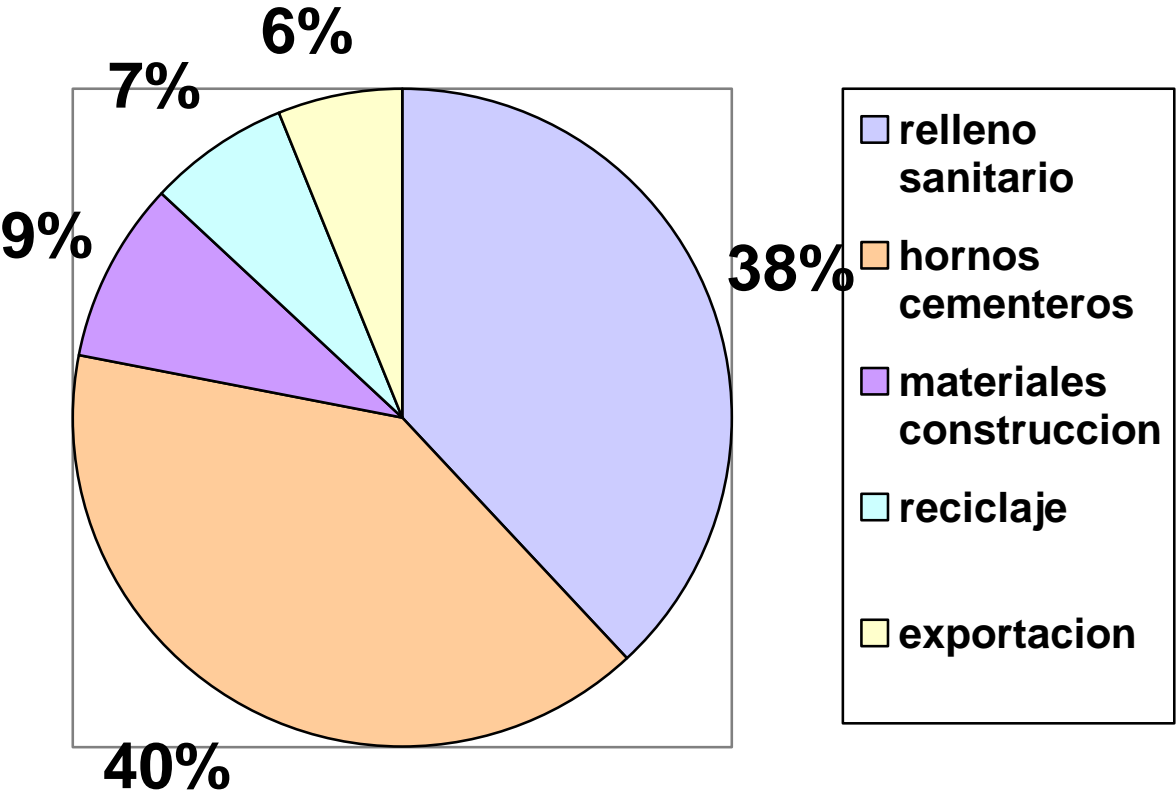
## ANEXOS

Figura 7. Distribución de las llantas usada en la ciudad de Guatemala.



Fuente: CONADES.

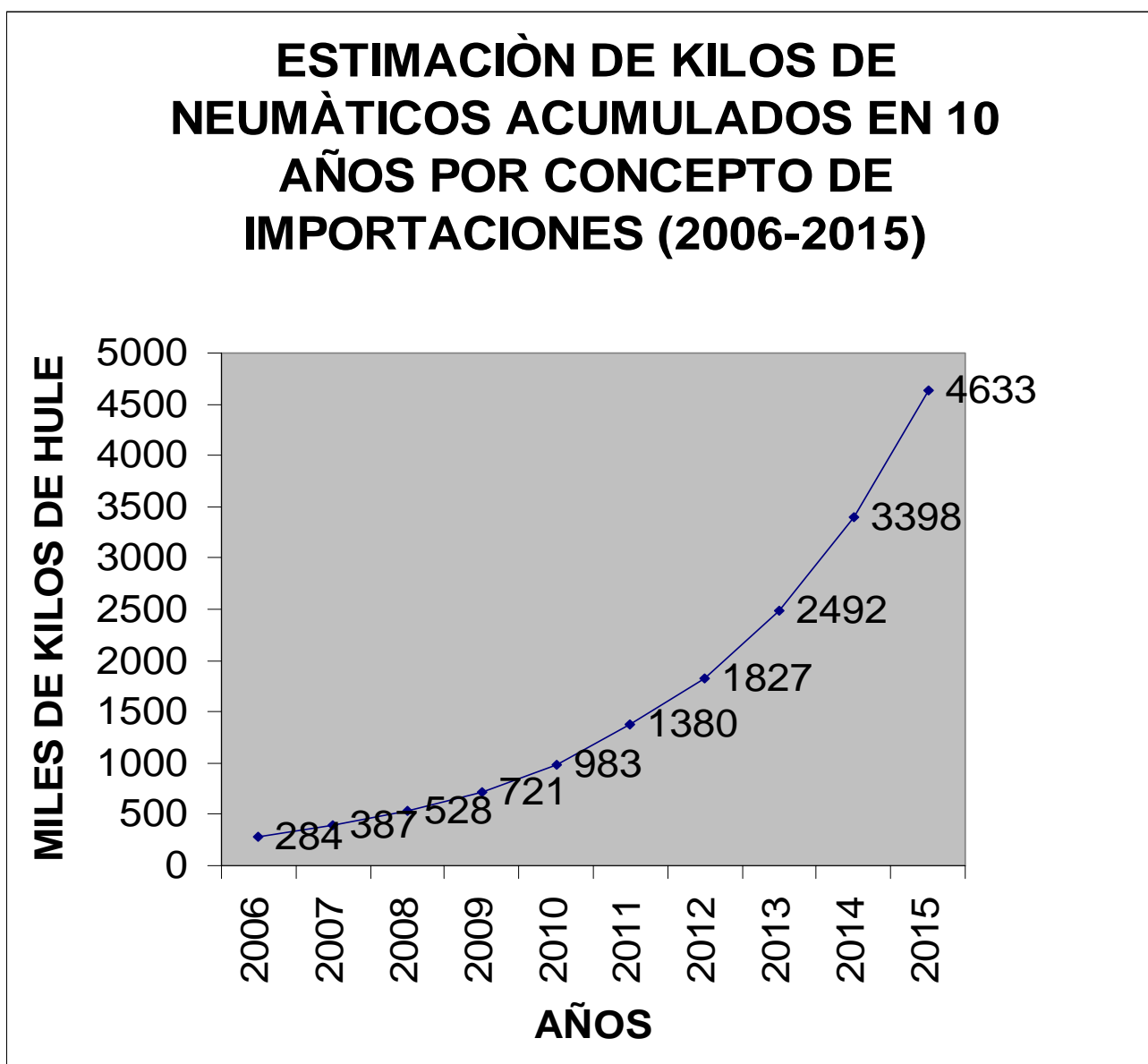
Figura 8. Distribución de las llantas usadas en Estados Unidos.



