

51



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Facultad de Ingeniería
División de Ingeniería Civil, Topográfica
y Geodésica

MANEJO INTEGRAL DE LAS LLANTAS
USADAS Y SU APLICACION EN LA
INGENIERIA CIVIL

TESIS

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

presenta

ALONSO JAVIER GONZALEZ CORTES

FACULTAD DE
INGENIERIA



U N A M

México, D. F.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PAGINACIÓN DISCONTINUA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/008/02

Señor
ALONSO JAVIER GONZÁLEZ CORTÉS
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MIGUEL ANGEL GONZALEZ LOPEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"MANEJO INTEGRAL DE LAS LLANTAS USADAS Y SU APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL"

- INTRODUCCIÓN
- I. RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN
 - II. SITUACIÓN ACTUAL
 - III. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES
 - IV. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN
 - V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitario a 14 enero 2002
EL DIRECTOR

M. C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GEB/GMP/mstg

**A mis padres,
que han puesto todo su empeño
para brindarme el apoyo
necesario para salir adelante.**

**A mis hermanos,
que han estado conmigo
en cada paso que doy.**

**A mi familia,
que han estado siempre
pendientes de mi desarrollo.**

**A Elia,
que ha sido mi motor
durante esta carrera.**

**TÍTULO: MANEJO INTEGRAL DE LAS LLANTAS USADAS Y SU
APLICACIÓN EN LA INGENIERÍA CIVIL.**

CAPÍTULO 1

**RECOPILACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA
INFORMACIÓN**

1. Recopilación de la información.
 - 1.1. Definición de llanta neumática.
 - 1.2. Propiedades de las llantas.
 - 1.3. Partes de una llanta.
 - 1.4. Aportaciones históricas.
 - 1.5. Materia prima básica para la producción de llantas.
 - 1.6. Proceso de producción de llantas.
 - 1.6.1. Composición fisicoquímica de las llantas.
 - 1.6.2. Proceso de manufactura de las llantas.
 - 1.7. Clasificación de las llantas
 - 1.7.1. Tipos de llantas según el tipo de transporte.
 - 1.7.2. Clasificación por su tamaño
 - 1.8. Principales usos de las llantas desechadas.
 - 1.9. Directorio de fabricantes de llantas.
 - 1.9.1. Asociaciones
 - 1.9.2. Cámara comercial.
 - 1.10. Tecnologías disponibles para el manejo, tratamiento, reciclaje y disposición final de las llantas de desecho.
 - 1.11. Legislación nacional e internacional.
 - 1.11.1. Legislación Nacional.
 - 1.11.2. Legislación internacional.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL

2. Situación actual.
 - 2.1 Cantidad de vehículos a nivel nacional.
 - 2.2 Producción anual de llantas.
 - 2.3 Generación de llantas usadas.

- 2.4 Prácticas de eliminación de llantas usadas.
 - 2.4.1 Relleno Sanitario.
 - 2.4.2 Almacenamiento al aire libre.
 - 2.4.3 Combustibles alternos.
- 2.5 Problemática ambiental.
 - 2.5.1 Riesgos.
- 2.6 Estudio del marco jurídico.

CAPÍTULO 3

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

3. Tecnologías disponibles.

- 3.1 Tecnologías no convencionales.
 - 3.1.1 Diques.
 - 3.1.2 Arrecifes artificiales.
 - 3.1.3 Rompeolas y flotadores.
 - 3.1.4 Terraplenes para carreteras.
 - 3.1.5 Protección para cascos de barcos.
 - 3.1.6 Protección de taludes.
 - 3.1.7 Elevación de casas.
 - 3.1.8 Barreras parachoques.
 - 3.1.9 Aplicación en ingeniería civil.
 - 3.1.10 Otros
- 3.2 Tecnologías convencionales.
 - 3.2.1 Tratamiento térmico.
 - 3.2.1.1 Incineración.
 - 3.2.1.2 Pirólisis.
 - 3.2.1.3 Termólisis.
 - 3.2.2 Trituración
 - 3.2.2.1 Trituración o molienda mecánica.
 - 3.2.2.2 Trituración Criogénica.
 - 3.2.3 Regeneración del caucho.
 - 3.2.4 Asfaltado
 - 3.2.4.1 Formas de aplicación.
 - 3.2.5 Renovación.
 - 3.2.6 Otros.
 - Monorrelleno.
 - Usos Agrícolas.
 - Compactación de llantas.
- 3.3 Fichas técnicas.

- 3.3.1 Trituración
- 3.3.2 Incineración
- 3.3.3 Asfaltado
- 3.3.4 Renovado
- 3.3.5 Regeneración de caucho
- 3.4 Impacto ambiental generado por las tecnologías convencionales.
 - 3.4.1 Incineración en México
 - 3.4.2 Contaminantes generados en la incineración de residuos peligrosos en hornos de cemento
 - 3.4.3 Acciones de las autoridades frente a este problema
 - 3.4.4 Intereses comerciales que promueven la incineración de residuos peligrosos en hornos de cemento

CAPÍTULO 4

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

- 4. Propuestas de solución.
 - 4.1 Generación de llantas.
 - 4.2 Regionalización
 - 4.3 Tecnologías existentes en el país.
 - 4.4 Tecnologías aplicadas en otros países.
 - 4.5 Programa para el plan de manejo integral de llantas usadas.
 - 4 5 1 Objetivos y Metas
 - 4 5 2 Concepto Básico y Alternativas.
 - 4 5 3 Estrategias
 - 4.6 Sistema de entrega a las empresas recicladoras.
 - 4.7 Sistema de comercialización de los productos derivados de las llantas usadas
 - 4.8 Marco jurídico para implantar el programa.
 - 4.9 Propuestas de solución
 - 4.9.1 Aplicación de la tecnología existente en el país.
 - 4.9.2 Aplicación de la tecnología existente en otros países.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

Introducción

La disposición final de los residuos sólidos, es la última etapa del proceso que siguen éstos a partir de su generación. Durante varias décadas, esta actividad no representó un problema serio para las autoridades encargadas del servicio de aseo urbano, ya que bastaba con llevar los residuos sólidos fuera de los núcleos urbanos para evitar el impacto visual y las molestias que podían ocasionar a la población. Además, la cantidad en que eran producidos y las características en su composición permitían que los mismos sólidos se reintegraran rápidamente al ciclo natural sin ocasionar daños al ambiente.

Sin embargo, el problema de la explosión demográfica y el desarrollo tecnológico de todo el país, ha estimulado un cambio en los hábitos de consumo de la población, incidiendo en la generación de grandes cantidades de residuos sólidos en los centros poblacionales, rebasando la capacidad de la naturaleza para neutralizar los problemas de contaminación ambiental que se asocian con la disposición final de los mismos. Esto se ha visto adicionalmente agravado, debido a que el citado desarrollo tecnológico, también ha cambiado la naturaleza de los residuos que se generan, llegando a producir lo que en algunos casos ahora se conoce como residuos especiales, que son difíciles de degradar por medios naturales.

Tal es el caso de las llantas usadas, las cuales representan el 11.2% de los residuos sólidos generados y que por sus características hacen difícil el control y disposición final de dichos residuos, al manejarse comúnmente de forma conjunta con éstos, ya que el 75% del espacio que ocupan es hueco y por tanto ocupado por aire.

La disposición inadecuada de las llantas, afecta a la salud y al medio ambiente, sin embargo, aún no se llevan a cabo las soluciones adecuadas para remediar este grandísimo problema. Existen algunas formas de darles un reuso o reciclaje a las llantas, más, sin embargo, éstos aún son insuficientes para la disminución de estos desechos, en cantidades apreciables. El desarrollo de dichos métodos de manejo y disposición, así como sus mercados de uso final, son indispensables para resolver el problema de disposición final de las llantas.

El mayor problema que se encuentra en la disposición final inadecuada de las llantas es el aspecto ambiental que tiene como consecuencia el almacenamiento al aire libre, esto se debe a que comúnmente quedan expuestas a los intemperismos ambientales a través de cuyos efectos y por las características propias de las llantas mismas, se convierten en un sitio adecuado para la proliferación de fauna nociva, tal es el caso de los mosquitos, roedores, cucarachas, arañas, moscas, etc.

Otros de los riesgos que se tiene es la propagación de incendios, los cuales pueden generar al menos 38 tipos de compuestos distintos, los cuales son altamente contaminantes y donde algunos son mutagénicos o cancerígenos. Estos incendios, también afectan a la atmósfera y pueden llegar a dañar cuerpos de agua cercanos al sitio del incendio.

Además, las llantas tardan más de 300 años para degradarse y no se adhieren ni se incorporan al suelo, por el contrario emiten gases a la atmósfera poco a poco y esto a su vez puede ser causa de otro problema ambiental.

El objetivo de este trabajo es realizar un proyecto para establecer las bases de un Programa de Manejo Integral de Llantas Usadas, con el fin de detener los efectos negativos al ambiente y la salud del ser humano, que actualmente son generados como consecuencia del manejo y la disposición final inadecuados de las llantas que se desechan en el territorio nacional.

A continuación se mencionará brevemente el contenido de los capítulos que se incluyen.

En el capítulo uno se hablará sobre la recopilación de información referente a llantas usadas, tanto a nivel nacional como internacional. Así como se determinarán las características fisicoquímicas y proceso de producción de las llantas.

En el capítulo dos se realizará un diagnóstico de la situación actual sobre el consumo y generación de llantas, así como la problemática ambiental que generan al término de su vida útil. Además se identificarán las prácticas más comunes de eliminación de llantas usadas. Se elaborará un directorio en el cual se incluirán todos aquellos actores involucrados en el manejo de llantas usadas. Se evaluarán los aspectos legales que a nivel nacional e internacional regulan el manejo de las llantas usadas.

El capítulo tres trata de describir las tecnologías existentes tanto a nivel nacional como internacional, para el reciclamiento de las llantas usadas. Y evaluar las posibilidades de implantar una o varias de las tecnologías existentes para el reciclamiento de llantas usadas, en algunas regiones del país.

El objetivo del capítulo cuatro es definir una propuesta de solución para el diseño y dimensionamiento de un Programa de Manejo Integral de Llantas Usadas.

Por todo lo anterior, es de suma importancia que las autoridades ambientales de nuestro país desarrollen proyectos para contrarrestar este problema ambiental que día a día trae consecuencias más graves.

Capítulo 1. Recopilación, análisis y evaluación de la información.

■ Introducción

Día con día en todo el mundo se producen neumáticos para distintos tipos de vehículos, pero sólo pocas personas se preocupan por lo que pasará cuando esas llantas hayan llegado al final de su vida útil, sobre todo en nuestro país resulta raro pensar que se le puede dar un uso diferente al de su fabricación. Para podernos dar cuenta de los usos que se le pueden dar a un neumático usado y mitigar la contaminación ambiental que producen, es importante saber qué es una llanta, cuáles son sus propiedades, cómo se fabrica y qué materiales se utilizan, su clasificación, sus principales productores así como la legislación nacional e internacional de su manejo al ser desechadas, en este capítulo se hablara de todos estos conceptos y se mencionarán también algunos ejemplos de medidas que se han tomado en otros países para contrarrestar esta situación.

1.1 Definición de llanta neumática.

Existen diversos términos con los que se puede definir a una llanta neumática, de los cuales se puede decir que:

Una llanta neumática, es un elemento elástico de las ruedas de los vehículos con una envoltura que contiene aire a presión, la cual tiene por objeto soportar las cargas que actúan sobre el vehículo y transmitir al terreno las fuerzas necesarias para el movimiento. Esta constituida por una *cubierta*, banda de rodadura de goma labrada, que tiene la finalidad de evitar el derrape del vehículo; una *carcaza*, estructura resistente, formada por capas de hilos o de cables incorporados en el caucho, y una *cámara de aire* (ausente en aquellas llantas neumáticas en las que la presión de aire está asegurada por una mezcla especial con la que se recubre el interior de la carcasa).

1.2 Propiedades de las llantas.

Las llantas están constituidas por diversas propiedades como la dureza, la cual tiene la finalidad de que la llanta difícilmente pueda estropearse y descomponerse.

Las llantas enteras tienen un poder calorífico de aproximadamente 8300 Kcal/Kg, una llanta entera de automóvil de pasajero normal, proporciona bastante combustible para producir la electricidad para una casa pequeña durante el día.¹

1.3 Partes que constituyen una llanta.

Es importante conocer las partes que constituyen una llanta, esto con el fin de conocer cuales se pueden reutilizar o reciclar al final de su vida útil.

Las llantas están formadas por diversas partes que en general se pueden considerar las siguientes: la banda de rodadura, el cuerpo y las cuentas.

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

Su *cuerpo* está 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 cubre con textil.

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

Cinturón estabilizador: en su mayoría son de acero y proporcionan resistencia a la llanta, estabiliza la banda de rodamiento y protege a esta 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 está especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie, proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial.

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

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

¹ 'Pavimentos asfálticos con neumáticos de deshecho. La opción más ecológica para un residuo en aumento', J. Gallego Medina, R. Tomás Raz y M. A. del Val Melus. Revista Residuos, Nº 46, Madrid, 1999.

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 rin.

En la figura 1.1 se presentan las partes que constituyen una llanta.

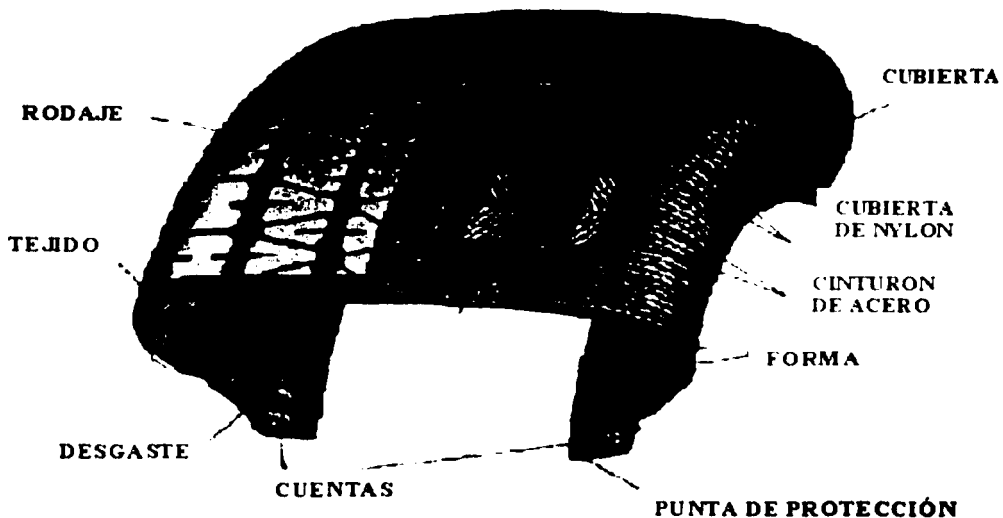


Figura 1.1 Anatomía de la llanta.

Fuente: INCREMI, S A DE C V

1.4 Aportaciones históricas

John Boyd Dunlop inventó la primera llanta neumática de hule (caucho). Esta llanta presentaba las siguientes características: hueca, tubular, llena de aire, con la particularidad de que iba fija a la rueda. Este tipo de llanta se utilizó en un principio para las bicicletas

En 1895 hizo su aparición la llanta neumática desmontable inventada por los hermanos Michelin en Francia. Este tipo de llanta proporcionó una mayor facilidad en el cambio y reemplazo, ya que poseía un mejor rodamiento y con ello una mayor velocidad,

magnífico amortiguamiento a los golpes, estabilidad en el manejo y gran acción antiderrapante.

No obstante este tipo de llanta, significa un gran adelanto; pero seguía observándose en ella algunos inconvenientes, tales como: el ser susceptible a reventones y ponchaduras; sufrían calentamientos y con ello, reducción de su duración y distaba bastante todavía de un satisfactorio agarre o adherencia al piso sobre todo en curvas.

Con el tiempo se fueron introduciendo mejoras en su fabricación para reducir estos inconvenientes. Fueron ideándose diversos dibujos de la cubierta, (con el propósito de identificarlas dependiendo de su uso: altas velocidades, servicio urbano, trabajos agrícolas, etc.); también se cambió la forma sumamente curva de la superficie de rodamiento de la llanta, que era completamente tubular (como la de la bicicleta), dándole una curvatura menos pronunciada (con ello se logró una mayor adherencia al piso); se aumentaba el número de capas para incrementar su resistencia; se aplicaron "ventilas" a sus paredes cerca de los hombros (para disminuir su calentamiento).

La llanta neumática con cámara predominó durante varias décadas, que data desde los comienzos del siglo pasado, a lo largo de las dos guerras mundiales, hasta el año de 1947 en que se registró un extraordinario acontecimiento que marcó otro hito más en la historia de la industria de la llanta.

En 1954, en México se empezó a utilizar la llanta sin cámara, este tipo de llanta reunía todas las ventajas de la llanta convencional con cámara, y ofrecía otras ventajas adicionales tales como: reducción del peso de la llanta, menos fricción y calentamiento (por ende mayor duración), menos susceptibilidad a reventones y con ello, un mayor índice de seguridad. En muy poco tiempo, la llanta sin cámara logró una aceptación universal. Marcó una nueva era en materia de seguridad automotriz y constituyó la mayor innovación en la historia de la industria llantera.

La llanta de capas radiales fue producida primeramente por la firma Michelin en Francia, en 1948. La llanta convencional, tanto con cámara o sin cámara se construye con cuerdas que se disponen diagonalmente en capas alternadas a unos 35° de ángulo en relación con el rin. La innovación de la llanta radial consistía en que las cuerdas se extienden transversalmente, de una ceja a otra del rin, a un ángulo de 90° con respecto a la dirección de avance de la llanta. Las cuerdas no se cruzan ya que todas se extienden en la misma dirección colocadas radialmente. De ahí se denomina llanta de "cuerdas radiales" o "llanta radial".

1.5 Materia prima básica para la producción de llantas

La materia prima que se emplea en la producción de las llantas es la siguiente:

- a) 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, buena adhesividad; y para las cejas deberán ser muy duros.

- b) **Materiales textiles:** Estos serán los que soporten el aire, golpes, calor, etc., y para su mejor funcionamiento se recubren de hule, formando las capas de la llanta, cuyo número se diseñará según la resistencia de ésta. Las capas por su naturaleza podrán ser de nylon, poliéster, rayón, etcétera.
- c) **Alambre de acero:** principalmente en la ceja para dar la firmeza necesaria a la llanta al montarla en el rin. Así como, servir de sostén a las capas de las llantas.

1.6 Proceso de producción de los neumáticos

1.6.1 Composición fisicoquímica de las llantas

En el cuadro 1.1 se presentan los principales componentes que conforman a una llanta.

Cuadro 1.1
Composición fisicoquímica de las llantas en general

MATERIAL	COMPOSICIÓN %
Caucho natural	14-27
Caucho sintético	27-14
Carbón	28
Acero	14
Fibra	2
Químicos (aceite, sulfuros, óxido de zinc, antioxidantes, etc.)	15
Peso promedio	11.35 Kg

FUENTE www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/tirecycl.htm; New York University

La composición fisicoquímica de las llantas para camiones y automóviles se presenta en el Cuadro 1.2

Cuadro 1.2
Composición fisicoquímica de las llantas para camiones y automóviles

MATERIAL	COMPOSICIÓN (%)	
	CAMIONES	AUTOMÓVILES
Caucho Natural	27	14
Caucho Sintético	14	27
Negro de carbón	18	28
Acero	15	15
Protegido rellenos	16	16
Peso de la llanta Nueva	54.48 Kg	11.35 Kg
Peso de la llanta Usada	45.40 Kg	9.08 Kg

FUENTE James E. Marque, Burak Erman, Frederick R. Eirich, "La Ciencia y Tecnología del Caucho", 1994

En la figura 1.2 se representan los porcentajes de los materiales que componen a una llanta para camión.

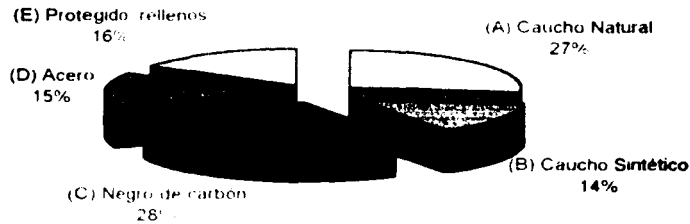


Figura 1.2 Composición de las llantas para camiones

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

En la figura 1.3 se representan los porcentajes de los materiales que componen a una llanta para automóvil.

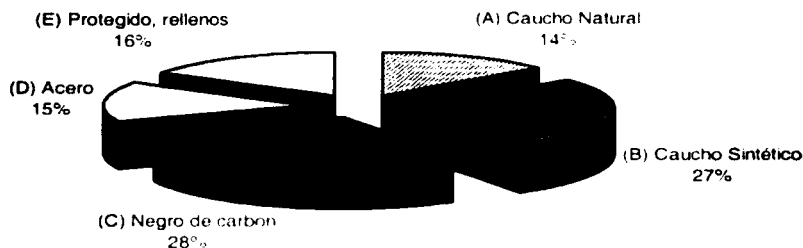


Figura 1.3 Composición de las llantas para automóviles

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

1.6.2 Proceso de manufactura de las llantas.

El proceso de manufactura de las llantas, se realiza de dos formas: con caucho natural y con caucho sintético.

El Proceso consiste en mezclar el caucho, las sustancias químicas (aceites o resinas plastificantes), los aceleradores y el negro de humo, hasta que se homogeneicen, esto se realiza en mezcladores grandes (como el Banbury). El caucho caliente es amasado hasta obtener una consistencia gomosa, posteriormente esta mezcla se saca y se alimenta a un Peletizador el cual forma bolitas de caucho pequeñas, las cuales se empujan hacia fuera.

En tanto, el textil se impregna en latex y se sujeta a un tratamiento de estabilización. Las pelotillas de caucho se amasan de nuevo hasta obtener una textura gomosa; posteriormente el caucho se amolda en una capa delgada que se aprieta en cada lado del tejido. El tejido cubierto se corta longitudinalmente formando una capa que recorre el cuerpo interno de la llanta.

Al caucho, también se le aplica alambre de acero de alta tensión, cubierto de bronce; este consiste en enrollar varias cuerdas del alambre cubierto con caucho en un aro y se cosen con cordón de nylon para formar cada una de las dos cuentas.

Otro lote de caucho se alimenta empujando con fuerza al caucho suave, a través de un dado distribuyéndolo, para crear una faja que tiene la forma básica de la banda de rodadura.

El tejido, talón y cubierta se combinan en una máquina de construcción para la llanta, en su ensamblaje se aplican capas de textil a un tambor rotatorio formando el centro interno, entonces se ensambla un talón del alambre alrededor de cada extremo del tambor, el tejido se cubre de nuevo con talones, y finalmente se colocan las envolturas de caucho que se envuelven alrededor de las otras partes.

1.7 CLASIFICACIÓN DE LAS LLANTAS.

1.7.1 Tipos de llantas

Las llantas se clasifican según el tipo de transporte que las utilice:

- Automóvil
- Autobuses
- Camionetas
- Agrícolas
- Industrial
 - Camiones
 - Montacargas
 - Motoconformadores
 - Grúas
 - Cargadores
 - Tractores
 - Relleno antiponchaduras
- Maquinaria pesada
- Otros:
 - Bicicleta
 - Motocicleta
 - Aviones
 - Carritos de tiendas de autoservicio
 - Sistema de transporte eléctrico (metro, trolebús)
 - Carretillas

1.7.2 Clasificación por su tamaño

Existe una amplia variedad de tamaños de las llantas. El tamaño normalmente es indicado por un código como por ejemplo: **P205/75R14**; la letra **P** identifica una llanta para automóvil de pasajeros; el número **205** es la anchura de la llanta medida en milímetros; el número **75** es la relación altura/anchura; la letra **R** indica que es radial y **14** indica que la llanta encajará en un borde (36 cm) en diámetro.

Una llanta P205/75R14 se usaría en un automóvil mediano; un automóvil grande podría usar una clasificación P225/75R15 y un automóvil compacto podría usar un P155/80R13. (*NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-086-SCFI-1995, INDUSTRIA HULERA-LLANTAS PARA AUTOMOVIL-ESPECIFICACIONES DE SEGURIDAD Y METODOS DE PRUEBA (modifica a la NOM-086-SCFI/SCT-1994)*).