Fuente: CONADES

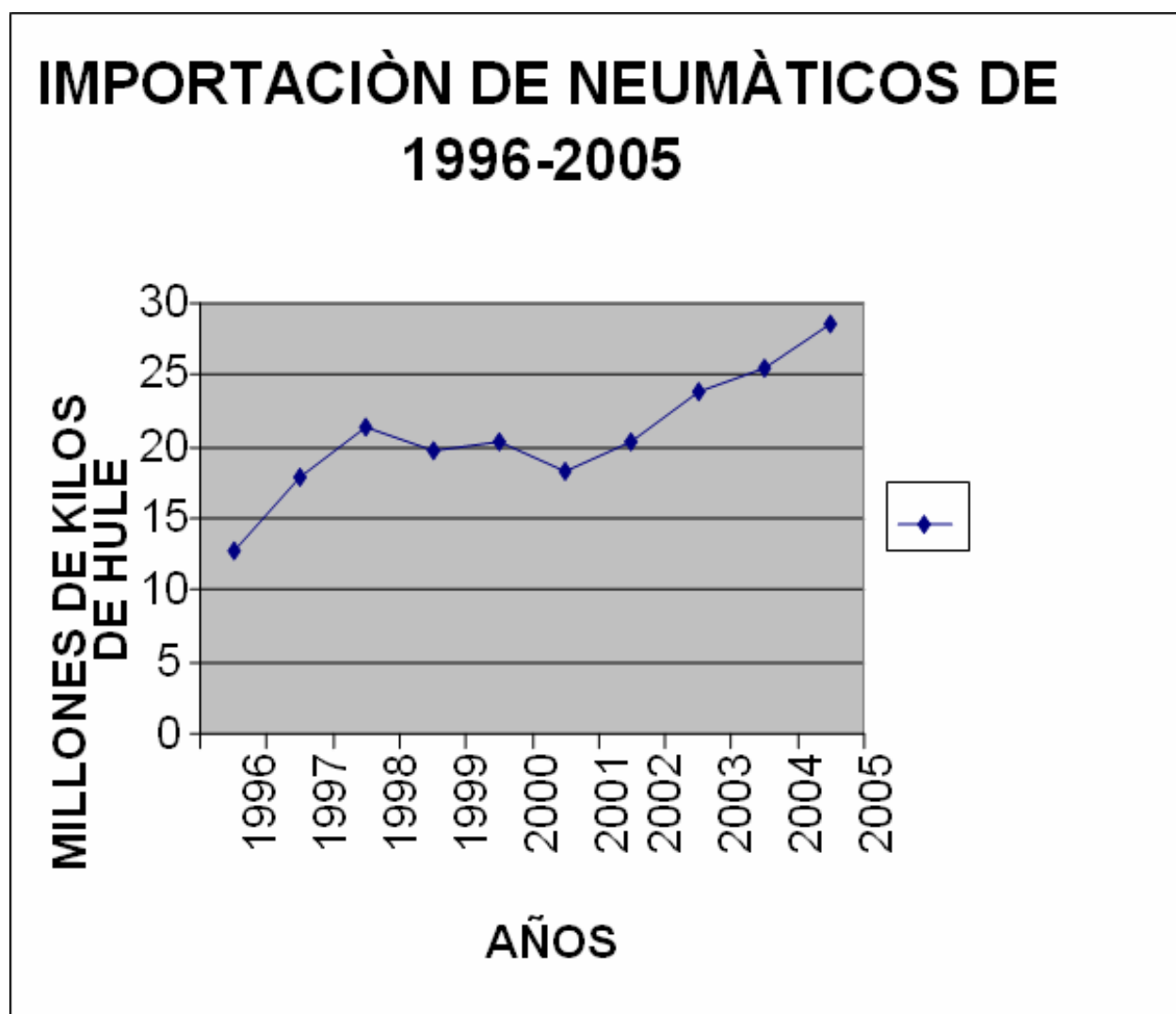
APÉNDICE

Figura 9. Estimación de kilos de neumáticos acumulados en Guatemala.



Fuente: Luz Maria Guevara Abauta.

Figura 10. Importación de neumáticos, Guatemala 1996 - 2005.



Fuente: Departamento de Estadística del Banco de Guatemala.