1.8 PRINCIPALES USOS DE LAS LLANTAS DESECHADAS

Los principales usos de las llantas desechadas se presentan en el Cuadro 1.3, donde se describen los usos cuando se encuentran enteras y cuando es necesario procesarlas.

Cuadro 1.3
Principales usos

LLANTAS ENTERAS	LLANTAS PROCESADAS
Arrecifes artificiales	Trituración
Rompe olas artificiales	Combustible en grano
Barreras para choques	Monorrelleno
Combustible	Pirólisis
Usos agrícolas	Compostaje de lodos
Rencauchamiento	Ingeniería civil

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

1.9 Directorio de fabricantes.

Para poder conocer la cantidad de llantas que se producen en México, así como las que se exportan e importan, es necesario conocer cuales son los principales fabricantes del país.

Actualmente sólo hay cinco fabricantes de llantas en el país, los cuales tienen diferentes Plantas. En el Cuadro 1.4 se presentan las principales firmas, su dirección, teléfono y representante.

Cuadro 1.4
Directorio de fabricantes

EMPRESA	DOMICILIO	TELEFONO	REPRESENTANTE
Goodyear	Tultitlán Edo. de México	55-99-44-58 58-99-44-76	Lic Pilar Bernal
Continental Tire Euzkadi	Lago Xochimilco No 364 Col Anáhuac C.P. 11320	25-81-28-00 Ext. 2972 Dir. 25-81-29-72 Fax 52-03-91-83	Ing Enrique Camacho Gaytán Ingeniero de Desempeño de Producto
Tornel	Vía López Portillo, Km 21.5 Col San Mateo Cuauhtepc	58-90-23-56 58-90-23-57	Lic Oscar Martín Romero Aldaco
Uniroyal (Michelin)	Cierre de instalaciones en México		
Firestone/Brigestone	Tlalnepantla, Edo. de México	55-65-65-88 55-65-64-88 Fax: 55-65-64-76	Lic Pedro A. Sanchez Gerente de Seguridad, Administración de riesgo y Calidad Total

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

1.9.1 Asociaciones

La única asociación correspondiente es la "Asociación Nacional de Llantas y Plantas Renovadoras" (ANDELLAC), ésta cuenta actualmente con 5000 socios, y su ubicación es:

Calle Cuauhtémoc #206

Col. San Pedro Ixtacalco (entre las Torres y la Viga)

Tel.: 56-96-56-54, 56-96-16-76 y 56-96-74-64

Fax: 55-79-11-24

Horario de Atención: Lunes a Viernes de 9:00 a 14:00 y 16:00 a 18:00

Gerente General: Rubén L. Albarrán y L.

1.9.2 Cámara comercial

La cámara comercial correspondiente es la Cámara Nacional de la Industria Hulera, la cual se encuentra ubicada en:

Manuel Ma. Contreras No. 133-115

Col. Cuauhtémoc

C. P. 65000

Tel.: 55-66-61-99 y 55-35-22-66

Fax: 55-35-89-17

Director General: Lic. Francisco Martha Hernández.

1.10 Tecnologías disponibles en el mercado mundial para el manejo, tratamiento, reciclaje y disposición final de las llantas de desecho.

Las medidas adoptadas para reducir el desecho de las llantas usadas son, la modificación de los procesos, la recuperación y el reciclaje.

La modificación de los procesos es un área en la que ha ocurrido un número importante de innovaciones tecnológicas. Tales innovaciones se han traducido en procesos productivos más eficientes, capaces de economizar energía y de aprovechar mejor las materias primas, así como de disminuir la generación excesiva de las llantas usadas, reduciendo con ello los costos de manufactura.

La recuperación y el reciclaje es una alternativa que en general, no requiere de inversiones por parte de los generadores, ya que son operaciones rentables.

Las tecnologías existentes a nivel mundial, se pueden clasificar como:

- Reutilización (sin alteraciones químicas ni estructurales)
- Regeneración
- Trituración criogénica
- Termólisis (ausencia de oxígeno)
- Incineración
- Trituración mecánica
- Pirólisis (microonda convencional)
- Rencauchamiento
- Reciclaje
- Almacenamiento
- Desvulcanizado
- Asfaltado

Todas estas tecnologías se describen detalladamente en el Capítulo 3, del presente estudio.

1.10 Legislación nacional e internacional.

1.10.1 Legislación Nacional

En cuanto a la Legislación Nacional, no se cuenta con ninguna Norma, Reglamento o Ley referente al manejo y disposición final de las llantas usadas.

1.10.2 Legislación Internacional

La información para conocer la legislación que existe a nivel internacional referente al manejo de llantas usadas se consultó en Internet, embajadas y expertos en el área.

El problema generado por las llantas usadas es de vital importancia en los países desarrollados, principalmente en Estados Unidos, donde cada estado regula la disposición final de las llantas. El resumen de esta legislación se presenta en el Cuadro 1.5

En Suecia existe un ordenamiento sobre el manejo de llantas creado en 1994, en donde las llantas usadas no se deberán disponer en rellenos sanitarios, únicamente un 20% de las que se generen.

Puerto Rico tiene una ley sobre el manejo de neumáticos. En ella contemplan los puntos de su manejo, autoridades responsables, importación, productor y vendedor, almacenamiento, manejo, tratamiento, exportación, disposición en rellenos sanitarios, fondo económico y las prohibiciones y penalidades.

Sin embargo, en países como Perú se prohíbe la importación de llantas, debido a los problemas ambientales y de salud que se han generado.

En el cuadro 1.5 se presenta un resumen de la legislación en Estados Unidos de Norteamérica representada con una nomenclatura que se explica después del cuadro.

Cuadro 1.5
Resumen de la legislación en Estados Unidos de Norteamérica

ESTADO	LÉGISLACIÓN Y REGULACION	FUENTE DE CONSULTA	REGULACIÓN Y TRANSPORTE	ALMACENAMIENTO PROCESO DE REGULACIÓN	DISPOSICIÓN Y RESTRICCIÓN	FINANCIAMIENTO INCENTIVOS MERCADO	INFORMACIÓN ADICIONAL
Alabama	2	10	10	5	3	4	7
Alaska	10	9	10	11	2	10	2
Arizona	10	13	5	2,5	1	7	7
Arkansa	12	13	5	2,5	1	4	10
California	12	13	5	2,5	2	3,4	6,8
Colorado	12	13	10	2	11	4	10
Connecticut	12	10	11	5	6	4	8
Delawer	2	10	5	6	6	7	13
Florida	12	13	5	7	2	7	6,8
Georgia	12	13	5	2,6	6	3,4	7
Hawai	12	10	11	5	6	4	11
Idaho	9	13	9	2	7	11	10
Illinos	2	13	5	1	7	3,4	6,8
Indiana	2	13	5	6	7	3,4	10
Iowa	2	13	5	6	7,8	4	6
Kansas	2	13	5	6	7	3	4
Kentucky	12	13	5	6	7	4	8
Louisiana	12	13	5	2	6	4	10
Maine	12	13	5	2	11	6	4,8
Maryland	12	13	5	2	7	3,4	3,6
Massachusets	12	13	5	2	7	3	8
Michigan	12	13	5	2	2	4,6	10
Minesota	12	13	5	2	7	11	4
Misisipi	12	13	5	2	11	11	10
Misuri	12	13	5	2	7	6	8
Montana	12	10	5	2	1	6	10
Nebraska	12	13	5	2	7	6	10
Nevada	12	13	5	2	6	4,6	10
New Hampshire	12	13	5	2	6	11	10
New Jersey	12	11	5	2	6	6	7,8
New Mexico	12	11	5	2	6	4	8
New York	12	10	5	2	6	3	8
North Carolina	12	13	5	2	14	6	10
North Dakota	12	13	5	2	11	11	10
Ohio	12	13	5	2	7	3,4	2
Oklahoma	9	13	11	2	14	6	8
Oregon	12	13	5	2	16	14	14
Pennsylvania	12	13	9	2	16	6	2
Rhode Island	12	13	5	10	6	6	10
South Carolina	12	13	5	10	2	6	10
South Dakota	12	13	9	2	6	6	8
Tennessee	12	13	5	2	15	14	8
Texas	12	13	5	2	2	15	14
Utah	12	13	5	2	10	6	7,10
Vermont	12	14	2	4	2	6	7
Virginia	12	13	2	3	14	7	4
Washinton	12	14	4	3	2	10	10
West Virginia	12	10	2	8	2	10	7
Wisconsin	12	13	5	5	2	4	2
Wyoming	12	10	2	2	14	10	10

Relación de la nomenclatura utilizada en el cuadro anterior.

1. Prohibición. Se prohíbe aceptar llantas usadas en los Rellenos Sanitarios
2. Regulación de tratamientos de desechos sólidos
3. Otorga licencias
4. Se crea financiamientos
5. Transporta y registra la cantidad de llantas que llegan
6. Recicla llantas usadas
7. Promueve incentivos para que se les de uso a las llantas nuevas
8. Las industrias aceptan a las llantas como combustible alterno
9. No hay Reglamentación
10. Sin Referencia
11. No es aplicable
12. Se crea legislación para uso y manejo de llantas usadas
13. Se regulan precios
14. Se están integrando nuevos programas
15. Reglamentos que se validarán en el 2000

1.10.3 Medidas que utilizó Estados Unidos y Canadá para el control de llantas usadas.

En Estados Unidos y Canadá, varios estados (Arizona, Florida, Illinois, Maryland, Minnesota y Oregon, en EUA y British Columbia en Canadá), 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 decidir que es lo que deben hacer y los dos estados menos desarrollados de la Unión Americana aún no comienzan a trabajar en su legislación específica para el manejo adecuado de las llantas usadas.

Minnesota

Este proceso se inició en 1985, con el estado de Minnesota como líder, al promulgar su Ley para el Reciclaje de Llantas Usadas, cuya creación fue motivada por la preocupación de las autoridades estatales por controlar una epidemia de encefalitis "La Crosse", enfermedad transmitida por los mosquitos que proliferan en el agua que se acumula en el interior de las llantas amontonadas al aire libre. Sin embargo, fue hasta 1994, cuando este estado logra el mayor avance con la eliminación de la acumulación de llantas usadas más grande que existía dentro de su jurisdicción territorial y hasta ahora sólo están pendientes de eliminar pequeñas y más aisladas acumulaciones de este tipo de residuos.

En el condado de Dakota, al sur de Minneapolis se planea continuar cobrando US\$ 4.00 (cuatro dólares americanos), por vehiculo en circulación (es decir, un dólar por llanta), para capitalizar el Fondo de Eliminación de Llantas Usadas durante cinco años más,

tiempo en el que se espera haber eliminado la mayoría de las pilas de llantas usadas y a partir de entonces dar seguimiento a la ejecución de los lineamientos legales anti-vertido.

El gobierno estatal de Minnesota, produce trípticos para educar a la gente, además la policía ayuda a identificar sitios con acumulaciones de llantas y posteriormente el Departamento de Recursos Naturales del estado, trabaja con los municipios involucrados e incluso se ha llegado a involucrar a los consorcios que construyen desarrollos habitacionales, para que colaboren con las acciones de limpieza.

El estado controla el otorgamiento de permisos para la recolección de llantas usadas y supervisa las instalaciones autorizadas para el aprovechamiento de estos residuos, para asegurar que el programa funciona adecuadamente. Los generadores, tienen que informar al Departamento de Recursos Naturales del estado, mediante los formatos creados para ello, cuál fue el destino final de las llantas (en dónde y quién estuvo a cargo) y quién las transportó.

La mayoría de las llantas usadas que se generan actualmente en el condado de Dakota, están siendo transportadas al condado vecino de Scott, a una planta generadora de energía que opera con combustible derivado de las llantas; sin embargo, las autoridades del condado de Dakota, trabajan en el otorgamiento de un permiso para que se instale una planta procesadora de llantas dentro de su propio territorio.

Illinois

La experiencia del estado de Illinois, cuya legislación se promulgó en 1989, es que se requieren cinco años para identificar y desarrollar los mercados y establecer la infraestructura requerida, antes de poder comenzar a hacer efectivas las prohibiciones legales. En este caso se inició cobrando U\$ 0.50 (cincuenta centavos de dólar), por vehículo, para tener fondos suficientes con los que se pudieran pagar los estudios e investigaciones que dieran idea de lo que se debe hacer e identificaran los mercados disponibles para las llantas usadas o sus derivados. Se identificaron dos nuevos mercados, el de las instalaciones para la combustión exclusiva de llantas y las instalaciones que actualmente queman combustibles sólidos y que pudieran utilizar el combustible derivado de las llantas, conjuntamente con el carbón que actualmente utilizan (las llantas son un combustible más limpio que el carbón). Se seleccionó la última opción debido a que era menos costosa su inversión inicial y el estado pagó las pruebas que fueron necesarias realizar para lograr la adaptación de los sistemas.

Una vez que las pruebas de combustión, resultaron ser satisfactorias, el estado comenzó a proporcionar fondos para las mejoras necesarias en las calderas de las plantas generadoras de energía o en los hornos cementeros, para que pudieran utilizar las llantas usadas, incluyendo los sistemas de carga de combustible y equipos de separación para retirar los residuos metálicos de cenizas de las llantas.

Este estado también ha experimentado con el asfalto polimérico modificado, incluyendo U\$ 500,000 (quinientos mil dólares) proporcionados a una empresa (Pace-Mat, Inc.), que desarrolló tecnología para la producción de juguetes, tapetes para vehículos, así

como alfombras para exteriores. Con el compromiso de que el estado adquiere cada año una parte de su producción de tapetes para vehículos, para su propia flotilla.

El cobro de los U\$ 0.50 por vehículo en circulación, feneció en 1994, pero en 1993 otra ley impuso una cuota de U\$ 1.00 (un dólar) por llanta reemplazada, para continuar capitalizando el fondo del Programa para Recuperación de Llantas Usadas, manejado por el departamento de Energía y recursos Naturales del estado de Illinois y con ello el programa ha sido capaz de eliminar tres millones de llantas en todo el estado, hasta 1999. El estado se ha comprometido a realizar la eliminación gratuita, de todas aquellas acumulaciones de llantas usadas que no rebasen las 1000 llantas y sean denunciadas por la población, siempre que ésta se comprometa a no volver a acumularlas. Incluso se han establecido centros de acopio en donde se reciben las llantas de los particulares, sin cargo alguno (no más de cinco llantas por persona por año), mientras que los establecimientos comerciales, industriales y las empresas transportistas, tienen la obligación de hacerse cargo del transporte y la disposición final de sus llantas usadas a través de los sistemas comerciales autorizados para manejo de llantas usadas.

Actualmente, el estado está proporcionando fondos a las prisiones estatales, para que adquieran trituradoras de llantas y que los internos puedan procesar las llantas usadas colectadas en los centros de acopio y posteriormente sean enviadas a las plantas de generación de energía.

La planta de Archer Daniels Midland Company en el condado de Decatur; Illinois fue la primera en implantar el sistema de generación conjunta (cogeneración) y actualmente utiliza alrededor de cinco millones de llantas por año. "Esta fue la primera empresa en iniciar el reciclaje de llantas como combustible. Fue a través de su esfuerzo que los programas del condado tuvieron éxito. El estado no habría logrado implantar el programa sin su apoyo" dice uno de los funcionarios estatales y agrega "Esto es lo que ha permitido que Illinois se convierta en un importador neto de llantas usadas".

Arizona

La incursión del estado de Arizona en el aprovechamiento de las llantas usadas, inició técnicamente en 1990 cuando se promulgó un instrumento legal que obliga a los comercializadores de llantas a recabar desde un 2% de sobreprecio de las llantas nuevas, hasta un máximo de U\$ 2.00 (dos dólares) por llanta; sin embargo, la ciudad de Phoenix ha estado utilizando las llantas usadas para pavimentar sus caminos desde la década de los 60's.

El estado escasamente poblado, genera alrededor de cuatro millones de llantas usadas al año y ha avalado 11 métodos diferentes de disposición final. Se prohíbe la disposición de llantas enteras en los rellenos, excepto en casos de emergencia, pero se permite el uso de monorrellenos (rellenos exclusivos para un sólo tipo de residuo) en los que se dispongan las llantas en trozos con dimensiones de al menos 0.1 x 0.1 m.

Durante el primer año del programa, hubo ofrecimientos de financiamiento a fondo perdido y más de la mitad de los fondos colectados en el estado se destinaron a

contratos para procesar todas las llantas del estado y convertirlas en polvo. En 1992, tres millones de llantas fueron transformadas en 17 millones de kilos de caucho granulado, que se vende como sellador para fracturas en el asfalto, materia prima para mangueras de jardinero o tapetes para uso exterior, revestimiento del piso de las cajas en camionetas y camiones de carga, revestimiento antifricción y revestimiento de superficies deportivas.

En 1993, cambió la legislación de Arizona y ahora los fondos se dividen entre los 15 condados. La distribución se realiza en función de las proporciones de vehículos correspondientes a cada condado. Debido a que algunos condados pequeños reciben solo unos cuantos miles de dólares, se han formado consorcios entre condados, en busca de eficiencia. En el segundo año del programa, un consorcio formado por 13 de los 15 condados, encabezado por el condado más grande que gobierna a la ciudad de Phoenix, otorgó un crédito a una empresa de pirolisis. Actualmente, este consorcio lanzó una convocatoria para otorgar financiamiento para la construcción de una planta de nueva tecnología para destilación al vacío.

Actualmente, sólo dos condados están utilizando la planta para fabricación de caucho granulado, por lo que el suministro de llantas ha caído y se requieren 3.5 millones de llantas adicionales por año, para que la planta pueda seguir funcionando. Por lo tanto se están explorando opciones para obtener esa cantidad de llantas de los estados vecinos.

La ciudad de Phoenix continua siendo un excelente mercado para cerca de 150,000 llantas usadas al año, utilizándolas en forma de asfalto polimérico que dura entre 80 y 100% más que el asfalto común, es 76% menos ruidoso, no se fractura y aunque es 50 o 60% más caro que el asfalto común, duplica su vida útil.

El programa estatal en donde los condados reciben fondos para establecer centros de acopio para llantas usadas, sin costo para los habitantes y comerciantes al menudeo han funcionado muy bien.

Florida

El Programa de manejo de llantas de Florida inició en 1988, a través del Departamento de Protección Ambiental, con la implantación de un cargo de U\$ 0.50 (cincuenta centavos de dólar) por llanta nueva vendida. En 1989 esa cuota se elevó a U\$ 1.00 (un dólar). El 55% de esos fondos se distribuye a los condados del estado, para sus programas de manejo de llantas usadas. Se prohíbe la disposición de llantas enteras en los rellenos del estado, pero se permite el uso de llantas trituradas como cubierta diaria.

Un funcionario del Departamento de Protección Ambiental, manifiesta que actualmente están colectando de 14 a 17 millones de llantas al año, de las cuales tres millones se destinan a renovado y el resto se reciclan, resaltando que el Departamento de Transporte de Florida ha acordado con el de protección Ambiental, que usará el 5% de llantas usadas en sus proyectos de pavimentación.

Los condados hacen sus peticiones de financiamiento a fondo perdido al estado, mediante una solicitud, los cuales son concedidos en base a una asignación per-capita. El estado también tiene su propio Programa de Abatimiento, a través del cual el Departamento de Protección Ambiental proporciona trituradoras móviles, para manejar las grandes acumulaciones de llantas, pero los condados tienen la obligación de hacerse cargo de los asuntos locales relacionados con las llantas, a través de los fondos que reciben.

En la mayoría de los condados de Florida, se ha preferido adquirir equipos portátiles, para que puedan ser utilizados en los diferentes sitios en que son requeridos y eso permite también ponerlos a disposición de otros estados cuando no están en uso.

El Programa Estatal, también ofrece a grupos u organizaciones no lucrativos, tales como los Boy Scouts la oportunidad de encontrar sitios con llantas vertidas ilegalmente y pagarles U\$ 1.00 (un dólar), por cada llanta que carguen a los contenedores proporcionados por el condado, para su remoción. Incluso las cárceles de los condados, forman cuadrillas de trabajo entre sus internos, para ayudar con la ejecución del Programa estatal y les pagan U\$ 2.00 (dos dólares) por día, para cargar llantas usadas a los contenedores, en las acumulaciones clandestinas.

Otro programa conjunto entre los dos Departamentos estatales ya citados, utiliza las llantas mezcladas con concreto, para crear barreras arrecifales para hábitat marino.

Oregon

El Departamento de Calidad Ambiental de Oregon colectó y distribuyó U\$ 1.00 (un dólar) por llanta de reemplazo desde 1988, cuota establecida por la ley que promulgó en 1987. El programa estatal ha proporcionado dinero para la limpieza de millones de llantas en pilas que se encontraban por todo el estado y autorizado centros de acopio, asegurando que estos negocios tendrán mercados reales para las llantas almacenadas.

No se permiten centros de acopio a menos que alguien pueda demostrar que cuentan con mercados legítimos.

Para estimular los mercados, se desarrollaron e implantaron con apoyo del gobierno, proyectos demostrativos para pavimentación de áreas rurales y urbanas y se comisionó expertos para diseñar una buena mezcla para el clima húmedo de Oregon. Al inicio el estado acostumbraba ofrecer un centavo de dólar por libra, a los usuarios finales de las llantas usadas, tanto dentro como fuera del estado. Actualmente, cerca del 84% de las llantas se destinan a combustible derivado de las llantas, el 13% a renovado y el 3% a otros usos.

La cuota de un dólar y la de un centavo de dólar por libra han sido discontinuadas, pero el estado conserva U\$ 1.5 millones (un millón quinientos mil dólares) obtenidos de sus diversos programas y que están disponibles para acuerdos intergubernamentales, de tal forma que las ciudades y los condados puedan limpiar sitios dañados con llantas,

aún no descubierto en áreas remotas, como la escasamente poblada área Este del estado.

La mayoría de las llantas de Oregon actualmente van a la Planta de Recuperación de Residuos de Portland, la única trituradora de llantas del estado, que procesa cinco millones de llantas al año, alrededor del 70% de las llantas del Noroeste, incluyendo las llantas de Oregon, Washington e Idaho. En la que se cobra U\$ 0.65 (sesenta y cinco centavos de dólar) por llanta de vehículo pequeño y \$ 3.50 (tres dólares 50/100) por llanta de camión. La empresa clasifica las llantas enviando del 10% al 20% para renovación, alrededor del 20% se hacen virutas para proyectos de ingeniería en los que se incluyen como sistema de drenaje de caminos u otra infraestructura y del 1% al 2% se hacen polvo de caucho, para aplicaciones en superficies deportivas y el resto se destina a combustible derivado de las llantas.

British Columbia, Canadá

La provincia de British Columbia, entre las recicladoras de llantas más avanzadas del Canadá, grava con U\$ 5.00 (cinco dólares) por llanta, para su fondo de llantas usadas y suministra dinero a los transportistas y procesadores de llantas. Gracias al Programa de tres años de antigüedad del Ministerio de Medio Ambiente, las llantas ahora están fuera del sistema municipal y es mucho mejor, según sus funcionarios. Se prohíbe recibir más de cuatro llantas por carga en los rellenos sanitarios, así que se ha eliminado la dificultad de manejar llantas dentro de las obligaciones del nivel municipal.

El sistema depósito-retorno, que se aplica en el comercio al menudeo, para las llantas de vehículos de pasajeros, para garantizar la recolección, ha hecho que casi el 100% de las llantas actualmente generadas, estén siendo procesadas. El programa estableció una fórmula para pagar a los transportistas, que toma en cuenta el peso de las llantas más el kilometraje hasta la planta procesadora.

El ministerio de Medio ambiente, acaba de autorizar un proceso fabril en Kamplous, que procesa 2,400 llantas por día y produce 2,400 galones de petróleo sintético, 6 toneladas de negro de humo y 4.5 toneladas de acero por año, los cuales tienen mercados muy fuertes. También produce un material para base de caminos que puede usarse en la industria minera.

Capítulo 2. Diagnóstico de la situación actual.

■ Introducción

Es de suma importancia, para poder atacar el problema sobre el manejo integral de las llantas, primero que nada saber en qué situación se está respecto a la producción de automóviles, de llantas, así como el manejo que se le da actualmente en algunos estados del país para darnos cuenta de la realidad y de donde se va a partir para resolverlo.

En el siguiente capítulo se presentará información estadística acerca de la producción de llantas nuevas y usadas, pero también las causas que produce el mal manejo que se les da actualmente.

En México, se producen alrededor de 25 millones de llantas¹, sería falso afirmar que anualmente se tira a la basura el total producido, lo que es un hecho es que el parque vehicular público y privado crece nacionalmente, por lo que tarde o temprano esos automóviles se ven en la necesidad impostergable de cambiar sus llantas.

Al desechar las llantas usadas, poco importa al usuario el manejo que se les dé posteriormente, desconocen que estas tardan para degradarse más de 300 años; además, no se adhieren ni se incorporan al suelo, por el contrario emiten gases a la atmósfera poco a poco y esto a su vez causa otro problema ambiental. Así mismo, el 75% del espacio que ocupa una llanta, es hueco lo cual ayuda a la acumulación de agua dentro de estos y así provocar la creación de mosquitos y larvas, los cuales pueden causar enfermedades, desde fiebre hasta otras más graves como el dengue. Por último, existe el riesgo potencial de un incendio no controlado, el cual generará gran cantidad de emisiones altamente tóxicas, investigaciones recientes han determinado la existencia de 38 compuestos, dentro de los cuales se encuentran algunos elementos cancerígenos y otros mutagénicos, que afectan tanto al ser humano como al medio ambiente.

Otro problema importante causado por el almacenamiento de llantas al aire libre es la proliferación de fauna nociva, como mosquitos, roedores, cucarachas, arañas, etc., ya que el clima y la ausencia de luz da como resultado un buen lugar para el hogar de estos.

¹ Cámara Nacional de la Industria Hulera

Al respecto, hay que mencionar que la tendencia mundial para el tratamiento de estos residuos es:

- Reducir el volumen que ocupan las llantas en los tiraderos municipales.
- Convertir la llanta usada en un producto de valor agregado.

Lo anterior, considerando un trabajo compatible con el medio ambiente, que garantice la reducción del riesgo que las llantas usadas presentan a la sociedad actual. Por esta razón es necesario que tanto los productores de llantas, en conjunción con los consumidores de los mismos, y las autoridades locales y federales, establezcan un mecanismo por medio del cual se garantice una disposición final, que comprometa los actuales requerimientos, con las necesidades ecológicas de las generaciones futuras.

Por otra parte, a pesar de que los residuos mencionados, representan tan sólo el 2.3% en peso, del total de subproductos recuperados en las plantas de selección, suponen un desafío especial de evacuación y reutilización por su tamaño, forma y naturaleza fisicoquímica.

2.1 Cantidad de vehículos a nivel nacional.

Actualmente, el autotransporte se ha convertido en un instrumento indispensable para el ser humano, es considerado como necesario para la mayoría de las actividades que desarrolla cotidianamente, pero también acarrear problemas ambientales como el generar una serie de contaminantes; que afectan al aire, agua y suelo. En este caso es importante sobre saltar la generación de llantas como parte de la afectación al medio ambiente en general.

Existen resultados publicados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, donde se cuantifica la existencia de automóviles a nivel nacional.

Dentro de esta parte de la investigación, sólo se tomaron en cuenta los siguientes tipos de vehículos: camiones de pasajeros, automóviles, camiones de carga, sistema de transporte eléctrico de la ciudad de México, trolebús (1995), tren ligero (1995), metro (1986); así como, camiones, tractocamiones, y autobuses integrales.

Se incluye la producción de vehículos automotores, hasta el mes de Marzo de 2000, donde la producción de automóviles era de 108,912 unidades; en el caso de camiones, tractocamiones y autobuses integrales es de 48,612. Dentro de los dos rangos anteriores según el INEGI, se incluye también "la producción orientada a la exportación; a partir de 1995 las cifras incluyen el reporte de producción a la Asociación Nacional de Autobuses, Camiones, y Tractocamiones, CC. (ANPACT)"².

² www.inegi.gob.mx

En el Cuadro 2.1, se presenta la información en el cual se incluye la región, unidades y el porcentaje promedio aproximado de auto transportes existentes.

Cuadro 2.1
Cantidad de transporte actual en el país

REGION	UNIDADES	%
FRONTERIZA	3,348,411	22.4
NORTE	1,076,275	7.2
CENTRO	8,819,476	59
SUR	1,704,102	11.4
TOTAL	14,948,264	100

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática

Se puede deducir que la zona más afectada por la estancia de automóviles es la región centro lugar donde se encuentra la mayor parte de la población, por tal motivo es donde se consumen la mayor cantidad de las llantas y a consecuencia de esto se genera mayor cantidad de desechos de las mismas. En segundo lugar se encuentra la región fronteriza, finalmente las zonas norte y sur en donde se percibe hay un índice mínimo de autotransporte. Resultando finalmente la cantidad de 14,948,264 unidades, hasta marzo del año en curso, equivalentes al 100% del total.

En la figura 2.1 se presenta la cantidad de transporte en el país en porcentaje de vehículos por región.

PORCENTAJE DE VEHICULOS POR REGION



Figura 2.1 Cantidad de transporte actual en el país

FUENTE: INEGI

2.2 Producción anual de llantas

En Mexico se producen anualmente aproximadamente 28 millones de neumáticos nuevos. En ellos se incluyen todo tipo de usos y medidas, desde las aplicaciones para automóviles privados, pasando por transporte público y de pasajeros, hasta las aplicaciones industriales para vehiculos especializados.

Cuadro 2.2
Producción de llantas por tipo de marca

FABRICANTES	LLANTAS/DÍA	LLANTAS/AÑO	%
Uniroyal	7.000	2.555.000	9
Goodyear	18.500	6.752.500	23
Firestone	14.500	5.292.500	19
Euzkadi	16.000	5.840.000	21
Tornel	10.000	3.650.000	13
General Tire	11.500	4.197.500	15
TOTAL	77,500	28,287,500	100

FUENTE: Sindicato de la Industria Hulera

En la figura 2.2 se presenta la producción anual de llantas de distintas compañías en porcentaje.

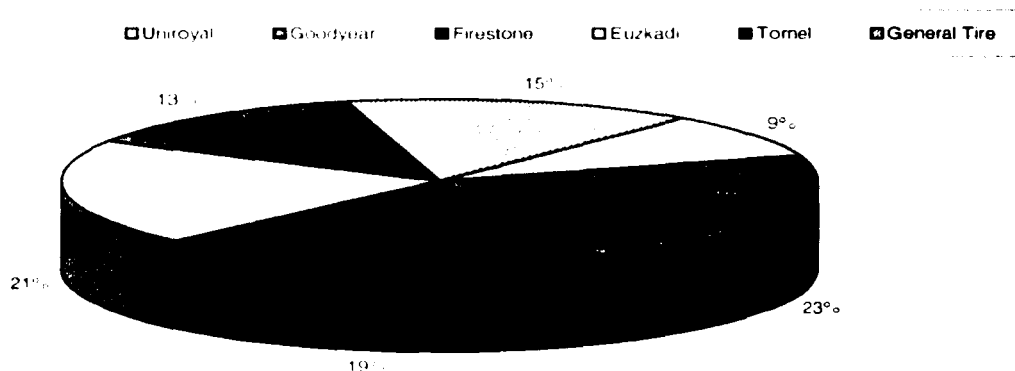


Figura 2.2 Producción anual de llantas por tipo de marca.

FUENTE: Sindicato de la Industria Hulera

2.3 Generación de llantas usadas

Debido a que únicamente en casos muy específicos y puntuales, se ha tenido la precaución de llevar un registro de las cantidades de llantas que se reciben o acumulan por unidad de tiempo, es muy difícil en un estudio de este tipo, calcular un indicador de generación para estos residuos. Se sabe que llegan al servicio de recolección de residuos municipales en forma atomizada y en pequeñas cantidades, por unidad de recolección. En consecuencia, se puede decir que será necesario realizar un estudio más profundo para determinar índices directos de generación, para este tipo de residuos, ya que actualmente sólo se pueden estimar índices en forma indirecta, es decir que dependan de otros criterios, tales como la cantidad de vehículos en circulación o la cantidad total de residuos recibidos por una instalación para el manejo de residuos municipales.

Por ejemplo, solamente en un caso (relleno de Tlalnepantla, Edomex), se tiene conocimiento de que por cada 1200 toneladas diarias de residuos municipales que se reciben para su disposición final, se sacan 27 m³ de llantas usadas³, que vienen mezcladas y aleatoriamente distribuidas entre dichos residuos y a partir de éste dato se puede estimar que si tomamos una densidad media para los residuos de aproximadamente 350 kg/m³, entonces las llantas ocupan un 0.78% del volumen total de residuos recibidos. A partir de los datos obtenidos durante el arranque y la operación del relleno sanitario regional de Orizaba, que estuvo a cargo de **Ingeniería para el Control de Residuos Municipales e Industriales, S.A. de C.V. (INCREMI)**, durante los meses de julio y agosto del presente año, se sabe que en promedio estuvieron llegando alrededor de 30 llantas usadas al día y el tonelaje promedio de recepción de residuos para ese mismo periodo fue de 169 ton/día, por lo que se deduce un índice de generación de llantas de 0.17 llantas/ton, pero si tomamos en consideración que únicamente se recibieron llantas de vehículos de los considerados chicos y que según la bibliografía, cada llanta de este tipo tiene un peso promedio de aproximadamente 9.5 kg, entonces se obtiene que esas 30 llantas al día representan un 0.16% en peso del total de residuos recibidos. Otra cifra interesante es la proporcionada por la Subdirección de Mantenimiento de Plantas, la Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal, en el sentido de que en sus **Plantas de Selección y Recuperación de Subproductos de Bordo Poniente y Santa Catarina**, se separan 54978 llantas por planta al año y se reciben 1500 ton/día de residuos municipales en cada planta⁴, por lo que resulta un índice de 0.10 llantas/ton de residuos recibidos, que equivalen a aproximadamente el 0.09% en peso. Estos resultados nos hacen pensar que la generación de llantas usadas se ve influenciada por una gran diversidad de factores, que debido a las limitaciones de alcance del presente estudio, no es posible investigar o evaluar a fondo.

³ Dato obtenido en una entrevista con el Gerente Operativo del Relleno Sanitario.

⁴ Proyecto de Manejo de Llantas de la Dirección General de Servicios Urbanos del Gobierno del Distrito Federal.

Por otra parte, en cuanto a los pasivos actualmente acumulados en el país, también es difícil estimar una cantidad, ya que son muy pocas las instituciones que en el país se han dado a la tarea de registrar las cantidades de llantas acumuladas en sus instalaciones o bien dentro de su jurisdicción territorial, tal es el caso del Gobierno del Distrito Federal y del estado de Baja California. En el primer caso, se reporta una cantidad de 300,000 llantas usadas, acumuladas a la fecha de terminación del presente estudio, en el área especialmente destinada para tal efecto en Bordo Poniente, en donde quedan a cielo abierto. Mientras que en el caso del Estado de Baja California, se reporta un total cercano a 1'400,000 (un millón cuatrocientas mil) llantas acumuladas y distribuidas como se muestra en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3
Cantidad de llantas acumuladas en Baja California

MUNICIPIO	NÚMERO DE LLANTAS	INSTALACIÓN DE ACOPIO	OBSERVACIÓN
ENSENADA	700,000	INOR (Junto a la carretera a Tijuana-Mexicali)	CLAUSURADO de Abandono de llantas.
MEXICALI	200,000 (+/- 25%)	LLANSET Confinamiento Acopio del Estado	Estas llegan y se sacan continuamente.
ENSENADA	500,000	Horno Cementero de Ensenada	Ya están en el tope. Tuvieron un conato de incendio en años pasados.
TECATE	----	---	---
TOTAL	1,400,000		

FUENTE: Dirección de Ecología del Estado de Baja California.

A lo anterior hay que considerar las llantas usadas que entran con permiso de importación, esto se debe a que actualmente existe un documento de concertación de acciones que suscribe la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), el Gobierno de Baja California (GBC), el Instituto Nacional de Ecología (INE), las Uniones y Federaciones de comerciantes de llantas usadas de la región fronteriza, la Cámara Nacional de la Industria Huelra (CNIH), la Confederación Nacional de Cámaras de Comercio de Servicios y Turismo (CONCANACO SERVYTUR) y las Cámaras Nacionales de Comercio locales, en relación a la problemática de la importación y reciclaje de llantas usadas, dicho documento permite la importación de llantas usadas en el estado de Baja California, la cantidad de llantas permitidas es de: Mexicali 118,046, Tijuana y Ensenada 78,346. Así mismo existe un permiso en el Estado de Sonora con las mismas características, donde únicamente se permite la importación de 554,730 llantas usadas.

Actualmente el Estado de Chihuahua busca obtener un permiso para la importación de llantas usadas.

También es evidente, que en los llamados talleres de "talachas", se encuentra una gran cantidad "atomizada" de llantas usadas, que cuando no están en condiciones de ser revendidas, son entregadas al servicio de recolección municipal de residuos, en el caso de los talleres más chicos, mientras que en los de mayor tamaño se contratan los servicios de renovadoras o recolectores particulares, para que las retiren. Sin embargo, es común ver que al abrir dichos talleres, los encargados de los mismos, saquen y apilen algunas llantas usadas, fuera de sus negocios, además de que en muchos casos conservan otra cantidad en el interior de los mismos. Estas llantas son conservadas y colocadas en las aceras con una doble finalidad, ya que comúnmente se trata de llantas que pueden ser consideradas por algunas personas con una utilidad residual, que las hace tener un cierto valor al poder utilizarlas como "llanta de refacción alterna", comúnmente conocidas como "gallitos". Mientras que por otra parte y en tanto no se vendan los "gallitos", sirvan como distintivo visual de la ubicación del taller de "talachas", para atraer en forma fácil y barata a los clientes que requieren de sus servicios. En estos casos la particularidad, es que debido al constante movimiento a que se someten estos pasivos, es común que no presenten problemas relacionados con la proliferación de fauna nociva. Debido a la gran cantidad de talleres que existen de este tipo en el país así como a la relativamente gran rotación de sus existencias, es muy difícil cuantificar las cantidades con que contribuyen tanto al mercado informal de llantas usadas, como a los pasivos de las mismas.

Otros sitios de gran generación de llantas usadas que se han detectado en el país son las líneas de autobuses foráneos, de camiones de carga, de autotransporte urbano, el sistema de transporte colectivo metro, las líneas de aviación comercial, las flotillas de vehículos pertenecientes a empresas de mensajería, de renta de automóviles, de reparto de bienes de consumo, de maquinaria y vehículos para construcción, etc. Sin embargo, también en todos estos casos la información relacionada con las cantidades de llantas usadas que generan o bien las que tienen acumuladas en sus patios, se considera confidencial.

En otro aspecto, se sabe que actualmente en México se producen aproximadamente 28 millones de llantas al año, alrededor de otros 7.5 millones más son importadas y cerca de 10 millones entran al país de otras formas (ilegales)⁵. Esto representa un total de 45.5 millones de llantas, que en algún momento serán desechas.

⁵ Cámara Nacional de la Industria Hulera y Asociación Nacional de Llantas y Plantas Renovadoras

En el Cuadro 2.4 se presenta la generación de llantas usadas en otros países y México.

Cuadro 2.4
Promedio de las llantas usadas

PAÍS	MILLONES/ AÑO
USA	270
JAPÓN	102
MÉXICO	25
FRANCIA	44.3
GRAN BRETANA	23.4
ALEMANIA	28.2
ITALIA	12.1
CANADA	20
AUSTRALIA	17

FUENTE www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/tirecycl.htm , New York University

En la figura 2.3 se presenta la cantidad de llantas usadas por distintos países en millones por año.

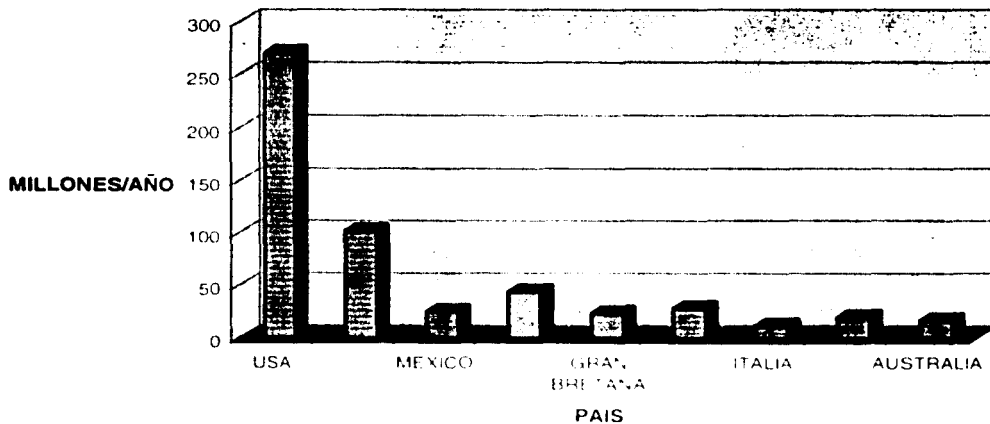


Figura 2.3 Promedio de las llantas usadas

FUENTE: www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/tirecycl.htm , New York University

2.4 Prácticas de eliminación de llantas usadas.

Las llantas usadas generalmente se desechan en una de las siguientes formas:

- a) Los generadores mayoristas contratan un servicio de recolección particular, el cual las transporta hasta un almacén temporal, para posteriormente enviarlas a empresas que las utilicen como combustible alterno.
- b) Los generadores pequeños utilizan el servicio público de recolección de residuos municipales, para desecharlas; este último a su vez, las transporta hasta Plantas de Selección y Aprovechamiento, a estaciones de transferencia de residuos o al sitio de disposición final correspondiente, lugares donde algunas ocasiones son separadas y enviadas a un sitio que funcionará como almacén y de donde serán recuperadas pequeñas cantidades (5,000 llantas al año en el caso de Bordo Poniente), para integrarlas a los sistemas de reaprovechamiento o bien al mercado informal de llantas usadas (tianguis diversos en el país, donde se venden artículos usados).
- c) Los generadores o transportistas pueden disponerlos indiscriminadamente en tiraderos a cielo abierto o sitios clandestinos, lo que deriva una disposición inapropiada y acumulación no controlada.

El factor principal que contribuye a la disposición de llantas usadas en tiraderos a cielo abierto o clandestinos, es el costo que implica transportar estos residuos, desde el área de generación, hasta la zona de disposición controlada.

En consecuencia y precisamente debido a la falta de control en la mayoría de los sitios de disposición final a cielo abierto, dentro de éstos se da otra actividad informal, también destinada al aprovechamiento de las llantas usadas como una fuente de recursos potencialmente utilizables, que es la de recuperar el metal contenido en las mismas, para venderlo como tal. En este caso, las llantas son recuperadas de entre los residuos depositados en el tiradero, por los denominados pepenadores o segregadores y quemadas a cielo abierto, generalmente dentro del mismo sitio o en sus inmediaciones, con lo que eliminan el caucho y recuperan el metal. Las llantas usadas, también pueden ser recuperadas de estos sitios, para ser vendidas a ladrilleras de la región en que se encuentre ubicado dicho sitio, que las utilizan como combustible alterno para sus hornos de cocción. En los últimos dos casos con las consecuentes emisiones a la atmósfera que se derivan de la combustión de estos residuos.

2.4.1 Relleno Sanitario

Los rellenos sanitarios, método tradicionalmente aceptado para disponer llantas usadas, actualmente están rechazando aquellas que ingresan enteras, debido principalmente a dos razones básicas:

1. Por su forma y composición, no pueden ser fácilmente compactadas, además por su naturaleza no se descomponen, por consiguiente consumen cantidades considerables de espacio en los rellenos sanitarios, cuya capacidad va disminuyendo, acelerando el término de su vida útil.
2. Debido a su forma hueca, las llantas pueden atrapar aire y otros gases, lo que provoca que con el tiempo "Floten" a la superficie, rompiendo la cubierta del relleno. Estas aperturas exponen al sitio a la invasión de roedores, insectos, pájaros, etc., además permiten el escape de gases, todos ellos procesos indeseables. Estas grietas también abren vías para que la precipitación entre en las celdas de disposición generando lixiviados.

Es necesario decir que para la mayoría de estos sitios de disposición final, las llantas usadas representan una pequeña fracción de los residuos que reciben y que son usualmente entregadas sin procesar y en pequeñas cantidades por los vehículos recolectores o de transferencia e incluso por los ciudadanos.

Tal como ya se mencionó, en muy pocos casos se cuenta con registros históricos de ingreso de llantas, por lo que resulta difícil estimar las cantidades actualmente acumuladas en dichos sitios, así como las que se recibirán en el transcurso de su vida útil como sitio de disposición final.

Dado que en nuestro país existen muy pocos sitios con infraestructura y forma de operación que nos permita considerarlos como rellenos sanitarios, la mayor parte de los residuos municipales generados en el país, tienen como destino final tiraderos a cielo abierto y las llantas usadas no son la excepción, lo que agrava la situación, ya que en tales sitios es común que los pepenadores o segregadores de residuos las quemén al aire libre para recuperar el metal contenido en su estructura, con lo que se generan emisiones contaminantes, corriéndose el riesgo de que el fuego se les salga de control debido principalmente a la existencia de metano (CH_4), un gas combustible que es generado por la descomposición biológica de la materia orgánica que forma parte de los residuos municipales ahí depositados.

Existen en el país, algunos rellenos sanitarios en los que actualmente se está utilizando las llantas que llegan a sus instalaciones, como protección para la geomembrana de los taludes y se colocan previo a la disposición de los residuos sólidos, tratando de conformar una capa continua sobre la geomembrana (rellenos sanitarios de la ciudad de Querétaro, Tlalnepantla en el Estado de México y Cancún, en el estado de Quintana Roo). Mientras tanto, en el relleno sanitario de Nuevo Laredo, en el estado de Tamaulipas, se han realizado algunas pruebas para utilizar las llantas trituradas como medio drenante para sus sistemas de recolección de lixiviados. Desafortunadamente, debido a los costos requeridos para llevar a cabo la trituración de las llantas, se tuvo que suspender dicha prueba, sin obtener todavía resultados de la eficiencia en campo.

2.4.2 Almacenamiento al aire libre

En México, no se cuenta con restricciones legales para el almacenamiento de llantas usadas, por lo que generalmente al acumularse estos residuos en los lugares donde son descargados por los sistemas de recolección municipal (rellenos sanitarios, tiraderos a cielo abierto, tiraderos clandestinos, etc.) o bien dejados por los usuarios al cambiar sus llantas usadas por otras nuevas (talleres de "talachas", de alineación y balanceo, etc.), simplemente se amontonan en los espacios anteriormente en desuso, sin orden ni cuidados especiales. La forma más comúnmente utilizada para realizar este tipo de almacenamiento, es la pila a cielo abierto.

El problema más evidente en esta etapa, es que las llantas acumuladas y amontonadas, se perciben como un riesgo de incendio, sin embargo existen tres problemas asociados con el almacenamiento exterior incontrolado de llantas usadas:

- En primer lugar: pueden incendiarse, una vez que se están quemando es muy difícil apagar el fuego. La combustión incontrolada de estos residuos a temperatura relativamente baja (menos de 1092°C) tiende a producir cantidades importantes de hidrocarburos no quemados (humo negro espeso) y emisiones nocivas para la atmósfera.
- En segundo lugar: la forma de la llanta tiende a captar, acumular y actuar como un depósito para las aguas procedentes de la lluvia. Además al ser amontonadas absorben la luz solar, creando un ambiente caliente y estable dentro de la pila y en combinación con el agua (que tiende a estancarse), crea un terreno ideal para la reproducción de mosquitos.
- El tercer problema asociado a las pilas de llantas: es que sirven como zona de reproducción para los roedores, sobre todo para la rata noruega, aunque las llantas por si mismas no ofrecen un atractivo natural para ellas, las condiciones que crean (presencia de agua, calor y ausencia de luz) son ideales para la vida de estos seres vivos.

2.4.3 Combustibles alternos

Desde hace más de 20 años se hace uso de la tecnología de los hornos cementeros en Estados Unidos y Europa, para recuperar energía de residuos industriales y de llantas de desecho al utilizarlas como combustible alterno. En países como Japón y Estados Unidos esta tecnología ya está aprobada, aceptada y en operación. La industria cementera nacional puede recuperar la energía de una parte de los residuos producidos en México.

En el Cuadro 2.5 se consignan cifras del consumo anual en hornos cementeros de combustible alternativo, proveniente de residuos industriales en E.U.A., Japón y en algunos países europeos.

Cuadro 2.5
Consumo de combustible alternativo en otros países

PAÍS	MILES DE TONELADAS
E.U.A.	1,200
España	34
Francia	240
Japón	125
Suiza	82
Reino Unido	50
Alemania	150
Noruega	35

FUENTE INEGI

Se ha observado que la combustión de este material no afecta la calidad ambiental o la calidad del producto obtenido, razón por la que representan una excelente opción para disponer este tipo de residuos, ya que inclusive las cenizas generadas son incorporadas al cemento, por lo que no hay ningún residuo de proceso.

Para el caso específico de México, se sabe que las dos plantas cementeras más cercanas al Distrito Federal, cuentan con las instalaciones necesarias para utilizar llantas como combustible alternativo y tienen una capacidad potencial de procesamiento, para dichos residuos de aproximadamente 350,000 piezas por mes, sin embargo en el resto de las plantas cementeras del país, no se sabe si cuentan con la infraestructura suficiente para aceptar llantas usadas como combustible alternativo, sin ocasionar daños al ambiente o la salud humana. En éste sentido, es necesario mencionar que los responsables de dichas plantas se niegan a proporcionar mayor información, argumentando que es información que está clasificada como confidencial, por razones comerciales.

2.5 Problemática ambiental

2.5.1. Riesgos

Algunos riesgos potenciales inherentes al almacenamiento de llantas desechadas, se describe a continuación, así como los impactos derivados en caso de accidentes.

- **Incendios**

Un incendio de llantas trae aparejado impactos al medio ambiente, a la salud, a la seguridad y bienes públicos. En cuanto a los peligros a la salud y medio ambiente

asociados a los incendios de llantas, se han identificado 38 compuestos emitidos al aire, con un potencial dañino debido principalmente a la exposición a hidrocarburos, metales, gases y vapores inorgánicos.

La quema de llantas desencadena procesos químicos desprendiendo partículas que se encuentran suspendidas en la atmósfera, de éstas sobresalen partículas de carbono y gas de dióxido de azufre, las cuales al estar expuestas a temperaturas mayores se mezclan con el nitrógeno y el oxígeno dando lugar a óxidos de nitrógeno (NO) gaseoso. Cuando los gases se encuentran con agua o moléculas de ellas forman gotas de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3) gaseoso, ambos fácilmente solubles en la lluvia, si la atmósfera está relativamente seca, el ácido nítrico tiende a permanecer en estado gaseoso, en tanto el ácido sulfúrico tiende a formar diminutas partículas suspendidas, favoreciendo infecciones respiratorias y desarrollando enfermedades crónicas como el enfisema pulmonar. Los impactos a la salud incluyen irritación de la piel, ojos, membranas mucosas, sistema nervioso central, depresión, efectos respiratorios, cáncer y mutaciones.

Lo anterior es de particular importancia, justamente porque al quemarse una llanta dentro de un confinamiento donde se depositan grandes cantidades de estos residuos, y no controlarse a tiempo, es probable que no resulte efectiva ninguna práctica para extinguirlo, ya que es sumamente difícil contrarrestarlo con técnicas convencionales para combatir incendios, debido a que la forma de las llantas hace que sea extremadamente complicado alcanzar todas las superficies incendiadas; así mismo, el aire atrapado sigue fomentando la combustión, persistiendo el fuego inclusive por semanas, dependiendo de la cantidad de llantas y prácticas de almacenamiento.

Emisiones por quema de llantas al aire libre.

Las emisiones por quema de llantas al aire libre tienden a ser más tóxicas que las emisiones de un incinerador, independientemente al tipo de combustible, causando impactos al ambiente y a la salud. La quema de llantas produce contaminantes, como son partículas, monóxido de carbono, óxidos de sulfuro, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles; se incluyen polvos peligrosos, tales como: hidrocarburos aromáticos, dióxidos, furanos, cloruros de hidrógeno, benceno, policlorados bifenilos y metales (arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo y vanadio).

Datos de laboratorio, demuestran que las emisiones por quema de llantas al aire libre contienen 16 veces más componentes mutagénicos que la combustión de las chimeneas de un bosque habitado y 13,000 veces más componentes mutagénicos que el carbón quemado utilizado con buena combustión y eficiencia incluyendo controles.⁶

Las emisiones por quema de llantas al aire libre pueden afectar significativamente a la salud humana, independientemente del tiempo de exposición. Estos efectos a la salud

⁶ INTERNET, www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/intro/openfile.htm; New York University

incluyen irritación en la piel, ojos y membranas mucosas, efectos respiratorios, sistema nervioso central, depresión y cáncer.

A continuación en el cuadro 2.6 se describen los 38 compuestos que se generan por la quema de llantas, así como si son cancerígenos, si tienen límites máximos permisibles (LMP), subcrónicos y crónicos; así como los límites máximos permisibles de algunos de estos compuestos.

Cuadro 2.6
Compuestos emitidos por quema de llantas

COMPUESTO	CRITERIOS			
	CANCERÍGENO	LMP	SUBCRÓNICOS	CRÓNICOS
ACENAFTENO	X			
ACENAFTILENO	X			
ARSENICO	X			
BARIO				X
BENZANTHRACENE				
BENCENO	X			
BENZOPYRENE	X			
BENZOFUORANTHENE	X			
CLOROBENCENO	X			
BUTADIENO	X			
DIÓXIDO DE CARBONO		X		
TETRACLORURO DE CARBONO	X			
CLOFOFORMO	X			
CROMO	X			
CRISENO	X			
PARTICULAS VOLATILES	X	X		
CUMENE			X	X
1,2-DICLOROPROPANO	X		X	X
DIBENZANTHRACENE	X			
DICLORURO DE ETILENO	X			
HEXAFLORURETANO	X			
HEXANO			X	X
PLOMO	X			
CLORURO DE METILENO	X			
NIQUEL	X			
FENOL	X			
ESTIRENO	X			X
DIÓXIDO DE AZUFRE		X		
ACIDO SULFÚRICO		X		
TOLUENO			X	X
1,2,3-TRICLOROETANO	X			
VANADIUM		X		
XILENO		X		

FUENTE: www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/intro/openfile.htm; NewYork University

En el cuadro 2.7 se presenta un reporte de los componentes que exceden los límites máximos permisibles de concentración.

Cuadro 2.7
Reporte de componentes con máximas concentraciones que exceden 33% de los límites máximos permisibles.

COMPUESTOS	CONCENTRACIÓN	LMP	%LMP
	PPM	PPM	
MONÓXIDO DE CARBONO	116.0000	29	400
PARTÍCULAS VOLÁTILES	4.2180	0.2	2,109
DIÓXIDO DE AZUFRE	2.7500	5	52.00
ÁCIDO SULFÚRICO	0.7900	1	79.00
VANADIO	0.0175	0.05	35.00

FUENTE: www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/intro/openfile.htm; NewYork University

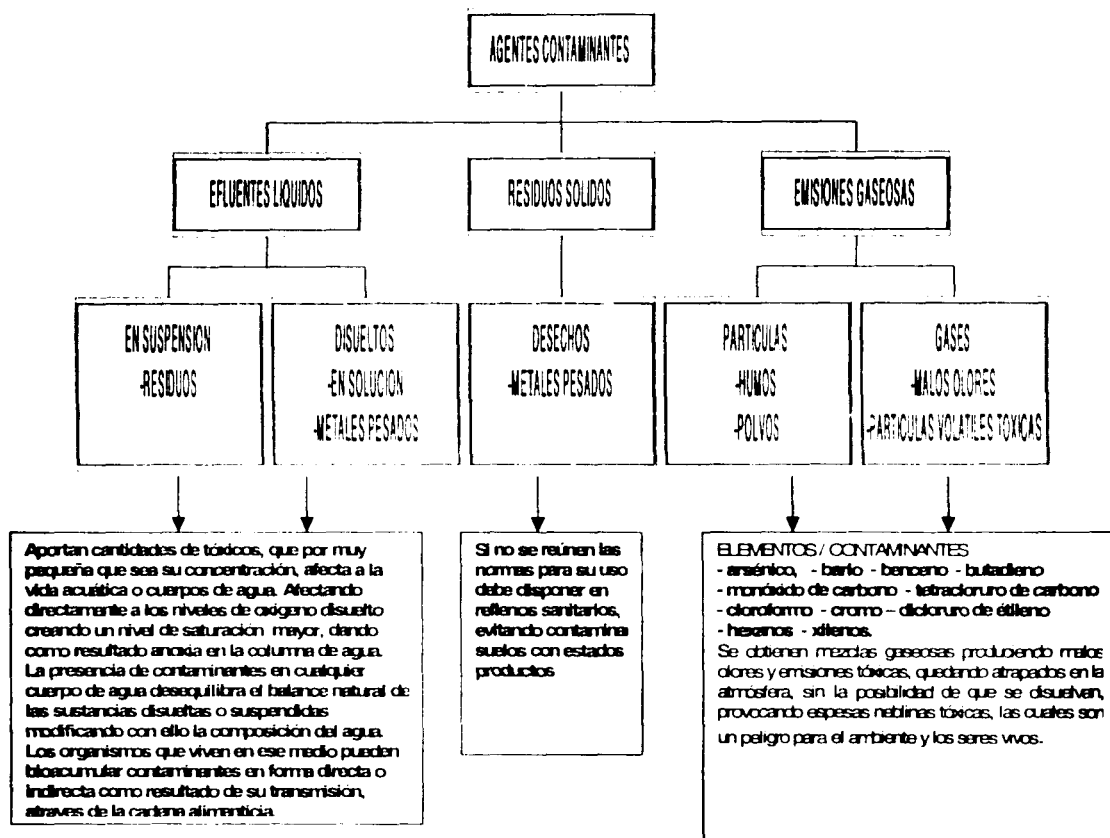
En el cuadro 2.8 se presenta un reporte de concentraciones máximas que exceden a crónicos o subcrónicos.

Cuadro 2.8
Reporte de componentes con concentraciones máximas que exceden a subcrónicos o crónicos (ppm)

COMPUESTO	CONCENTRACION	SUBCRÓNICOS	CRÓNICOS
BARIO	0.0035	0.005	0.0005
CUMENE-	0.094	0.09	0.009
1,2-DICLOROPROPANO	0.035	0.013	0.004
HEXANO	0.21	0.2	0.2
ESTIRENO	5.41	NADA	1
TOLUENO	6.7	2	0.4

FUENTE: www.eng.buffalo.edu/~gutchie/html/intro/openfile.htm; NewYork University

Agentes contaminantes



• Fauna Nociva

La fauna nociva se aplica a aquellas especies animales, que por condiciones ambientales y del hombre, se provee de recursos alimenticios ilimitados, permitiendo que la población faunística se incremente; pudiéndose convertir a corto plazo en plaga, al no poder ser regulada por mecanismos naturales, además en un periodo de espacio y tiempo llegan a convertirse en vectores potenciales de enfermedades infecto - contagiosas, responsables de perturbar o dañar al hombre, a sus actividades o sus bienes. Característicamente este tipo de fauna prolifera en lugares donde se han alterado ecosistemas y existen pocas o nulas condiciones salubres.

Las llantas usadas acumuladas a la intemperie son ideales para la proliferación de fauna nociva, esto se debe a las características que se propician por la exposición al sol donde absorben el calor creando un hábitat ideal para proliferación de este tipo de fauna, además de que se acumula agua y no hay presencia de luz.

Mosquitos

La combinación de agua que tiende a estancarse, con las condiciones de calor, imperante en este tipo de depósitos, crea un ambiente ideal para la reproducción de mosquitos; aunado a lo anterior, la inexistencia de depredadores naturales para estos insectos, conduce al aumento incontrolado de su población, convirtiéndose en un peligro para la salud del ser humano, ya que son organismos transmisores de enfermedades, tales como la fiebre amarilla y el dengue. Existe una variedad en esta especie, como son: *aedes cantator*, *aedes sollicitans*, *aedes taeniorhynchus*, *aedes venax*, *aedes canadensis*, *aedes triseriatus*, *coquillettidis perturbans*, *coliseta melanura*, *culex pipens*, *culex rerstuans*, *anopheles quadrimaculatus*, *anopheles punctipennis*.

En la figura 2.4 se presenta el ciclo de vida de los mosquitos.

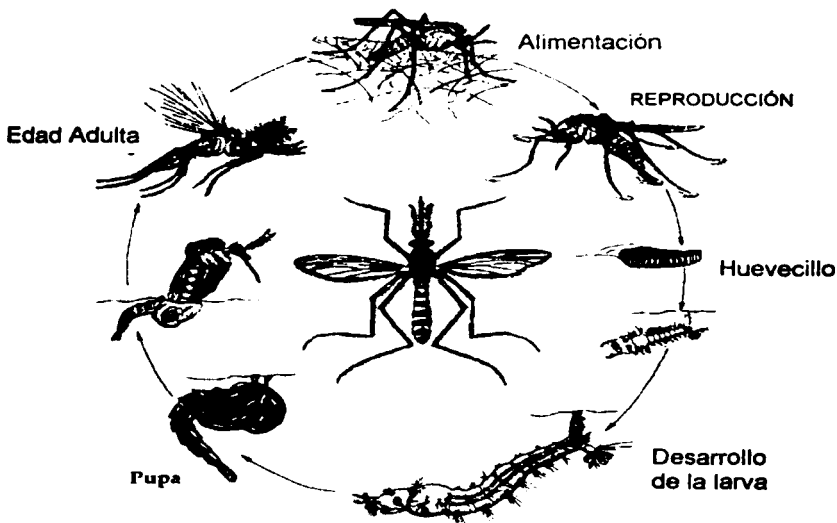


Figura 2.4 Ciclo de vida de los mosquitos

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

Roedores

Otro problema asociado a las pilas de neumáticos es que sirven como zona de reproducción para roedores, sobre todo para la rata noruega. Aunque en si mismo no ofrecen un atractivo natural para estos animales, las condiciones que crean son ideales para la vida de estos seres vivos.

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

En la figura 2.5 se presenta la forma de identificar a los roedores.

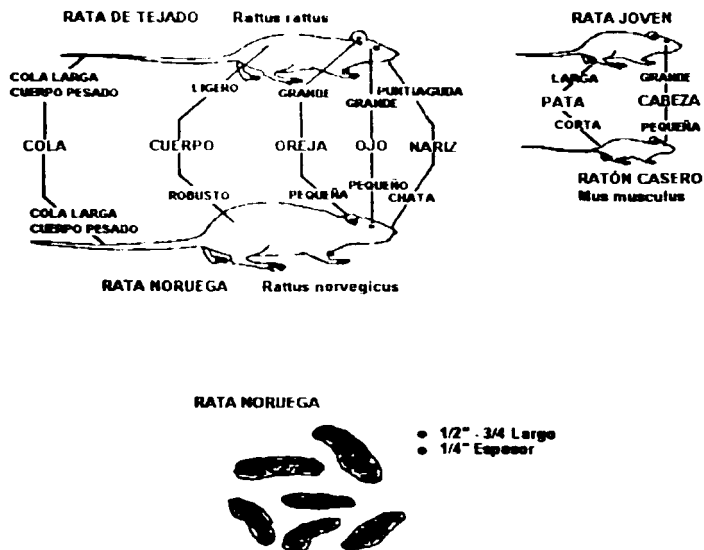


Figura 2.5 Identificación de los roedores.

FUENTE: Governmental Collection and Disposal Association, *Landfill Operation*, Silver Spring, USA, 1988 *Managing Sanitary*

En el cuadro 2.9 se presenta una clasificación biológica de los roedores.

Cuadro 2.9
Clasificación biológica

CARACTERÍSTICAS	GÉNERO
Reino:	Animalia
Phyllum:	Chordata
Subphyllum:	Tetrapoda
Clase:	Mammalia
Orden:	Rodentia
Familia:	Muridae
Géneros:	<i>Rattus y Mus</i>
Especies:	<i>R. rattus alexandrinus</i>
	<i>R. norvegicus norvegicus</i>
	<i>Mus musculus brevisrostris</i>

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

Rattus rattus. Se le conoce como rata negra o casera, es mediana de cuerpo esbelto, cara afilada y orejas grandes, cola muy grande y desnuda, de aspecto escamoso, el color de su pelaje es café en el dorso y gris oscuro en el vientre. Mide 40 cm de longitud a partir de la punta de su nariz a la punta de la cola. Su peso promedio es de 200g. Sus ojos son saltones y negros; habita en cualquier oquedad, entre construcciones o de madera. Su alimentación principal son plantas verdes, semillas e insectos, aunque pueden consumir algunos desechos de estos. Se reproducen rápidamente alcanzando hasta 5 camadas de 6 a 10 crías por parto, con gestación de 21 días. Son de hábitos nocturnos y sus poblaciones son muy numerosas. Se desplazan en un radio de 100 m de su nido.

Rattus norvegicus. Conocida como la rata gris, de alcantarilla y de casa. Es un animal grande de cuerpo grueso y cara roma, presenta orejas chicas, cola escamosa y desnuda. El tamaño que presenta es de 20 a 27 cm con una cola de 16 a 23 cm y pesa hasta 600 g. Habita en cualquier lugar donde pueda cavar, siempre cerca de núcleos urbanos. Se alimenta de cualquier cosa incluyendo carne fresca y carroña. Tiene una reproducción de 3 a 5 camadas al año, con entre 5 y 12 crías por parto y una gestación de 24 días. Son de hábitos crepusculares y forman grupos o tribus, construyen madrigueras complicadas y se llega a desplazar a más de 30 m de sus nidos. Suelen ser muy abundantes, dependiendo de los recursos que encuentren disponibles para su subsistencia.

Mus musculus. Es el ratón doméstico o casero y es el más pequeño de los roedores, presenta orejas grandes y cola larga y anillada. Su color es gris pardo, café claro o gris oscuro, con el vientre más claro que el costado, que puede ser color crema claro o gris pálido. Miden de 15 a 20 cm de longitud total, su cola es tan larga como el resto del cuerpo, su peso va de 10 a 40 g. Habita prácticamente en cualquier lugar, prefiere zonas arbustivas y habitaciones humanas. Se alimenta principalmente de semillas, hierbas verdes e insectos. Produce hasta 6 camadas al año, de 5 a 10 crías por parto, con una gestación de 21 días. Son de actividad crepuscular y construyen sus nidos con cualquier material y normalmente son solitarios. Su población es muy alta en almacenes, cultivos y casa - habitación.

Otros insectos

Los insectos son causantes de importantes daños y destrucción de cultivos y flora en general, hasta molestias y daños a la fauna y al hombre principalmente, puesto que son vectores de microorganismos patógenos causantes de enfermedades como lo son la poliomielitis, salmonelosis y disentería amibiana, además de la mala imagen y molestias a los habitantes cercanos.

En esta clase de animales existen muchas especies que pueden ser nocivas, además de la existencia de formas variadas dentro de una misma familia, a continuación en el cuadro 2.10 se describen las principales características de cucarachas, moscas, arañas, comúnmente asociados a este tipo de desechos.

Cuadro 2.10
Clasificación biológica

CARACTERÍSTICAS	GÉNERO
Reino:	Animal
Phyllum:	Artrópoda
Clase:	Insecta (Hexapoda)
Subclase:	Pterigota
Orden:	Orthoptera
Familia:	Blattidae
Genero:	<i>Periplaneta sp.</i>

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

Familia Blattidae (Cucarachas). Organismos corredores, de cuerpo dorsiventralmente aplanado, de coloración café a café oscuro, las patas son largas y con cerdas, el par posterior solo moderadamente más largos que el resto. Las alas pueden estar bien desarrolladas, cortas o faltantes; descansan en forma plana sobre el dorso, cruzándose un tanto hacia la punta; antenas más largas que la longitud del cuerpo, omnivoros, preferentemente harinas y materias dulces, usualmente tienen

mal olor y frecuentan toda clase de lugares húmedos, sucios y ranuras; son de hábitos nocturnos y altamente gregarias. Los huevecillos son formados en paquetes de 16 a 40, encerrados en cápsulas (ootecas), tienen una longevidad aproximada de entre 3-4 meses a 18 meses.

Se debe hacer notar que estos organismos prefieren temperaturas y humedad alta, así como en espacios reducidos donde pueden refugiarse y sitios donde abundan los desperdicios de alimento. En el cuadro 2.11 se presenta la clasificación biológica de estos organismos.

Cuadro 2.11
Clasificación biológica

CARACTERÍSTICAS	GÉNERO
Reino:	Animal
Phyllum:	Artropoda
Clase:	Insecta (Hexapoda)
Subclase:	Pterigota
Orden:	Diptera
Familia:	Muscidae
Genero:	Musca sp.
Familia:	Sarcofagidae
Genero:	Sarcofaga sp.

FUENTE: INCREMI, S.A. DE C.V.

Familia Muscidae y Sarcofagidae (moscas). Organismos que presentan un par de alas delanteras desarrolladas para el vuelo, cabeza hemisférica adherida al tórax por un cuello delgado, coloración gris a negro, los estados larvales de desarrollo están bien diferenciados de los estados adultos tanto estructuralmente (las larvas son ápodas y sin cabeza diferenciada), como en sus hábitos. Los adultos prefieren lugares soleados. Las moscas están determinadas por su tendencia a buscar los lugares de temperaturas altas y humedad atmosférica más reducida.

Familia Aranidae (arañas). Dentro de los artrópodos representa el grupo con cuatro pares de patas articuladas. Es el grupo más importante de los arácnidos, que comprende a todas las arañas, con unas 30,000 especies. Tienen cuerpos segmentados, pero los segmentos no son tan visibles; lo más evidente es la división del cuerpo en "cabeza" (en realidad, cabeza y tórax unidos entre si formando el cefalotórax) y abdomen. El abdomen está unido al cefalotórax por un pedúnculo. Tienen en la cabeza unas articulaciones terminadas en unas uñas características (queliceros) que poseen glándulas venenosas. Tienen 3 pares de hileras en el abdomen que segregan seda, con la que construyen las telas. Las arañas usan el hilo además para trasladarse y van dejando otro hilo de seda al desplazarse. Algunas

hilo además para trasladarse y van dejando otro hilo de seda al desplazarse. Algunas especies de araña: Araña de jardín cuerpo: 18 mm, Viuda negra (muy venenosa) cuerpo 11 mm, Araña cangrejo 8 mm, Araña de la hierba 20 mm y Tarántula (venenosa) cuerpo: 3 cm.

Las arañas cuentan con cero a doce ojos, pueden vivir pocos meses a veinte años, viven en muchos lugares y climas. Ellos viven en el desierto, las montañas, el bosque, y muchos otros lugares.

El ciclo de vida de una araña:

1. La mamá coloca los huevos en la telaraña.
2. Las pequeñas arañas crecen adentro de los huevos en el saco de huevos.
3. Las pequeñas arañas salen del saco de huevos en pocos días.
4. Las pequeñas arañas crecen más grandes, y el ciclo de vida repite.

El phylum arthropoda, clase Chilopoda: Los ciempiés o gusanos de cien patas; parientes cercanos de los insectos como estos tienen un par de antenas a veces los confunden como insectos; respiran por tráqueas y los órganos reproductores se abren en el extremo posterior del cuerpo. Difieren de los insectos en que no tienen tórax ni alas, y en el número de patas, y típicamente tienen un par por cada segmento del cuerpo. Tiene ojos compuestos y estos rara vez están desarrollados. Tienen forma de gusano pero difieren de ellos ya que son gusanos verdaderos y que tienen la cabeza separada y las patas articuladas y definidas. Usualmente son un tanto aplanados; tienen un par de unas o patas venenosas, en el primer segmento atrás de la cabeza, que son usados para paralizar a los insectos y otras presas que devoran. Los ciempiés pueden alcanzar una longitud de 37.5 cm, y algunas veces infligen mordeduras muy dolorosas al hombre.

CLASE Diploda: Los milpies o gusano de mil patas; superficialmente los milpiés son muy parecidos a los ciempiés, pero difieren de ellos en los siguientes aspectos importantes. Las patas son aún más numerosas que en los ciempiés, cada segmento aparente del cuerpo tiene 2 pares de patas. El cuerpo es típicamente redondo en su sección transversal, no aplanado; no tiene patas venenosas; las antenas son cortas; y los órganos reproductores se abren muy adelante, cerca de la cabeza. Los milpiés generalmente se alimentan de materia vegetal en descomposición, pero algunas especies atacan a los cultivos en crecimiento en suelo húmedo, comiendo ya sea las raíces o las hojas que están cerca del suelo. Algunas veces se confunden con los gusanos de alambre y pueden ser plagas serias en los campos e invernaderos, algunas especies tienen un olor desagradable.

CLASE Arachnida: Orden Acaria: los ácaros y las garrapatas usualmente se pueden distinguir de una ojeada de las arañas o de los insectos, debido a que el cuerpo es todo una sola región, habiendo poca indicación de regiones o segmentos del cuerpo. Son parecidos a las arañas en cuanto a los apéndices, y algunos producen seda. Un

hecho curioso es que los jóvenes recién incubados tienen sólo tres pares de patas. Respiran ya sea por tráqueas o directamente a través de la piel. La principal diferencia entre los ácaros y las garrapatas, es el tamaño, o sea que los miembros más grandes de este orden, se les llaman garrapatas mientras a los pequeños se les llama ácaros.

CLASE Arachnida: Orden Scorpionida; los escorpiones son comunes en las regiones subtropicales y tropicales. Son bien conocidos, por casi toda la gente, debido por su reputación como picadores. El estilete se localiza en la punta del abdomen, además de cuatro pares de patas con que caminan, los escorpiones tienen los pedipalpos desarrollados a una tamaño muy grande y provisto con un par de pinzas, por cuya razón parece que tuvieran dos pares de patas más. Los pedipalpos los utilizan para sostener a la presa, el abdomen se voltea entonces hacia adelante sobre el dorso, y la lanceta se introduce en la víctima para paralizarla. Los jóvenes nacen incubándose de huevecillos, y son llevados por la hembra durante un tiempo después de su nacimiento, sosteniéndose por medio de sus pinzas a su cuerpo. Son criaturas nocturnas que vagan de noche, capturando y picando arañas e insectos. Aunque la picadura de la mayoría de los escorpiones son escasamente más dolorosa que el de las abejas o avispas; el veneno del *Centruroides sculpturatus* y *C. gertschi* es neurotóxico y puede ocasionar severos trastornos y aun la muerte.

CLASE Arachnida: Orden Phalangida ;Las tipulas o papás patas largas son familiares para todas las personas que gustan de los exteriores. Se parecen mucho a las arañas de pata muy largas, pero al ser examinadas de cerca, se encontrará que el cuerpo no está dividido por una cintura delgada. Las patas son utilizadas con las rodillas en el alto, y el cuerpo permanece bajo entre ellas. Estas criaturas tienen un olor perceptible, que posiblemente desalienta a muchos enemigos; cuentan con una facilidad la cual es la de separarse de sus patas, es una adaptación protectora ya que si el enemigo las toma de una pata estas pueden salvarse.

Orden thysanura: Éste es uno de los órdenes más pequeños en cuanto al número de especies conocidas, contiene especies conocidas como los pescaditos de plata, palomillas de pescados o lustrosos son todas unas plagas, son unos corredores rápidos, debido a la ausencia de las alas en los Thysanura, a su desarrollo directo, no tiene metamorfosis. Los jóvenes, también llamados ninfas, crecen gradualmente hacia la condición adulta sin que haya un cambio apreciable en su forma o apariencia, excepto el cambio apreciable en su forma o apariencia, excepto el cambio en tamaño. Las partes bucales son del tipo masticado, algunas veces dispuestas en forma curiosa en la cavidad de la cabeza, de tal manera que sólo las puntas de esas partes se proyectan de la superficie. En algunas especies, están presentes los ojos compuestos, las antenas son largas y de muchos segmentos.

La mayoría de las especies tienen en el extremo de la cola del cuerpo 2 o 3 apéndices de muchos segmentos en forma de cerdas, algunas veces como antenas, de los cuales les viene el nombre común de colas de cerda. Su cuerpo es muy suave, pero está cubierto de escamas o pelos que le dan la apariencia lustrosa, viven una vida

pedras o llantas, y en los suelos entre el moho de las hojas. Son muy activos de noche. En algunos casos se alimentan de carroña.

Familia Colúbridos: Una de las características de las serpientes es que pueden tragar objetos más anchos que su cabeza, las mandíbulas están especialmente articulados para engullir las presas. Al tragar un huevo, las escamas de la cabeza y del cuello se separan, al tiempo que la piel subyacente se estira hasta alcanzar el grosor de un papel de seda.

Al ser su comportamiento tan excepcional se le ha prestado atención habiéndose observado con detenimiento sus hábitos de reproducción como es en lugares oscuros y solos, ponen de 12 a 15 huevos que tardan de 3 a 4 meses en reproducir crías. No los ponen en nidadas, sino por separado. La recién nacida mide de 22 a 25 cm.

CLASE Reptiles

Orden Escamasso

Suborden Serpientes (=Ofidios)

Genero Dasypeltis

En el cuadro 2.12 se presenta una relación de la fauna nociva que se aloja en las llantas así como sus causas

Cuadro 2.12
Fauna nociva que se aloja en las llantas

Nombre Común	No. de Puestas	Enfermedad que transmite	Método de transmisión	Forma de control	Distribución	Categorización
Acaro	Su proliferación es veloz	Fiebres reincidentes	Por inoculación directa a la sangre.	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	Es considerado uno de los principales vectores de enfermedades
Arañas	-Se localizan en un saquillo donde habrá unas 10 ó más -Depende de la especie	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros.	Combate químico Insecticida	Cosmopolita.	No es considerado un factor patógeno importante.
Ciempis	Varia depende la especie	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógeno	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	No es considerado un factor patógeno importante
Cochinita	Varia depende la especie	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros.	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	No es considerado un factor patógeno importante.
Cucaracha	Varia depende la especie	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros	Combate químico Insecticida	Cosmopolita. Pero se les encuentra en zonas tropicales o subtropicales.	Es un organismo peligroso por transmitir enfermedades.

Nombre Común	No. de Puestas	Enfermedad que transmite	Método de transmisión	Forma de control	Distribución	Categorización
Garrapata	No definido	-Fiebres recidivantes -Fiebre manchada -Leishmaniasis -Piroplasmiasis -Espirotosis	Por inoculación directa a la sangre	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	Es considerado uno de los principales vectores de enfermedades
Hormiga	Varía depende la especie	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos.	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	No es considerado un factor patógeno importante
Lombriz	Varía depende la especie	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos.	Ya que es un organismo rastroso su cuerpo aloja gran cantidad de parásitos.	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	No es considerado un factor patógeno importante
Milpiés	No definido	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos.	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	No es considerado un factor patógeno importante
Moscas	Varía depende la especie.	-Onchocosis -Mal del sueño -Nagana -Fiebres -Oroyanes -Papataci	Se inocula mediante el piquete que dan y se dirige a la sangre	Combate químico Insecticida	Cosmopolita, pero prefieren los lugares calientes.	Es considerado uno de los principales vectores de enfermedades
Mosquitos	Varía depende la especie	-F. amarilla. -Malaria -Dengue. -Encefalites. -Filariasis	Se inocula mediante el piquete que dan y se dirige a la sangre	Combate químico Insecticida	Casi cosmopolitas de preferencia en lugares subtrópicos y trópicos.	Es considerado uno de los principales vectores de enfermedades
Pescadillo Plateado	No definido	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos.	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros	Combate químico Insecticida	Cosmopolita	No es considerado un factor patógeno importante.
Roedores	De 3 a 10 crías.	-Rabia. -Peste Bubónica -Enfermedades parasitarias.	Por mordedura o expuesto su excremento u orín.	-Combate químico -Veneno de contacto.	Cosmopolita.	Es considerado uno de los principales vectores de enfermedades

Nombre Común	No. de Puestas	Enfermedad que transmite	Método de transmisión	Forma de control	Distribución	Categorización
Serpiente	Depende de la especie. Pero por lo regular son de 10-20 huevos.	No es transmisor de enfermedades.	Ya que es un organismo rastrero su cuerpo aloja gran cantidad de parásitos.	Veneno de contacto.	Casi cosmopolita se le puede encontrar en regiones áridas, como tropicales.	No es considerado un factor patógeno importante.
Tupías	No definido	En su cuerpo contiene ácaros los cuales son vectores patógenos.	Su cuerpo contiene vellosidades donde aloja ácaros.	Combate químico Insecticida	Cosmopolita.	No es considerado un factor patógeno importante.

FUENTE: C.L. Metcalf, y W. P. Flint, INSECTOS DESTRUCTIVOS E INSECTOS UTILES. Editorial Continental. 1995.

2.6 Fuentes generadoras y actores involucrados

Como fuentes generadoras se incluyen a todas las Plantas fabricantes de llantas, renovadoras y proveedoras. Como actores involucrados se encuentran las cementeras, incineradoras, centros de acopio, entre otros.

2.6.1 Fuentes Generadoras.

Un generador se considera toda aquella persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca llantas usadas. Por lo anterior el generador es el consumidor de llantas, ya que éste las utilizará para el fin con el que fueron creadas.

2.6.2 Actores involucrados

Entre los principales actores involucrados se encuentran las fabricantes de llantas existentes en el país, éstos son: Goodyear, Firestone/Brigestone, Tomel, Euzcadi/Continental Tire, Uniroyal/Micheline, está última debido a la situación económica que presentaba en los últimos meses, cerró sus instalaciones en el mes de agosto del año en curso.

Otro de los principales actores involucrados son las cementeras, las cuales utilizan para su proceso de producción hornos rotatorios, lógicamente estos hornos necesitan un combustible para su funcionamiento. Actualmente este combustible puede ser sustituido por residuos que cuenten con una capacidad calorífica para ser reutilizados, tal es el caso de los lubricantes y llantas, entre otros. Las cementeras actualmente tiene un programa de acopio de llantas usadas en diferentes partes del país.

2.7 Estudio del marco jurídico

Al revisar la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Normas Oficiales Mexicanas, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y demás leyes y reglamentos relacionados al tema manejo de llantas usadas; se observó que actualmente no se cuenta con ningún instrumento jurídico que permita el control específico de este tipo de residuos.

Por las características naturales que presentan las llantas, no es considerado como un residuo peligroso, más sin embargo, dentro de los residuos municipales, se considera como un residuo especial, por tal motivo es necesario implementar las medidas necesarias para su disposición final y aprovechamiento adecuados.

Un apoyo importante para poder elaborar un instrumento legal que regule el manejo ambientalmente adecuado de las llantas usadas, es necesario conocer principalmente que pasa con este tipo de residuo en otros países, principalmente los denominados "desarrollados" y de ésta forma poder contar con una base departida

En éste caso lo recomendable, es desarrollar una Norma Oficial Mexicana que defina los lineamientos mínimos para el manejo seguro de las llantas usadas que se generan en el territorio nacional y dejar abierta la posibilidad para que dichos lineamientos puedan ser más rigurosos en instrumentos legales estatales o municipales, de tal forma que se garantice un nivel mínimo de seguridad en el manejo de las llantas usadas dentro del país.

Capítulo 3. Tecnologías Disponibles

■ Introducción

En la actualidad el manejo de las llantas usadas es muy complejo, debido a que intervienen una serie de factores ambientales, socioeconómicos y políticos, para su disposición final.

El tomar alternativas de tratamiento en la disposición final de las llantas, reduce la contaminación de los cauces de agua, calles, caminos, terrenos baldíos y campos. Así mismo, se reduce el riesgo de que se produzca un incendio y proliferación de fauna nociva, transmisoras de distintas enfermedades (dengue, fiebre amarilla, encefalitis, etc.).

El tratamiento de las llantas usadas se realiza en dos rubros principales:

- El primero consiste en alternativas no convencionales, donde las llantas usadas se utilizarán tal como fueron desechadas, es decir no es necesario que se sometan a algún tratamiento o proceso.
- El segundo comprende alternativas convencionales, es decir aquellas cuyos procesos han sido creados expresamente para el tratamiento de las llantas usadas.

Dentro de cada uno de estos conceptos, existen diversas posibilidades para el manejo de las llantas usadas e incluso hay diversos niveles tecnológicos. Los mecanismos ofertados permiten el reciclado de las llantas usadas para distintos fines, los cuales en algún grado recuperan los componentes metálicos o alambres, con la posibilidad de reutilizar algunos subproductos obtenidos.

Algunos beneficios que trae la recuperación de llantas son principalmente los derivados de la recuperación de sus materiales o materias primas, éstas pueden recuperarse en trozos y granulados de goma, polvillo de carbón, tela pulverizada. Existe también, la posibilidad de utilizarse como combustible alterno en centrales eléctricas, en las instalaciones industriales y principalmente en fabricas de cemento y cal.

Dentro de las ventajas generales de la mayor parte de los métodos de tratamiento, existe la posibilidad de reutilizar todos los productos reciclados, hay de igual manera

una producción mínima de residuos secundarios; mediante los avances de la ciencia hay la posibilidad de que los procesos, a los que se someten las llantas, sean de manera que no se perjudique al ambiente en sus diversos componentes (agua, aire, suelo, flora y fauna).

Las posibilidades de aplicación de los productos derivados de las llantas podrían determinarse de acuerdo a las características específicas de cada una de sus partes, es decir, en el caso del caucho, se utiliza para la producción de llantas y reparación de las mismas, alfombrillas de coches, para la construcción de asfalto para carreteras, puentes y viaductos, para reducir el impacto de la congelación, para protección lateral de los barcos, sistemas de drenaje. El alambre puede utilizarse como herramienta de limpieza para puertos, fabricantes de coches y camiones, etc.

A continuación se presentará de manera específica cada una de las tecnologías enunciadas con anterioridad, para el manejo integral de las llantas usadas.

3.1 Tecnologías no convencionales.

3.1.1 Diques

Las llantas usadas enteras, pueden ser utilizadas para conformar diques para arroyos de flujo rápido, ya que sus características estructurales les dan fuerza suficiente para ser utilizadas como elementos constructivos de estos. El procedimiento para la construcción no requiere de personal muy experimentado y la construcción del dique podría llegar a requerir un número importante de llantas, comparado con otras aplicaciones. Para ello, las llantas son unidas entre sí y ancladas a la rivera del cauce, para posteriormente llenarlas con materiales pétreos.

3.1.2 Arrecifes artificiales

Los arrecifes artificiales se construyen uniendo las llantas usadas entre si, para posteriormente hundirlas y anclarlas en las aguas costeras.

Bajo ciertas condiciones climatológicas, las llantas rápidamente albergan percebes y otras criaturas marinas creando un arrecife artificial atractivo como hábitat para diversas especies de peces.

Los arrecifes artificiales son una solución relativamente barata, pero esta aplicación no parece tener gran potencial. Una de las desventajas de esta aplicación está restringida para los litorales arenosos. Además de que la demanda para este sistema es inferior al 1% de la generación anual de llantas usadas en países extranjeros, esperándose que en el caso de México no se rebase dicho porcentaje.

3.1.3 Rompeolas y flotadores

También se ha optado por utilizar las llantas usadas, como elementos estructurales de rompeolas artificiales, debido a que se trata de un material durable, principalmente por sus características de alta resistencia y baja corrosión. Se utilizan para romper las olas grandes que llegan a las playas y puertos, en lugar de las rocas que usualmente son colocadas y son de un costo elevado, en el caso de los flotadores es de igual manera factible implementarlos y estos se colocan en forma de boyas.

3.1.3.1 Rompeolas para el transporte de sustancias (peligrosas).

Este tipo de sistema es utilizado para el transporte de todo tipo de sustancias, especialmente aquellas que se consideran peligrosas. Este sistema tiene la propiedad de romper el oleaje producido por el movimiento del vehículo que las transporta, y que puede provocar mermas en los productos o lo más riesgoso es el derrame de las mismas, con consecuencias fatales o que impacten al medio ambiente y a la sociedad.

3.1.4 Relingas

Este tipo de aplicación para las llantas usadas, es practicado principalmente en la zona del Pacífico y consiste en rellenar con hule espuma las llantas, para posteriormente unir las entre si con cuerdas en forma lineal, además se les colocan cuerdas de tal forma que cuelguen y se depositan semillas de bivalvos (mejillones) con una separación de aproximadamente 1 cm; para que estos a su vez puedan reproducirse y otorgar alimentos a especies marinas y humanos.

3.1.5 Terraplenes para carreteras

Los terraplenes se forman colocando una placa de llantas y rellenándolas con arena u otro material petreo, hasta quedar prácticamente cubiertas, y finalmente se empieza a colocar el asfalto. Tiene como ventaja una gran capacidad de amortiguamiento y su ayuda para el control de la erosión en dichos terraplenes.

3.1.6 Protección para cascos de barco

Se colocan en los alrededores de los barcos como protección, para que cuando estos tengan un impacto o lleguen al muelle no causen deformaciones, tanto de sí mismos como del muelle.

3.1.7 Protección de taludes

Estos se colocan en los cerros o montañas en donde suele haber derrumbes, hablando principalmente de las que se encuentran en las orillas de las carreteras y/o autopistas.

3.1.8 Superficie de desplante para construcciones ligeras

Esta alternativa, actualmente es usada en diversas regiones del país, sobre todo en los lugares en donde el sitio no es muy viable para la construcción, es decir superficies con pendientes demasiado pronunciadas o con ondulaciones frecuentes y pronunciadas, aquí es donde se comienza a colocar las llantas para nivelar el terreno, sin embargo se debe tener cuidado de su estabilidad, bajo las diversas condiciones ambientales y geológicas a las que se verán sometidas. Por ejemplo en la ciudad de Tijuana, en el estado de Baja California, se está utilizando este sistema para la construcción de casas habitación en laderas de cerros, principalmente dentro de zonas de asentamientos irregulares, por lo que representa una opción muy limitada de uso para este tipo de residuos.

3.1.9 Barreras parachoques

Las pilas de llantas colocadas horizontalmente (y frecuentemente dentro de algún contenedor flexible) han tenido éxito como barreras parachoques en ciertos puntos de las carreteras, como por ejemplo, mechones en los puentes, estribos y otros obstáculos. Esta alternativa ofrece sólo un potencial limitado a la hora de consumir cantidades importantes de llantas usadas.

3.1.10 Compostaje

Su utilidad en la elaboración de composta, consiste en apilar llantas (cantidad que se desea), montándolas sobre una base de cualquier material que puede ser metálico, madera, etc. El cual debe tener perforaciones, y soportarlos por medio de tabiques para que no se estanque el agua (conformación de recipientes composteadores).

Pequeños trozos de neumáticos usados, también pueden emplearse como agente abultador en plantas de compostaje de lodos. Puede utilizarse en sustitución o conjuntamente con astillas de madera.

3.1.11 Aplicación en ingeniería civil

Las propuestas pueden dividirse en dos categorías: la primera sería su utilización como relleno inerte y ligero, y la segunda como agregado permeable. En el primer caso se trata de ocupar el espacio que de otra forma sería ocupado por suelo y en el segundo se trata de elaborar sistemas de drenaje de suelos aprovechando fragmentos de llantas que se obtendrían mediante su corte en molinos de cuchillas. Las propuestas se muestran en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1
Posible aplicación de las llantas de desecho en la ingeniería civil.

Material	Aplicación	Función	Ventajas	Limitaciones
Llantas enteras	Relleno en obra de jardinería, barreras anti-ruido, polvorines. Terraplenes sobre suelos blandos.	Ocupar el espacio que de otro modo se llenaría con suelo. Aligerar la carga que se trasmite al suelo de cimentación.	No son biodegradables. Su costo sería prácticamente nulo. Su comprensibilidad es predecible y no depende del drenaje y posiblemente del tiempo tampoco.	Se debe evitar la existencia de cargas sobre el relleno para no desestabilizarlo. No podría utilizarse en zonas sísmicas.
Fragmentos de llantas, obtenidos mediante molienda.	Subdrenes de carreteras, aeropistas y capas rompedoras de capilaridad.	Conducir el agua subterránea.	No son biodegradables y por lo tanto durables. Muy permeables por ser mal graduado.	Sería necesario eliminar los polvos originados por la molienda.
Fragmentos de llantas.	Rellenos de techos de casas.	Aligerar la carga y rellenar.	Muy económico. Funcionaría como un dren, evitando la generación de carga hidráulica.	Utilizar limpio, sin polvo generado en la molienda.

FUENTE: Ramírez Alejandro. "Los residuos sólidos y peligrosos ¿Recurso o desperdicio?. AMCRESPAC.

3.1.12 Otros

El utilizar llantas para fines recreativos es común, con ellas se pueden formar juegos como el columpio o se pueden colocar de forma horizontal, sobre el piso para que los niños brinquen cada orificio de la llanta.

Las llantas pueden utilizarse también como material para la fabricación de suelas de calzado.

Otro uso que se les puede dar es en protección de jardineras o utilizarlas como macetas. De cualquiera de estas formas de utilización de la llanta se puede decorar pintándolas para que tengan una mejor estética.

3.2 Tecnologías convencionales

Dentro de las aplicaciones convencionales existe una gran diversidad de métodos y tecnologías para el manejo de las llantas usadas, así como de los productos generados. A continuación se describen cada una de las tecnologías existentes en el mundo para el tratamiento de las llantas usadas.

3.2.1 Tratamiento y destoxificación

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

3.2.1.1 Tratamiento térmico

1. Incineración

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

¹ Incineración de los desechos sólidos. Ing. Gustavo Solórzano O.

Este tipo de tratamiento se ha utilizado en Europa desde el siglo pasado, principalmente para este tipo de desechos y surge como necesidad debido a la falta de espacio para su disposición.

En la actualidad, la incineración de desechos se utiliza en varios países del mundo, sin embargo, su adopción ha estado sujeta a las necesidades y condiciones de cada país. El proceso de incineración se ha utilizado principalmente para reducir el volumen de este tipo de desecho, y sobre todo recuperar un 30% de energía calorífica en forma de vapor o energía eléctrica, para su comercialización.

El proceso consiste en la combustión de los materiales orgánicos de las llantas. La combustión se realiza a temperaturas muy elevadas, lo que obliga a verificar los hornos, constituidos por materiales resistentes de alta calidad y de un costo elevado. Uno de los inconvenientes de la combustión es que se realiza a diferentes velocidades, así mismo existe la necesidad de instalar un limpiador de emisiones y alimentar los hornos con pedazos de llanta de tamaño constante, también hay que hacer una selección de las llantas grandes, por lo que este proceso es considerado muy complejo.

La incineración es considerada un método exotérmico, ya que se genera una gran cantidad de calor que sirve como una fuente de energía, pero hay una elevada producción de contaminantes. Entre los productos de la incineración se encuentran las emisiones a la atmósfera y este es un peligro no solamente al ambiente, sino también a la salud humana. Los principales compuestos generados son:

- Monóxido de carbono
- Óxido de zinc
- Bióxido de carbono
- Óxido de nitrógeno

Además de hidrocarburos aromáticos entre los que resaltan:

- Policíclicos
- Pirenos

Aunque no se tiene registros de que la emisión de estas sustancias haya cobrado vidas humanas, es un factor causante de daños irreversibles al ambiente.

Tipos de procesos de incineración

- ***Hornos rotatorios (Fabricación del cemento)***

El cemento se fabrica controlando el calentamiento de una mezcla triturada muy fina de material calcareo (por ejemplo roca caliza), material arcilloso (arcilla o esquisto) y material silicio (arena), hasta alcanzar aproximadamente entre los 1,500 °C y 1,600 °C

en un horno rotatorio. Estos materiales proporcionan los elementos básicos necesarios en el cemento: calcio, silicio, hierro y aluminio. Las elevadas temperaturas provocan la descarbonización de la cal y la reacción subsiguiente con el silicio para formar silicatos de calcio. Las "escorias" de silicatos de calcio se trituran con yeso para producir el cemento.

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

1. Su valor calorífico es comparable al del carbón utilizado para fabricar el cemento, o mayor incluso.
2. Su contenido en acero proporciona hierro adicional al cemento. Su contenido en nitrógeno, azufre y cenizas es menor que el del carbón típico.

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

La forma en que las llantas pueden utilizarse como combustible auxiliar, enteros o como combustible derivado de las llantas (CDL) (en inglés TDF), depende de la configuración del horno. Los hornos equipados con precalentadores pueden quemar llantas enteras; los hornos sin precalentadores solo pueden usar CDL. En cualquier caso, los hornos deben estar equipados con sistemas de alimentación por separado para poder recibir llantas usadas. Las llantas enteras se alimentan en el horno mediante un sistema mecánico diseñado para cargarlas y alimentarlas.

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

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

En la figura 3.1 se presentan los porcentajes de carbón y cenizas contenidos en las llantas.



Figura 3.1 Características medio ambientales (Compuesto / porcentaje contenido)

FUENTE: INCREMI S.A. DE C.V.

- ***Incineradores a niveles múltiples (tabiqueras)***

Los tabiqueras utilizan las llantas como combustible alternativo, éstas varían su capacidad la cual va desde 4.000 a 80.000 tabiques. En promedio, la producción es de 30.000 tabiques por horno/jornada. Lo cual indica que la cantidad de llantas a utilizar dependerá de la tabiquera.

En general cada horno es encendido una vez al mes, por lo que al año hay una producción de 174.300.000 tabiques, cantidad que permite construir 130.000 habitaciones de 20 metros cuadrados.

Los principales combustibles que utiliza la tabiquerías se describe en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2
Combustibles utilizados por tabiquerías

Aserrín y madera	27,000 toneladas
Aceites gastados	2'000,000 litros
Llantas usadas	218 toneladas (24,000 llantas)
Residuos industriales	Se estima entre el 8 % y 10 % del total de combustibles usados

FUENTE e-mail etovilla@cocefinterjuarez.com

Los combustibles más utilizados para el calentamiento de los hornos tabiquerías son el aserrín y la madera 27,000 toneladas/año, y aceites gastados 2'000,000 litros/año. Sin embargo, el consumo de llantas es considerable, sobre todo porque una gran parte de las tabiquerías se encuentran concentradas en el Estado de México

Sin embargo, la mayor problemática que se tiene en este tipo de fábricas son las emisiones al ambiente. Este tipo de empresas no llevan un control en la quema de estos residuos, la cantidad total de contaminantes, emitidos por los 581 hornos tabiquerías en 11 municipios, es de 1,020 toneladas/año. Los principales contaminantes son partículas y PM 10 con 629 toneladas/año (62%) y 226 toneladas/año (22%) respectivamente. Las emisiones generadas por la fabricación de tabique rojo, representan el 14 % del total de las emisiones contaminantes a la atmósfera producidas por fuentes de área (71,059 ton/año).

2. Pirolisis

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

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

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

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

En el proceso se pasan a una activación, donde se genera carbón activado y las emisiones gaseosas derivadas se eliminan. El carbón activado que se obtiene, se presenta en distintas calidades.

Utilizando un horno, el aceite y las cenizas libres se convierten en carbón negro de alta calidad, y como una alternativa se pueden separar los aceites por medio de la destilación. El producto final que se obtiene con esta tecnología, es el denominado negro de humo. Este producto es esencial para la fabricación de neumáticos nuevos, por lo que su mercado esta asegurado siempre que se garantice la pureza del producto obtenido. Por el contrario, las inversiones y los gastos de explotación necesarios para tratar neumáticos mediante este método son elevados. Además, es una tecnología con ciertos riesgos ambientales, provocados por posibles problemas de emisiones gaseosas

Este procedimiento, plantea el problema técnico de la separación de la gran cantidad de compuestos carbonados, ya que los productos obtenidos se producen en cantidades mínimas, de tal forma que su recuperación y transporte hasta los centros de consumo no son económicamente viables, además de la complejidad de la distribución del enorme abanico de compuestos así recuperados.

En la figura 3.2 se presenta un esquema de las diferentes etapas del proceso de pirolisis.

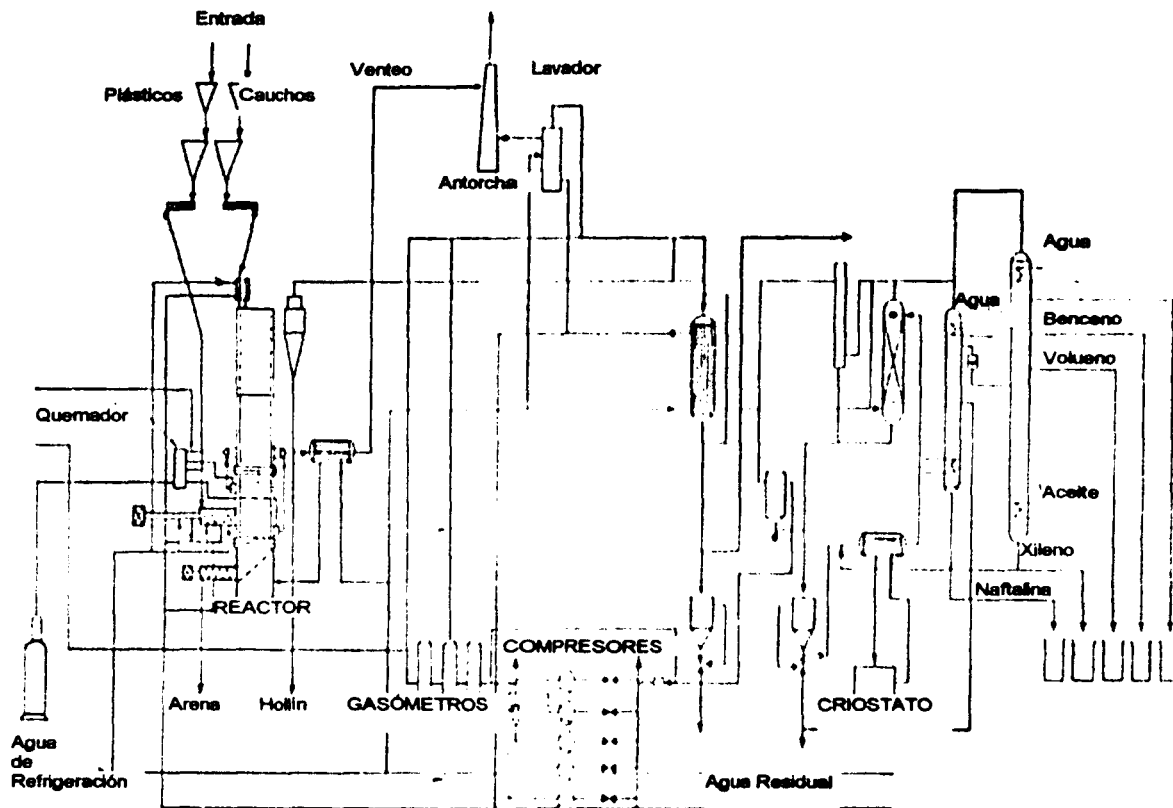


Figura 3.2 Proceso de la pirolisis

FUENTE: Muñoz Sánchez Alberto, *Residuos Sólidos y Plásticos*, 1980

Existen dos procesos de pirolisis, a baja temperatura o bien a alta temperatura, estos se describen a continuación:

- ***Pirolisis a baja temperatura***

Este tipo de pirolisis, estudiada ya en 1973 por una firma alemana, utiliza cera de polietileno a una temperatura de 400° C como medio de reacción para descomponer los residuos de polietileno en aceites de bajo punto de fusión, que contienen una gran cantidad relativa de oleofinas, cera y hollín.

Los productos de mayor interés son las fracciones con un punto de ebullición bajo, y que contienen oleofinas (aproximadamente el 95% de la cantidad inicial) y que se pueden utilizar como materia prima en la síntesis orgánica. La cera y el hollín son extraídos de forma discontinua de la caldera.

- ***Pirolisis a altas temperaturas***

Las llantas son introducidas a un reactor de lecho turbulento auxiliar, de arena de cuarzo a una temperatura entre 630° C y 877° C. Como gas de fluidización se utiliza gas de pirolisis recalentado a 427° C en un cambiador de calor. El aporte de calor se consigue mediante tubos de calefacción radiales calentados por propano o gas de pirolisis.

El proceso consiste en triturar la llanta en trozos de 10mm a 25 mm, que se almacenan en dos silos de 100 litros cada uno. La carga se hace mediante tornillos sinfín, refrigerados por agua, directamente en el lecho fluidizado con arena de cuarzo. El gas producido sale por la abertura superior. Estos gases producidos de nuevo, así como el de fluidificación, se pasan a través de condensadores y refrigerantes, recogiendo diferentes condensados en depósitos adecuados por un lado y los no condensables del gas de pirolisis por otro. Este gas una vez comprimido, se pasa a los depósitos, desde donde se enviará al reactor, como gas de fluidificación y posteriormente a los quemadores.

3. Termólisis

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

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

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

Existe también un rendimiento energético global, en donde la termólisis permite la transformación de los componentes principales de la llanta en carbono y gas (combustibles convencionales). También hay una rápida amortización debido al bajo costo de la instalación, la capacidad de cada planta es de 10,000 a 20.000 toneladas anuales, consiguiendo una producción eléctrica de 2.5 a 5 MWH, respectivamente.

La descripción de una Planta completa, de eliminación y aprovechamiento de las llantas usadas, mediante termólisis consta fundamentalmente de cuatro etapas:²

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

Mediante el proceso de termólisis se produce una recuperación integral de todos los compuestos originales de las llantas, lo que supone un 100% de aprovechamiento de todos sus componentes originales.

Los productos obtenidos de la aplicación de la termólisis a las llantas usadas son tres:

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

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

Metales: Al no sufrir alteración química alguna durante el proceso de termolización, puede ser destinados a la venta directa tras su extracción del proceso mediante un desferrador tipo Over Band.

² Internet

3.2.2 Trituración

3.2.2.1 Trituración o molienda mecánica

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

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

Las ventajas que ofrece son productos de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas; lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. Este método puede ser también una etapa previa a la mayoría de las demás soluciones para el aprovechamiento rentable y eficaz de estos residuos y sobre todo favorece la ausencia de compuestos contaminantes en el medio ambiente.

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

Para poder realizar el proceso de trituración, es conveniente tener en cuenta el tamaño del producto, las trituradoras de primera categoría permiten una gran capacidad de producción, las de segunda una mayor reducción del volumen. También es importante tomar en cuenta el número de ejes incorporados a la trituradora y su velocidad. Las trituradoras de primera categoría incorporan un eje único de cuchillas fijas u oscilantes, que giran a velocidades comprendidas entre 1,000 r.p.m. y 3,500 r.p.m. Las trituradoras de la segunda categoría emplean dos o más ejes con dientes fijos sobre cuchillas a una velocidad de 15 a 30 r.p.m.

Debe existir un aprovechamiento del área de corte: las trituradoras de la primera categoría tienen una menor área de corte, con lo que los esfuerzos realizados por la máquina son más violentos y se necesita una mayor potencia de giro.

La potencia del motor se debe tomar en cuenta: en las trituradoras de la primera categoría el corte se produce entre la cuchilla del monomotor y las cuchillas fijas u oscilantes del estator, de una forma prácticamente instantánea. En los procesos de las trituradoras de la segunda categoría el proceso de corte se produce en dos fases independientes. En primer lugar se produce un corte por cizalla de impacto, al incidir la cuchilla sobre el material entrante. Posteriormente, se produce un arrastre de dicho material entre los dos rotores y comienza un segundo corte por desgaste entre las

paredes de los mismos. La descomposición de los cortes en el tiempo permite el análisis de la herramienta y su optimización.

Cuando hay la incorporación de una rejilla inferior. Las rejillas montadas en la parte inferior de la máquina, inmediatamente debajo de las cuchillas, permite la regulación de los productos obtenidos al recircular aquellos que tengan dimensiones superiores. Al mismo tiempo, se produce una tercera sección de corte entre la cuchilla y la rejilla con un efecto de cizalla entre ambas. En las trituradoras de la primera categoría no es posible la colocación de estas rejillas.

Dentro de la segunda categoría funciona con niveles de ruido inferiores a los 80 db, por debajo de los niveles industriales. Su alta torsión y baja velocidad también eliminan enormes cantidades de polvo, reduciendo al mismo tiempo la posibilidad de una combustión espontánea.

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

3.2.2.2 Trituración Criogénica

El lugar de origen de la trituración criogénica es en Valladolid, España; en este tipo de sistema se utilizan las llantas enteras.

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

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

Dentro de este tipo de instalación existen algunas desventajas, como la baja calidad de los productos así obtenidos, que salen como mezcla de los diferentes materiales que conforman a la llanta antes de ser procesada. Requiere de instalaciones complejas, y de alto costo, tiene una gran dificultad de mantenimiento de la maquinaria y de su

proceso, se tiene una gran dificultad material y económica para purificar y separar al caucho del metal y de los materiales textiles que también están presentes.

3.2.3 Regeneración del caucho

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

La regeneración se puede realizar por medio de dos fases:

1. - La llanta se tritura o muele con un cilindro estriado o con otro sistema que realice una reducción de 1 a 2 mm. Se mezcla con aceites minerales, desvulcanizadores, etc.; posteriormente se introduce a un autoclave para desvulcanizarla, y como producto final se obtiene el caucho reciclado, que tiene como características; ser un material blando y pegajoso equivalente al caucho virgen.
2. - En el proceso de regeneración del caucho, el reciclado se mezcla con una porción de caucho virgen (5% al 10%) azufre y otros productos en calderas de vapor de agua. Aquí es donde se produce la vulcanización, en esta fase de la regeneración el material que se obtiene es en forma de placas que se transforman en alfombrillas para automóvil, suelas, etc.

En el cuadro 3.3 se presentan las diferentes aplicaciones del caucho regenerado así como su porcentaje de utilización.

Cuadro 3.3
Aplicaciones industriales del caucho regenerado.

APLICACIÓN	PORCENTAJE (%)
Para llantas, materiales de recubrimiento y cámaras	Más del 50
Tapetes para piso de automóviles	10-12
Artículos para fines mecánicos	10-12
Para recipientes de caucho resistente de acumuladores para los automóviles	5-6
Para suelas y tacones	Menos del 5
Para aglutinantes disolventes y dispersiones acuosas	Menos del 56

FUENTE: Ciencia y Tecnología del caucho. W.J.S Naunton. Compañía Editorial Continental S.A. México-España-Argentina Pág. 264

3.2.4 Asfaltado

El asfalto ahulado, es un material que propicia carreteras duraderas, debido a varias propiedades que adquiere en su fusión con el hule: *elasticidad* que es la resistencia al agrietamiento; *flexibilidad*, que permite su adecuación al movimiento de la superficie; *impermeabilidad*, da estabilidad a la estructura, al impedir la filtración de humedad en los sentidos descendente y ascendente y además, evita la pérdida de los elementos volátiles: *cohesión y adhesividad*, reduce el desmoronamiento que ocurre en el borde de las grietas; *antioxidante y antiozonante*, con lo que retrasa su endurecimiento y desgaste. Confirmando su rendimiento superior al asfalto convencional, respecto a las características de fricción, abrasión y deshielo.

El asfalto modificado con el hule de las llantas está definido como “una mezcla de cemento asfáltico, hule reciclado y ciertos aditivos en los que el hule representa por lo menos el 15% del peso total de la mezcla, el cual ha reaccionado lo suficiente con el cemento asfáltico para provocar la fusión e integración de las partículas de los componentes.”³

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

- a) **Caucho asfáltico.**- Normalmente empleado como material de sellado o como una **capa** relativamente fina entre dos capas de pavimento.
- b) **Hormigón asfáltico modificado con caucho (RUMAC).**- Los trozos de llanta **sustituyen** a parte del árido asfáltico en la mezcla de pavimento; este hormigón se **aplica** de la misma forma que el asfalto convencional.

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

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

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

³ Norma: ASTM-D-8-99

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

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

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

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

3.2.4.1 Formas de aplicación

Riego de sello

Es un tratamiento superficial de asfalto ahulado, que se aplica sobre el pavimento en cantidades que van desde 2.3 l/m² a 3.2 l/m², el cual posteriormente se cubre con agregado pétreo limpio y de tamaño uniforme de 3/8" o 3/4".

Este riego es recomendable en caso de que los pavimentos presenten agrietamientos por desgaste estructural u oxidación; como tratamiento superficial en las carreteras de bajo tránsito; para extender la vida de carpetas asfálticas deterioradas que requieren reconstrucción, para lo cual no se cuenta con los suficientes recursos financieros. Prolonga la vida útil de la carpeta al protegerla contra los factores ambientales que causan su endurecimiento y falla (grietas), y para mejorar sus características de fricción respecto al asfalto convencional por su contenido de negro de humo, módulo de resiliencia y compatibilidad entre los materiales rodante y rodamiento.

Membrana intermedia para absorción de esfuerzos

Es similar al anterior, pero después de que el asfalto ahulado se riega sobre el pavimento existente, se construyen encima otras capas que pueden ser de asfalto; convencional o ahulado. Al cumplir esta función de membrana, extiende la vida útil de la sobrecapa al retardar significativamente la reflexión de grietas, también se ha probado que reduce los esfuerzos de tensión transmitidos a capas superiores.

La aplicación de estas membranas permite así mismo, reducir los trabajos de preparación de la superficie, particularmente el sellado de grietas, antes de colocar la nueva capa de asfalto; estos factores son relevantes en la medida en que reducen los tiempos y costos de reparación o rehabilitación.

Concreto asfáltico ahulado de granulación abierta

Es un concreto asfáltico que utiliza asfalto ahulado con un residuo mayor al convencional de 9% a 10%. Cuenta con un acabado superficial que proporciona bajos niveles de ruido, porosidad para evitar la acumulación de agua y proteger contra el hidroplaneo, además de que es antirreflejante y ayuda a un frenado mas efectivo, en tanto, el tránsito de vehiculos se realiza con un mejor "muelle" lo que, por tanto, disminuye el desgaste de los vehiculos.

Es recomendable en zonas con altos índices de accidentes causados por la humedad del ambiente. Debido al efecto Joule Thomson característico del hule, que se contrae con el calor y se expande con el frio, el asfalto ahulado tiene una flexibilidad a bajas temperaturas y mayor rigidez en niveles altos. Estas cualidades permiten tener carpetas más resistentes al agrietamiento reflectivo y térmico, así como las deformaciones permanentes.

Esta mezcla se ha aplicado en algunos tramos de carreteras de México-Querétaro, Puebla-Orizaba y también la de Mexico-Puebla. Y han tenido resultados satisfactorios.

Al hacer una comparación con las alternativas como la rehabilitación, fresado, repavimentación o reconstrucción de una carretera, las carpetas construidas con asfalto ahulado ocupan el primer lugar de ahorro en costos, basado fundamentalmente en su bajo mantenimiento a futuro. Por otro lado, una tonelada de asfalto ahulado llega a ser entre el 25% y el 75 % mas caro que una de concreto asfáltico convencional.

Concreto asfáltico de granulación media

En el diseño del concreto asfáltico de granulación media es posible encontrar la equivalencia entre los espesores de una carpeta de asfalto convencional y una de asfalto ahulado

Aquí se muestra que es posible una reducción de hasta un 50% en los espesores de carpetas ahuladas respecto a las del asfalto convencional. Además, cuando se usa una membrana de asfalto ahulado, la sobre carpeta puede reducirse aun más, lo que redundaría en una mayor cobertura de superficie, por tonelada, en comparación el concreto asfáltico convencional.

El aprovechamiento del concreto asfáltico ahulado tiene dos principales razones:

1. La vida de las carreteras nacionales pueden extenderse entre seis y diez veces más de lo normal, lo que permitiría canalizar recursos federales y estatales a otros rubros de mayor prioridad.
2. La posibilidad de reciclar un recurso no biodegradable que al desecharse sin control alguno, genera problemas ambientales y sanitarios.

3.2.5 Renovación

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

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

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

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

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

El área de la ceja, se examina para determinar los daños en las cuerdas, deterioro de la ceja misma o ceja expuesta.

A juicio del inspector, si los defectos mencionados son excesivos no debe permitirse el renovado.

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

Aquí se determina la existencia y gravedad de lo siguiente: roturas por flexión, en cruz y por impactos; daños en el armazón que requieran una reparación seccional o de refuerzo; en el caso de las llantas sin cámara, forro interno poroso o con unión defectuosa; separación de capas; ceja dañada, en las cuerdas o en los alambres y cuerdas abiertas en el armazón.

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

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

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

El cementado es la aplicación de una sustancia adherente (cemento), sobre la superficie del casco raspado. Su aplicación es fundamental para lograr una adhesión adecuada a la superficie del casco en la adaptación del nuevo piso en banda y así evitar las fallas de separación del renovado en servicio.

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

Otro caso es la construcción con extrusor en donde existen dos tipos disponibles. El primero constituye una tira (Orbitread) relativamente delgada y angosta que envuelve mecánicamente al casco siguiendo un patrón modelo que es controlado electrónicamente el espesor y el contorno del renovado por aplicar. El segundo tipo destruye una banda de material con un ancho y espesor especificado, similar en apariencia al hule piso en banda; el tamaño se obtiene por medio de un dado con la forma adecuada.

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

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

Temperatura

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

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

Presión

Para que el hule se vulcanice hasta el estado sólido necesario y además se una al casco, se requiere que la totalidad del material, el piso y el área del piso, se encuentren completamente confinados y sujetos bajo presión durante todo el ciclo de vulcanización. Esta presión se ejerce por medio de la bolsa de vulcanización, en la parte interior de la llanta y por la matriz, en la exterior. La presión se genera por medio de un compresor de aire.

Tiempo

El tiempo requerido en el renovado depende de:

- Sistema de vulcanización del compuesto renovado, tamaño y espesor del casco
- Temperatura de la fuente de calor y temperatura en la superficie de la matriz

- Eficiencia en la transferencia de calor de la matriz
- Diseño del piso de la matriz
- Espesor del hule piso
- Distribución del hule piso en el casco

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

En la figura 3.3 se presenta un diagrama que ejemplifica el proceso de renovado de llantas.

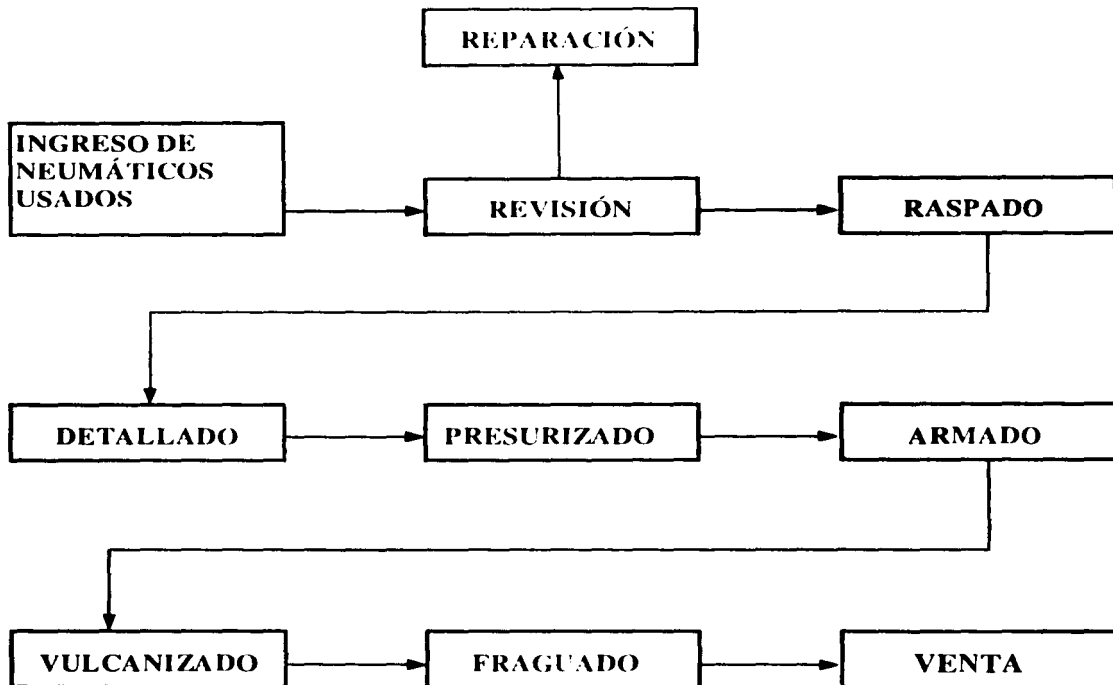


Figura 3.3 Diagrama del proceso general de renovado.

FUENTE: INCREMI S.A de C.V

3.2.6 Otros

3.2.6.1 Monorrelleno.

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

3.2.6.2 Usos Agrícolas.

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

3.2.6.3 Regubiado

Este tipo de sistema, es comúnmente practicado por empresas clandestinas, que roban camiones de llantas usadas que se dirigen a algún sitio de almacenamiento, seleccionan las mejores, y las someten a un reencauchado, que consiste en hacer semejante el gravado a la llanta nueva, rompiendo las fibras de acero. Finalmente logran su objetivo; un producto que se ve como nuevo pero no es así. Esto trae consecuencias muy graves, que ocasionan que los vehículos puedan ser partícipes de accidentes, y sobre todo de pérdidas humanas.

3.2.6.4 Compactación de llantas

Una Nueva tecnología empleada en Estados Unidos, específicamente en el estado de Texas, es emplear las llantas para la formación de cubos de concreto, para construcción de edificios y retención de sonidos, esto se realiza mediante la compactación de llantas y formación de los cubos de concreto Figura 3.4.

Esta tecnología permite que las llantas reduzcan un volumen del 80%, la compactación se realiza con 20 llantas en promedio y posteriormente se forma el bloque, con dimensiones aproximadas de 1m x 1m x 1m.

Esta tecnología es fácil de implantar y permitiría la reducción de una cantidad considerable de llantas usadas, el mercado potencial de esta tecnología sería muy amplio, ya que la construcción de edificios y casas es considerable en nuestro país.

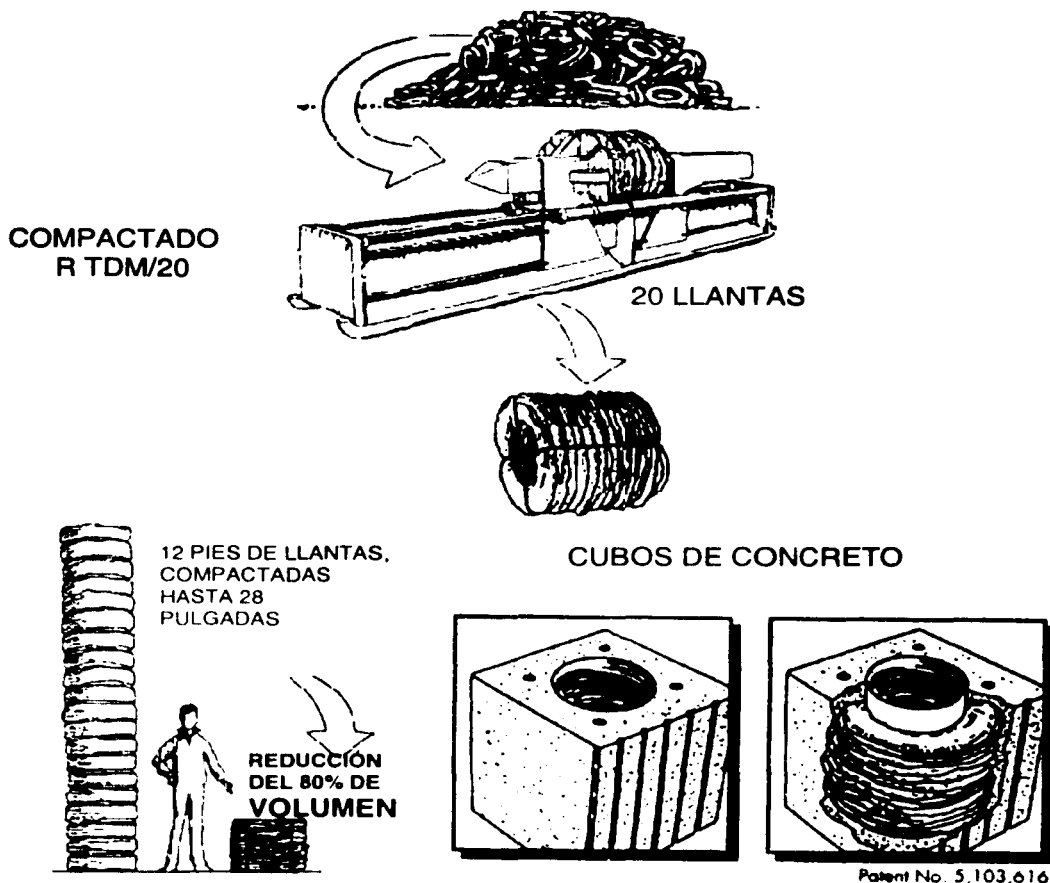


Figura 3.4 Compactación de llantas usadas.

FUENTE: The Journal for Municipal Solid Waste Professionals, MSW Management, January/February, 1995.

3.3 Fichas técnicas.

Las tecnologías a continuación descritas serán las que se podrán aplicar en el país, éstas se describirán por orden de prioridad.

3.3.1 Trituración

La trituración de llantas es una tecnología que ya se ha aplicado en México. Actualmente existe una Planta de trituración ubicada en el norte del país (Baja California), esta trituradora recibe al mes aproximadamente 42,000 llantas, las cuales se trituran y se entregan a Cementos Guadalajara y otra parte se lleva a la Planta de Trituración Criogénica de Hidalgo, esta última separa el hule de la llanta, el acero y el nylon.

Proceso

Consiste en estropear la llanta mecánicamente en partículas pequeñas. El acero es alejado por medio de un separador magnético. Inicialmente se clasifican los desperdicios, después se desmenuzan en molinos de trituración y se clasifica por su tamaño mediante una operación de tamizado.

Ventajas

- Facilidad de mantenimiento
- Requiere poco personal para la operación y reparación del sistema
- Las partes son fácil de obtener
- Productos de alta calidad
- El producto tiene varias aplicaciones
- Garantiza la ausencia de compuestos contaminantes

Desventajas

- Se deben clasificar las llantas
- Límites máximos permisibles de ruido

Cantidad aproximadamente requerida de llantas usadas

Llantas para automóvil: 3'200,000 u.

Llantas para camión: 640,000 u.

Tratamiento previo

Selección de las llantas antes de incorporarlas al proceso

Productos

Llantas trituradas

Infraestructura requerida

Existen dos tipos de equipos:

Primera categoría: Permiten una gran capacidad de producción. Cuentan con un eje único de cuchillas fijas u oscilantes que giran a velocidades comprendidas entre 1,000 y 3,500 r.p.m. Tienen una menor área de corte con lo que los esfuerzos realizados por la máquina son más violentos y se necesita una mayor potencia de giro. El corte es producido entre la cuchilla del monomotor y las cuchillas fijas u oscilantes del estator, de una forma prácticamente instantánea.

Segunda categoría: Permiten una mayor reducción del volumen. Emplean dos o más ejes con dientes fijos sobre las cuchillas a una velocidad de 15 a 30 r.p.m. El proceso de corte se produce en dos fases independientes. En primer lugar se produce un corte por cizalla de impacto, al incidir la cuchilla sobre el material entrante; posteriormente, reproduce un arrastre de dicho material entre los dos rotores y comienza un segundo corte por desgaste entre las paredes de los mismos. La descomposición de los cortes en el tiempo permite el análisis de la herramienta y su optimización. Este tipo de trituradora funciona con niveles de ruido inferiores a los 80 db, por debajo de los niveles industriales, su alta torsión y baja velocidad también elimina enormes cantidades de polvo.

Mercado

El mercado potencial de esta tecnología es muy amplio: la llanta triturada se puede emplear como combustible alternativo en los hornos cementeros que no cuente con el equipo necesario para incorporarlas enteras, también se puede emplear en el asfaltado de carreteras, caminos o puentes; en caso de que la capacidad del producto sea mayor

que la requerida por las empresas se puede disponer en rellenos sanitario, siempre y cuando no rebase más del 50% de la capacidad del relleno sanitario.

Potencial reciclable de los compuestos contaminantes

Este tipo de tecnología no produce compuestos contaminantes.

Costo aproximado del sistema

El costo de un sistema de trituración instalado en la frontera norte del país es de \$ 56, 900 USD.

Riesgos operacionales

El único inconveniente es que el ruido producido por la maquinaria, se deberán tomar las medidas de control necesarias para no afectar a los operadores o poblaciones cercanas a estas instalaciones.

Costo del manejo de los residuos

Los residuos que se generan son aceites y estopas ocupados para el mantenimiento de la maquinaria. Estos deberán controlarse conforme la normatividad existente, así como tomar las medidas de control adecuadas.

Aplicación

Esta tecnología principalmente se deberá aplicar en la zona fronteriza del país y ciudades conurbanas, ya que son los lugares donde más se generan llantas, existe mayor cantidad de llantas de importación y pasivos ambientales.

3.3.2 Incineración

La incineración es aplicable en el país, debido a que México es una de las principales potencias en la fabricación de cementos, por tal motivo fomentar a la industria cementera al consumo de llantas para el proceso productivo solucionaría la mayor parte del problema generado, tanto por los pasivos existentes como la generación actual y futura.

Proceso

El proceso consiste en la combustión de los materiales orgánicos de las llantas. La combustión se realiza a temperaturas muy elevadas, lo que obliga a verificar los hornos, constituidos por materiales resistentes de alta calidad y de un costo elevado.

La incineración de las llantas es un proceso de tratamiento, el cual consiste en la transformación de las llantas en combustible alternativo, en un producto gaseoso y un residuo sólido relativamente inerte y libre de microorganismos, compuesto por escorias y cenizas, basándose en una combustión controlada vía oxidación a altas temperaturas (2,000 °C).

Ventajas

- Reducción de volúmenes considerables de llantas usadas
- Las llantas proporcionan hasta un 30% de energía calorífica en forma de vapor o energía.

Desventajas

- Elevada producción de contaminantes:
 - Monóxido de carbono
 - Óxido de Zinc
 - Bióxido de Carbono
 - Óxido de Nitrógeno
 - Policíclicos
 - Pirenos
- Necesario implementar equipos de control para las emisiones a la atmósfera

Cantidad aproximadamente requerida de llantas usadas

El consumo anual en una Planta de tipo medio varía entre los 2 millones y 3 millones de llantas.

Tratamiento previo

Dependerá del tipo de llantas, en algunos casos debe ir triturada. Las características primordiales son:

- Tamaño máximo 120 cm diámetro x 35 cm ancho
- Libre de residuos sólidos

- Sin agua estancada
- Libre de plaguicidas

Productos

Combustible alterno
Escorias

Infraestructura requerida

Dependerá de la configuración del horno:

Los hornos equipados con precalentadores pueden quemar llantas enteras. Estas se alimentan en el horno mediante un sistema mecánico diseñado para cargarlo y alimentarlas.

Los hornos sin precalentadores solo pueden usar llantas con un tamaño de 5 x 5 cm, y 10 x 10 cm.

En cualquiera de los casos los hornos deberán estar equipados con un sistema de alimentación por separado.

Mercado

El principal mercado es las fábricas de cementos, las cuales actualmente las utilizan, tal es el caso de: Cementos Mexicanos, Cementos Anáhuac, Cementos Cruz Azul y Cementos Guadalajara.

También se puede fomentar a que la industria del papel utilice este tipo de combustible para su proceso.

Potencial reciclable de los compuestos contaminantes

Las escorias producidas por la incineración de las llantas se incorporan al cemento, por ejemplo el hierro es uno de los ingredientes básicos del cemento y la temperatura en los hornos es suficientemente alta para la combustión del acero, el cual se convierte en óxido de hierro reduciendo los costos en materia prima, por tal motivo no existe problema con los residuos generados.

Sin embargo los gases producidos, tal es el caso del monóxido de carbono, óxido de zinc, dióxido de carbono, etc., deberán ser controlados mediante los equipos adecuados, para evitar la contaminación a la atmósfera.

Riesgos operacionales

Las llantas que se someten al proceso de incineración deben contar con las características ya especificadas, principalmente de tamaño y libre de plaguicidas, esto con el fin de que el proceso no se vea alterado, ni provoque algún daño al equipo.

Costo del manejo de los residuos

El costo más elevado es la implementación de equipos para las emisiones gaseosas, así como los muestreos y evaluación de los contaminantes emitidos.

Aplicación

En todo el país, debido que las Plantas cementeras se encuentran ubicadas en diferentes estados de la República Mexicana. Principalmente en la ciudades conurbanas y parte de la frontera del país.

3.3.3 Asfaltado

El asfaltado se utilizó en el país principalmente en las carreteras de México – Qro, Puebla – Orizaba y Puebla – México. Se desconocen las causas de porque no se siguió utilizando.

Proceso

Las llantas se trituran a un tamaño de criba entre 16 y 25 mm. El asfalto se calienta a una temperatura cercana a los 204° C y añadir la llanta molida y se mezcla por 45 minutos.

Ventajas

- El asfaltado ahulado es un material que propicia carreteras duraderas, debido a varias propiedades que adquiere en su fusión con el hule:
 - *elasticidad* que es la resistencia al agrietamiento,
 - *flexibilidad* que permite su adecuación al movimiento de la superficie,
 - *impermeabilidad* da la estabilidad a la estructura al impedir la infiltración de humedad en sentidos descendientes y ascendentes y evita la pérdida de los elementos volátiles,
 - *cohesión y adhesividad* reduce el desmoronamiento que ocurre en el borde de las grietas.

- *antioxidantes y antiozonante* con lo que retrasa su endurecimiento y desgaste.

Desventajas

- Se requiere equipo especializado
- Si las llantas viejas no se muelen suficientemente firme y las condiciones de digestión (mezcla y calentamiento) no son suficientemente severas, el asfaltado resultante quedará debilitado y el árido podrá separarse.

Cantidad aproximadamente requerida de llantas usadas

Dependerá del equipo utilizado.

Tratamiento previo

El acero y fibras textiles se deberán separar de las llantas.

Productos

Asfalto ahulado

Subproductos:

Acero y Fibra textil

Infraestructura requerida

La infraestructura requerida para una planta de asfaltado, principalmente es: Un depósito para calentamiento de asfalto, un mezclador mecánico, un depósito de reacción, sistema de almacenamiento y escala de temperatura.

Mercado

El uso de este tipo de asfalto principalmente es en carreteras, calles, puentes y aeropuertos. Por lo que el mercado es muy amplio.

Potencial reciclable de los compuestos contaminantes

No se producen compuestos contaminantes.

Riesgos operacionales

El único riesgo que se puede tener es que la trituración de las llantas viejas no cuenten con las características específicas y por consiguiente, el asfaltado plástico se obtenga de muy baja calidad.

Costo del manejo de los residuos

No implica ningún costo, no se producen.

Aplicación

En las ciudades conurbanas, para caminos vías públicas, y para el resto del país para carreteras primarias y secundarias, puentes y aeropuertos.

3.3.4 Renovado

La renovación es el proceso por el cual una llanta cuya cubierta esta desgastada es vitalizada mediante la colocación de una nueva banda de rodaje. En México se utiliza la renovación principalmente para los camiones de pasajeros, esto por el alto costo que implica comprar una llanta nueva.

Proceso

El proceso de renovado comprende en términos generales los siguientes pasos: inspección de la llanta, raspado, cementado, aplicación del nuevo piso de hule de dimensiones específicas y vulcanización, acondicionamiento controlado de presión, temperatura y tiempo.

Ventajas

- Cumple con estándares de normatividad internacional (ISO 9000 y 14000), no se generan residuos contaminantes.
- Las llantas se pueden renovar hasta 3 veces.

Desventajas

- La calidad del producto varía.
- Disminución de las ventas de llantas nuevas

Cantidad aproximadamente requerida de llantas usadas

60 mil por Planta. En el país existen 150 plantas renovadoras legales, las cuales conjuntamente renuevan aproximadamente 9 millones de llantas anuales.

Tratamiento previo

Selección e inspección de las llantas.

Productos

Llantas renovadas.

Infraestructura requerida

Dependerá de la Planta Renovadora. Los principales equipos a utilizar son: Separador de llantas (de tamaño y capacidad suficientes para manejar todos los tamaños de llantas a ser procesadas), compresor de aire (de capacidad y tamaño suficiente para todos los equipos y herramientas operados con aire) aspirador industrial (para remover polvo de pulimento, mugre y agua), equipo de vulcanización (depende del tipo de sistema usado), equipo de pulimento (depende del tipo de equipo), banco de trabajo industrial (suficientemente largo y pesado con gavetas) y soportes-T (para sostener las llantas en proceso y mantenerlas fuera del piso). Las necesidades de equipo, cuando se especifican, no son una inversión tremendamente pesada en comparación con el costo de establecimiento de una planta de reencauche de llantas.

Mercado

El mercado potencial de esta tecnología son principalmente las empresas de autobuses, microbuses, camiones y taxis, así como los vehículos particulares.

Potencial reciclable de los compuestos contaminantes

No se producen compuestos contaminantes.

Riesgos operacionales

El fuego en cualquier operación de producción es una posibilidad, pero puede prevenirse con hábitos y procedimientos de trabajo apropiados. En años recientes, muchas instalaciones se han conscientizado de los peligros y están suministrando medidas de seguridad contra tales riesgos.

Costo del manejo de los residuos

Los residuos producidos por el mantenimiento de la maquinaria y equipo, tal es el caso de aceite y estopa, implican un costo, tanto de almacenaje, como tratamiento y disposición final. Este dependerá de la Planta y del mantenimiento que le de a sus equipos y maquinaria.

Aplicación

La aplicación de este tipo de tecnología es en todo el país, principalmente en las zonas conurbadas.

3.3.5 Regeneración

En México existía el proceso de regeneración del caucho, por circunstancias desconocidas esta empresa cerró sus instalaciones.

Proceso

La llanta se tritura o muele a un tamaño de 1 a 2 mm, se mezcla con aceites minerales, desvulcanizadores, etc., posteriormente se introduce a una autoclave para desvulcanizarlo, y como producto final se obtiene el caucho reciclado que tiene como característica ser un material blando y pegajoso equivalente al caucho virgen.

Ventajas

Producción de caucho sintético, con características similares al caucho virgen.

Desventajas

El costo de los equipos es muy alto

Cantidad aproximadamente requerida de llantas usadas

Depende del proceso que se utilice.

Tratamiento previo

Trituración de las llantas hasta un tamaño aproximado de 1 mm a 2 mm.
Mezcla con desvulcanizadores y aceites minerales.

Productos

Caucho sintético, con características similares al caucho virgen.

Infraestructura requerida

La infraestructura dependerá del tipo de proceso que se realice, los dos equipos que principalmente se ocupan son: una trituradora y un mezclador.

Mercado

Las aplicaciones industriales que tiene el caucho sintético primordialmente es en la producción de llantas, materiales de recubrimiento y cámaras, tapetes para piso de automóviles, suelas y tacones, y artículos para fines mecánicos.

Riesgos operacionales

Como toda industria, el principal riesgo es el fuego, por tal motivo deberán implementarse las medidas de control necesarias.

Aplicación

En todo el país, principalmente en las zonas conurbadas donde se localizan las industrias llanteras.

3.4 Impacto ambiental generado por las tecnologías convencionales.

Se sabe que los procesos convencionales para el manejo de materias primas que se reciclan llevan consigo muchas ventajas económicas debido a que obtenemos, de estos procesos, insumos con una alta utilización, pero hay un punto importante que se debe considerar, las desventajas. Éstas desgraciadamente contaminan el medio ambiente y perjudican la salud pública. El impacto ambiental es un aspecto que se debe de considerar en cualquier proyecto, día a día esto va tomando mayor partido en las decisiones políticas a nivel mundial, en México existen normas que autorizan algunas de estas tecnologías convencionales pero no se han tomado en cuenta algunos aspectos sobre el impacto que tienen en el ambiente.

Debido a que la incineración es el proceso convencional más utilizado en México, para el manejo de llantas usadas así como muchos otros residuos sólidos municipales, industriales no peligrosos y peligrosos. Este tema se enfocará en el riesgo que puede implicar la incineración de estos materiales en nuestro medio ambiente así como en las medidas que se han tomado para atacar este problema.

Un incinerador correctamente diseñado debería, en teoría, transformar los hidrocarburos sencillos solamente en dióxido de carbono y agua. La experiencia práctica demuestra, no obstante, que ni siquiera los mejores sistemas de combustión pueden hacer que la reacción se complete hasta este punto. Durante y después de la combustión, los componentes de los residuos se disocian y recombinan, formando cientos, o incluso miles, de nuevas sustancias llamadas productos de combustión incompleta. De éstos, menos del 70% han sido identificados químicamente, incluso en condiciones de laboratorio. Normalmente, en estos ensayos, sólo se identifican entre el 1% y el 60% de la masa total de hidrocarburos no quemados, tanto productos de la combustión incompleta como Compuestos Orgánicos Persistentes (COP). La incineración no afecta los metales pesados (Plomo, Cromo, Cadmio, Mercurio), que permanecen intactos a la salida del proceso. Es por esto que la incineración compromete no sólo la salud de la población actual sino la de las futuras generaciones. Existen tecnologías alternativas para el tratamiento tanto de los residuos peligrosos como de los hospitalarios y municipales, que incluyen el reciclaje, rehúso, minimización de residuos y en casos extremos la esterilización térmica (autoclave) que pueden ser económicamente competitivos. Para partes anatómicas se estudia la posibilidad de inhumar los restos en lugar de incinerarlos.

3.4.1 Incineración en México

Debido al un rechazo sistemático a los confinamientos de residuos peligrosos por parte de la población, las autoridades han empezado a incentivar "tratamientos" como la incineración, que a pesar de ser mucho más peligrosos, no han suscitado tal oposición por parte de la sociedad por ser menos llamativos que los confinamientos. La presión ejercida sobre nuestro gobierno por transnacionales que promueven la incineración, aunado esto a la falta de infraestructura adecuada en nuestro país para tratar los al menos 8 millones de toneladas de residuos peligrosos estimados por el Instituto Nacional de Ecología, ha resultado en la apertura del país a la incineración.

Existen en México 53 equipos autorizados para la incineración de 788.9 ton/día de residuos, de los cuales 23 son incineradores de residuos peligrosos y 15 empresas incineradoras de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (hospitalarios) tienen el resto del mercado. Todas estas instalaciones han operado hasta ahora con permisos temporales, en condiciones variables y con límites de emisión establecidos discrecionalmente. Sin embargo, se planea uniformar los criterios para incineración con la publicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-098-ECOL-2000 y dar así mayor seguridad a inversionistas potenciales. Más aún, el costo de los trámites para la instalación de nuevos incineradores fue reducido de \$ 52,000 M.N. en 1999 a \$ 36,000 M.N. en este año, y se ha dado un plazo de hasta 2 años para su cumplimiento, como un incentivo adicional. La NOM establece límites máximos de contaminantes como dioxinas y furanos que son hasta 5 veces más permisivos que los de E.U., Europa y otros anteproyectos de norma de incineración propuestos por las mismas autoridades.

Se espera que esto estimule la inversión extranjera sucia en México, misma que cuenta con un mercado cada vez más reducido en sus países de origen.

3.4.2 Contaminantes generados en la incineración de residuos peligrosos en hornos de cemento

Las dioxinas y furanos son contaminantes orgánicos persistentes, creados en la combustión de residuos peligrosos que contengan cloro (presentes comúnmente en solventes y plásticos) y tienen tres características:

Son muy tóxicos: pueden provocar efectos crónicos graves, principalmente cáncer y otras afectaciones del sistema endocrino, y repercutir en la pérdida de fertilidad, afectar al sistema inmunológico y alterar el desarrollo de los fetos en el ser humano y animales.

Son persistentes: su vida media varía de 9 a 15 años en la superficie del suelo.

Son bioacumulables: se alojan en los tejidos grasos, aumentando su concentración en la medida que asciende la cadena alimenticia, por ello la mayor concentración la recibe el ser humano y finalmente los niños, a través de la leche materna contaminada.

La ruta de exposición a metales pesados, dioxinas y otros productos de combustión incompleta se realiza por diversas vías, entre ellas podríamos señalar:

Inhalación de las emisiones.

Afectación directa a trabajadores de las plantas de cemento.

Las emisiones pueden llegar bastante lejos del lugar donde se generaron por medio de corrientes de aire, para luego depositarse en agua y suelo. Esta contaminación afecta cosechas y plantas, y se acumula en peces y animales (incluyendo carne, leche y huevos), además de pasar al ser humano al ingerir alimentos contaminados.

Las dioxinas son uno de los 12 contaminantes orgánicos persistentes (COP) que la ONU ha recomendado reducir y eventualmente eliminar en forma prioritaria, durante el proceso de negociaciones del Convenio de los COP, iniciado en Montreal, Canadá, en junio de 1998.

Hasta ahora, los contaminantes más tóxicos y controvertidos que se han identificado en las emisiones de incineradores son las dioxinas. Éstas se producen siempre que se expone materia orgánica y cloro a altas temperaturas, sea madera y sal o el plástico PVC. Existen 75 diferentes tipos de dioxinas, siendo la más tóxica de todas la que tiene cloro en las posiciones 2,3,7 y 8. La toxicidad de los contaminantes emitidos es la parte más difícil de determinar, y constantemente se están modificando las evaluaciones de toxicidad de muchos de estos compuestos. Para las dioxinas, la Agencia de Medio Ambiente de los E.U., la US EPA, ha realizado ya dos re-evaluaciones, en 1994 y 2000, para tomar en consideración nueva evidencia no conocida anteriormente. Es por esta falta de información y estudios que es indispensable emplear un enfoque precautorio al evaluar el riesgo que representa esta actividad.

Las razones que hacen de las dioxinas una amenaza tan grave son, por un lado, sus propiedades intrínsecas como estabilidad en el ambiente, afinidad por las grasas y capacidad de desplazarse grandes distancias, y por otro su toxicidad a animales y seres humanos. No todas las dioxinas causan los mismos efectos, pues estos varían desde una promoción clara de tumores y cáncer hasta una ligera prevención de tipos de cáncer como el de pecho. La US EPA las ha relacionado además con diabetes, alteraciones de los sistemas reproductivo, hormonal e inmune, abortos, alteraciones en piel y ojos, y reducción de la fertilidad. Las especies cloradas emitidas durante la incineración, como las dioxinas, son capaces de acumularse tanto en tejido graso como en leche materna y pasar al feto en el caso de mujeres embarazadas. Dentro de los efectos que las dioxinas tienen en el feto destacan alteraciones del desarrollo, menor peso al nacer, diámetro craneal reducido y un coeficiente intelectual inferior a largo plazo. La relación entre los niveles de dioxinas en leche materna y la proximidad a los incineradores ha podido ser constatada en un estudio reciente realizado en Alemania.

En México, actualmente no existen laboratorios capacitados para el análisis de dioxinas de alta resolución, y los que establece la NOM son únicamente para emisiones a la atmósfera, tendrán una periodicidad anual, y dejarán a un lado las cenizas y las descargas líquidas generadas en los procesos de lavado de gases que muchas veces contienen más de la mitad del total de estas sustancias. En un estudio reciente realizado en la Universidad de Nueva York, se estima que México, entre todos los países estudiados, emite la mayor cantidad de dioxinas con relación a su Producto Interno Bruto (PIB) nacional, incluso superior a los E.U.A., Europa y Japón (éste último con más de 2,400 incineradores).

3.4.3 Acciones de las autoridades en México frente a este problema

Las autoridades ambientales federales del Instituto Nacional de Ecología (INE) han dado permisos provisionales desde hace 5 años a cada planta cementera para la quema de residuos peligrosos. Los permisos se han dado con base en protocolos de prueba y con reportes semestrales, sin que haya una normatividad ambiental aprobada al respecto. El proyecto de norma oficial mexicana (NOM) contempla la autorización de límites permisibles de emisiones de metales pesados, bifenilos policlorados, hidrofluoruros, hidrocarbonos y un máximo de contenido de cloro de 2% en los residuos que se quemem.

Dichos protocolos de prueba casi nunca reflejan las implicaciones que tiene la quema de residuos peligrosos bajo condiciones reales de operación, ni la dificultad para vigilar el tipo de residuos que se utilizan, los niveles de emisiones permitidos y los residuos generados. En el caso de las dioxinas y furanos, México no cuenta con la experiencia ni capacidad para asegurar una vigilancia eficaz.

En marzo de 1996, el ejecutivo federal, por conducto de la Semarnap, representado por el INE, firma un convenio de concertación con la Cámara Nacional del Cemento (que

agrupa a los principales grupos cementeros) y la Cooperativa Cruz Azul para establecer un programa de reciclaje energético de combustibles alternos en hornos de cemento para el uso de residuos industriales peligrosos.

En 1995, un sub-comité de Normas aprobó un borrador de norma sobre incineración de residuos peligrosos, municipales e industriales, en incineradores y hornos de cemento. Cuatro años más tarde, todavía no ha sido aprobada por el Comité Nacional de Normalización, pues la industria del cemento considera que es una norma demasiado rígida y por lo tanto, difícil de cumplir. En cambio se ha propuesto una NOM distinta para la incineración de "combustibles alternos" en hornos cementeros, aunque tampoco ha sido concluida.¹

3.4.4 Intereses comerciales que promueven la incineración de residuos peligrosos en hornos cementeros

Empresas extranjeras, principalmente estadounidenses, han realizado inversiones conjuntas con algunos de los grupos cementeros más fuertes de México para crear nuevas empresas que ofrezcan el servicio de recolección y mezcla de residuos peligrosos, para ofrecerlos como combustible alternativo, construyendo plantas mezcladoras en los predios de las industrias cementeras.

De hecho, al comienzo de 1998 había seis plantas de mezcla de combustible. Durante el transcurso de 1998 y 1999, el gobierno mexicano dio autorización a 8 instalaciones más para la mezcla de combustibles (ver tabla 2).

Esta estrategia ha sido impulsada por empresas cementeras mexicanas como una forma de ahorrar dinero en combustible, y por industrias estadounidenses que manejan residuos peligrosos como Waste Management, BFI y Mobley Environmental Management.

En efecto, BFI y Metalclad se unieron en México para colaborar con BFI Omega que preparaba residuos peligrosos para su quema en la industria cementera. De igual manera, Waste Management ayudó financiera y técnicamente en la construcción de la planta Ecoltec que mezcla combustibles cerca de la planta de Cementos Apasco en Ramos Arizpe, Coahuila. Esta empresa también ha ofrecido asistencia técnica a otra de las instalaciones que tiene la empresa Residuos Industriales Multiquim (RIMSA) para mezclar combustibles. Finalmente, Mobley Environmental Management, junto con CEMEX, invirtió en una planta para mezcla de combustibles conocida como Pro-Ambiente, en las instalaciones de CEMEX en Torreón, Coahuila.

¹ Korina Esquinca, Secretaria de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México. Foro sobre la Incineración de Residuos Peligrosos, Ciudad Juárez, Chihuahua, 11 de Diciembre, 1998. Esquinca ya no trabaja con el gobierno de la Ciudad de México.

Capítulo 4. Propuestas de Solución

■ Introducción

Después de realizar un diagnóstico de la situación actual, es necesario enfocar el análisis en los siguientes puntos:

- Generación de llantas, pasivos existentes y producción anual
- Regionalización
- Tecnología existente en el país
- Tecnología aplicada en otros países
- Marco jurídico

En este capítulo se estudiarán a detalle estos puntos para poder plantear soluciones.

4.1 Generación de llantas

La generación de llantas depende de varios factores como son la producción, el consumo y el parque vehicular.

Se sabe que actualmente se producen 25 millones de llantas al año, pero no todas las que se producen se desechan en ese mismo año, esto se debe al costo que implica cambiar una llanta usada por una nueva, además el tiempo de vida útil de la llanta como tal dependerá del consumidor. En algunos casos las llantas se cambian después de tres años o más, o se renuevan.

Otro factor importante a considerar en la generación de llantas es la importación, ya que actualmente existen convenios para importación de llantas usadas, principalmente con los estados de Baja California y Sonora, estando en proceso uno más para la Ciudad Juárez en el estado de Chihuahua. Estos dos convenios, se realizaron en 1995. La cantidad de llantas usadas importadas que entran al país alcanza los 7.5 millones anuales¹.

Sumando la cantidad de llantas producidas más las llantas importadas se tiene 32.5 millones de llantas al año. Ahora, hay otro mercado ilegal de llantas, las cuales se importan de otros países, principalmente asiáticos, esta cantidad es de 10 millones al año¹, lo que representa aproximadamente un 40 % de la producción anual.

¹ Datos proporcionados por la Cámara Nacional de la Industria Hulera

En total, tenemos una producción de 42.5 millones de llantas.

Ahora si consideramos el parque vehicular de todo el país, se tiene que hasta marzo del 2000 habia 14'948,264 unidades, incluimos automóviles, camiones, tractocamiones, autobuses, etc². Esto representa aproximadamente 80 millones de llantas que actualmente se encuentran rodando.

4.2 Regionalización

Para el siguiente análisis se realizó una regionalización del país, en función de características tales como áreas de mayor generación de llantas usadas y disponibilidad de infraestructura para su manejo o en su defecto disponibilidad de recursos para el desarrollo de infraestructura y mercados.

Esta zonificación consistió en dividir la República Mexicana (**Figura 4.1**) en dos regiones, a efecto de facilitar la integración y las propuestas de solución. Las regiones establecidas son:

- Región fronteriza y zonas conurbanas

La zona fronteriza se define dentro de la franja de 100 Kilómetros hacia el interior de la República Mexicana, a lo largo de la frontera norte con los Estados Unidos. Las zonas conurbanas del Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Jalisco y Guanajuato, así como los Estados de Baja California y Sonora por los convenios que tienen de importación de llantas usadas.

- Resto del país

Incluye todos aquellos Estados de la República Mexicana que no se mencionaron anteriormente.



Figura 4.1 Regionalización

² INEGI, 2000

4.3 Tecnologías existentes en el país

Las tecnologías que actualmente se emplean en el país para el tratamiento y/o reciclado de llantas desechadas son:

- Combustibles alternos
- Trituración mecánica y Trituración criogénica
- Renovado
- Ingeniería Civil

4.4 TECNOLOGÍAS APLICADAS EN OTROS PAÍSES

- Pirolisis
- Termólisis
- Regeneración del Caucho
- Asfaltado
- Construcción de barreras de coalición
- Control de erosión de suelos y control de crecientes
- Cubierta de relleno sanitario
- Asfaltado
- Compostaje de lodos
- Juegos recreativos
- Monorrelleno
- Material para construcción de edificios
- Agricultura
- Construcción de bloques de concreto para edificios y casas

- El Plan de Manejo Integral se desarrollará de la siguiente manera:
 - Manejo de los pasivos existentes
 - Manejo de las llantas que se generan actualmente

4.5 Programa para el plan de manejo integral

4.5.1 Objetivos y Metas

El objetivo general del Plan Integral de Manejo de Llantas Usadas es el siguiente:

Separar las llantas usadas del manejo de los residuos sólidos municipales y establecer un Sistema de Manejo de Llantas Usadas que sea sostenible y pueda iniciar su operación franca para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en el año 2002 y a nivel nacional en el año 2005.

El aspecto sostenible del Plan Integral busca implantar un sistema de manejo de llantas usadas que sea económicamente autosuficiente, que contribuya a la conservación del ambiente natural de nuestro país, mejore la salud y favorezca un incremento en el bienestar de los mexicanos.

En éste sentido, se pueden establecer los objetivos específicos siguientes:

- a. *Mejorar la salud publica a través de la reducción de riesgos a la salud, dentro del territorio nacional, mediante el manejo y disposición adecuados de las llantas usadas que se generan en el país, para con ello elevar el nivel de bienestar de sus habitantes.*
- b. *Desarrollar Investigaciones, Proyectos y Estudios, que promuevan el mejoramiento tecnologico del sector y la identificación, así como el fortalecimiento o desarrollo de los mercados y la legislación complementariamente necesarios para el funcionamiento del sistema propuesto.*
- c. *Promover las mejoras institucionales, legislativas, fiscales y culturales que permitan el manejo adecuado de las llantas usadas.*
- d. *Alentar a los generadores de llantas usadas, para que se reduzca la generación de las mismas.*
- e. *Promover la conservación ambiental y la reducción de la contaminación, a través del aprovechamiento de los recursos naturales contenidos en las llantas usadas (recuperación y reciclaje).*
- f. *Exigir que las instalaciones y equipos utilizados para el almacenamiento, transporte, aprovechamiento y disposición final o eliminación de las llantas usadas, operen sin contaminar el ambiente o perjudicar la salud humana.*

4.5.2 Concepto Básico y Alternativas

Para poder efectuar un manejo integral de las llantas usadas, cabe aclarar que no se pueden realizar en forma global, es decir, no es lo mismo en las zonas conurbadas y fronteriza que en el resto del país, por tal motivo el manejo se realizará por separado.

Almacenamiento:

El almacenamiento de las llantas no debe convertirse en una preocupación más en cuanto a desechos sólidos se refiere, al contrario debemos encontrar soluciones eficaces para su manejo, las soluciones no deben ser tan solo de una persona, al contrario, si participamos todos encontraremos más soluciones. En el caso del almacenamiento si este no esta bien controlado, las consecuencias son que se convierte en tiradero ó basurero y no en lo que realmente es; por tal razón es necesario que se cuente con un mantenimiento y limpieza constante. La situación climática del país es tan variable que por esta razón es recomendable no tener mucho tiempo acumuladas las llantas ya que en algunos sitios las temperaturas oscilan entre 25° - 30° C o más acumulándose la fauna nociva y proliferando de

manera alarmante, por esta razón es muy importante el tener muy limpio el lugar dispuesto para el almacenamiento.

Las condiciones de almacenamiento varían de una región a otra, por tal motivo a continuación se recomiendan las medidas que deberán tomarse para cada una de ellas.

Regiones extremosas:

En la República existen estados donde las condiciones climáticas son muy extremosas como en los casos de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Sinaloa, Nuevo León, Durango y Tamaulipas; donde las temperaturas varían con fríos de hasta menos de cero grados centígrados y superiores a los treinta grados centígrados en estos casos es recomendable, que el almacenamiento no sea mayor a los 15 días o no exceda un número mayor a las 500 llantas usadas acumuladas.

Región donde las temperaturas son mayores a los 25° C:

Los estados de la República que tienen temperaturas mayores a los 25° C, son lugares donde se tendrá más cuidado en el almacenamiento, esto se debe a que las condiciones son ideales para la proliferación de fauna nociva y enfermedades tropicales como el dengue, tal es el caso de moscas, mosquitos, ratas y cucarachas por mencionar algunas, por esta razón es recomendable que su almacenaje no pase los 10 días para que no se forme fauna nociva en el sitio. Los Estados de la República con temperaturas mayores a los 25° C son: Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Campeche, Yucatán, Colima y Michoacán.

Región donde las temperaturas oscilan entre los 18° C y los 25° C:

En esta región se encuentran los Estados de la República restantes los cuales pueden almacenar sus llantas usadas por lo mucho 15 días o que no excedan un número de 500 llantas, evitar la proliferación de fauna nociva, o en su defecto se deberá contar con un programa de control de fauna nociva, autorizado por el área ambiental competente, del gobierno estatal, además de un Plan de respuesta a emergencia, con el visto bueno de las autoridades de protección civil que corresponda.

A lo anterior cabe adicionar que otro factor importante en el almacenamiento de llantas, es la cantidad de llantas que se generan, es decir, las zonas conurbadas y fronterizas del país generan mayor cantidad de llantas usadas, esto porque es donde existe mayor concentración de población y por consiguiente mayor consumo de llantas, y por encontrarse en la frontera del país, la entrada de llantas importadas usadas es mayor. Para este caso es necesario tomar las medidas de control necesarias para un adecuado almacenamiento, principalmente para evitar la proliferación de fauna nociva o posibles riesgos civiles. Las recomendaciones para estas ciudades son que el almacenamiento no rebase los 10 días o un número mayor de 500 llantas.

En cuanto al resto del país es necesario considerar las condiciones climatológicas, para poder tener un almacenamiento adecuado.

4.5.3 Estrategias

Las estrategias para lograr los objetivos propuestos, tienen que ser introducidas en la práctica y paso a paso, hacia la meta final. Entonces es recomendable fijar metas temporales y dividir esas estrategias en tres fases, tal como se sugiere a continuación:

- a. Fase a corto plazo (2001 al 2003)
- b. Fase a mediano plazo (2004 al 2010)
- c. Fase a largo plazo (2011 en adelante)

Estrategias sugeridas para la Fase a Corto Plazo

- 1) Preparar y promulgar el marco legal requerido
- 2) Promover la educación y participación pública
- 3) Preparar e instrumentar un proyecto piloto (Demostrativo)
- 4) Identificación de mercados para los productos derivados de los procesos de aprovechamiento de llantas usadas
- 5) Preparar criterios para fijar tarifas, impuestos o depósitos por el manejo de las llantas usadas
- 6) Formulación de Planes Integrales a nivel estatal y municipal
- 7) Analizar las condiciones para institucionalizar o en su defecto controlar los sistemas informales de manejo de llantas usadas
- 8) Identificación de estudios, proyectos e investigaciones prioritarios
- 9) Localización de las mayores acumulaciones de pasivos ambientales
- 10) Experimentar la introducción de los sistemas viables para la recuperación de recursos naturales a partir de las llantas usadas
- 11) Estudios de factibilidad para los proyectos prioritarios
- 12) Fortalecer las alternativas existentes en el país, para el manejo adecuado de llantas usadas
- 13) Creación de un fondo o fideicomiso que garantice el financiamiento y la autonomía económica de los proyectos prioritarios
- 14) Elaborar los criterios de inspección y evaluación para tener un control adecuado del Sistema para el manejo de llantas usadas
- 15) Promover la formación de personal calificado para la operación, inspección y evaluación de los sistemas de manejo de llantas usadas.
- 16) Preparar un paquete de instrumentos de prevención y control de riesgos ambientales, ocupacionales, de salud pública y de protección civil por el inadecuado manejo de las llantas usadas.

Estrategias sugeridas para la Fase a Mediano Plazo

- 1) Institucionalizar el manejo adecuado de las llantas usadas (creación de las áreas encargadas de promover y vigilar el desarrollo del Plan Integral, otorgándoles el marco estructural y administrativo adecuados)

- 2) Preparar y ejecutar las acciones coercitivas que garanticen el cumplimiento del marco legal establecido
- 3) Establecer los mecanismos para otorgar las autorizaciones, que sean requeridas por el marco legal e implantar su práctica
- 4) Implantar las tarifas, impuestos o depósitos elegidos para garantizar el manejo adecuado de las llantas usadas
- 5) Instrumentar proyectos de saneamiento para los sitios con las mayores acumulaciones de pasivos ambientales
- 6) Instrumentar los sistemas de inspección y evaluación de los Programas para el manejo de llantas usadas
- 7) Empezar las operaciones en las nuevas instalaciones
- 8) Definir prioridades de financiamiento para inversión los proyectos elegibles
- 9) Continuar la educación y participación pública
- 10) Continuación de estudios, proyectos e investigaciones prioritarios
- 11) Revisión y evaluación de marco legal, tarifas, impuestos o depósitos, mercados, esquemas institucionales y alternativas tecnológicas

Estrategias sugeridas para la Fase a Largo Plazo

- 1) Continuar la educación y participación pública
- 2) Continuación de estudios, proyectos e investigaciones prioritarios
- 3) Revisión y evaluación de marco legal, tarifas, impuestos o depósitos, mercados, esquemas institucionales y alternativas tecnológicas
- 4) Ampliar la cobertura de los programas que hayan logrado la autosuficiencia económica y garanticen el cuidado del ambiente y la salud humana
- 5) Continuar la operación y el mantenimiento de la infraestructura instalada
- 6) Continuar la ejecución de proyectos de saneamiento para los sitios con acumulaciones de pasivos ambientales
- 7) Uso regional de las alternativas para el aprovechamiento de las llantas usadas
- 8) Continuar la operación de los sistemas de inspección y evaluación de los Programas para el manejo de llantas usadas
- 9) Continuar la operación de los mecanismos para otorgar las autorizaciones, que sean requeridas por el marco legal

4.6 Plan de manejo para los pasivos existentes

Cuantificación de pasivos existentes

Es difícil saber la cantidad de llantas usadas que se encuentran acumuladas en todo el país, esto se debe a que no se tiene un control de la disposición final que se les da, además de que en los tiraderos a cielo abierto o Rellenos Sanitarios se almacenan o en su defecto son recolectadas por los pepenadores.

Por lo anterior es necesario que cada municipio del país realice una cuantificación de los pasivos que tiene actualmente, ya sea en tiraderos a cielo abierto, rellenos sanitarios o en centros de acopio e incluso en las talacheras.

4.6.1 Sistema de Recuperación de Llantas Usadas

El sistema de recuperación y eliminación de llantas usadas denominadas como pasivos, será responsabilidad del Municipio correspondiente, debido a que se considera un residuo sólido municipal y para ello, cada municipio deberá presentar ante la autoridad ambiental estatal, un **Plan para la Eliminación o Reducción Sustancial de las Acumulaciones de Llantas Usadas** existentes dentro de su jurisdicción territorial. Para poder recuperar estas llantas usadas el municipio propondrá la recolección, transporte, almacenamiento y disposición final, conforme a los lineamientos mínimos siguientes:

Recolección

La recolección será realizada por los Municipios, los cuales se encargarán de recolectar todas aquellas llantas usadas que se encuentren en sitios a cielo abierto y bajo condiciones insalubres o que representen un riesgo para el ambiente. Además tendrán la obligación de llevarlas a los centros destinados para almacenamiento o acopio.

Transporte

El transporte se realizará en las unidades proporcionadas por el Ayuntamiento, el cual tendrá la obligación de transportar todas las llantas que se encuentren en sitios inapropiados o insalubres, hasta instalaciones que cuenten con las autorizaciones correspondientes para el acopio, aprovechamiento o la eliminación de las llantas usadas.

Almacenamiento

El Municipio destinara lugares para el almacenamiento de las llantas en forma segura, en tanto son llevadas a la instalación en que serán procesadas o eliminadas, este sitio debera contar con las siguientes especificaciones:

- Contar con acceso restringido y controlado.
- No encontrarse a cielo abierto o en su defecto mantener las llantas usadas en contenedores cerrados, móviles y fabricados en materiales no combustibles.
- Contar con las medidas de seguridad e higiene mínimas que establezca la autoridad competente
- El almacenamiento no debera ser mayor a 15 días, cuando se exceda de las 500 llantas usadas, para evitar la proliferación de fauna nociva. En su defecto, se deberá contar con un programa de control de fauna nociva, autorizado por el área ambiental competente, del gobierno estatal, además de un Plan de respuesta a emergencias, con el visto bueno de la autoridad de protección civil que corresponda.
- Contar con un sistema de control de entrada y salida de llantas usadas.

Disposición final o Eliminación

Elaborar un Plan de Disposición Final o Eliminación de los pasivos ambientales de interés, que incluya lo siguiente:

- Instalación de destino de los pasivos ambientales, la cuál deberá estar autorizada para la disposición o eliminación de llantas usadas.
- Programa de remoción de las llantas usadas consideradas como pasivos ambientales y su entrega en la instalación de destino.

Clausura y rehabilitación

Elaborar un plan de clausura y rehabilitación del sitio en que se encontraban los pasivos ambientales, que al menos incluya lo siguiente:

- Cierre del acceso al público, al menos hasta su apertura con el nuevo uso definido en el proyecto de rehabilitación.
- Remoción de todas las llantas usadas o partes de las mismas
- Remoción o aislamiento de cualquier otro tipo de residuos existentes en el sitio.
- Restauración de las condiciones físicas del sitio, de tal forma que se favorezca su integración al entorno, en el menor tiempo posible.

4.7 Plan de manejo para las llantas que se generan actualmente

Generación de llantas usadas

En ésta etapa, es necesario en primer término, realizar estudios de generación de llantas usadas (al menos a niveles estatal y municipal), que nos permitan conocer los índices de generación que las rigen, así como las prácticas o acontecimientos que modifican tales índices e incluso sus variaciones dependiendo de las características del generador, tales como el que se trate de una persona física, una persona física con actividad empresarial, una persona moral y dentro de cada uno de éstos grupos el tipo de actividad realizada. Adicionalmente, se recomienda el establecimiento de sistemas estatales de registro y análisis de ésta información y retroalimente con sus resultados a las áreas de planeación y toma de decisiones.

De ser posible, dichos muestreos de generación deberán ser repetidos con al menos una periodicidad anual, con la finalidad de poder evaluar las variaciones de los indicadores correspondientes y poder calcular, para efectos de planeación, el porcentaje en que dichas cifras se reducen o incrementan cada año.

También será necesario, favorecer la reducción de las cantidades de llantas usadas que actualmente se generan en el país, a través de la promoción del cuidado y uso adecuado de las llantas que se encuentran en circulación y para ello se requiere de la participación de los productores de llantas nuevas del país formulando y

distribuyendo guías que describan las prácticas adecuadas de cuidado y mantenimiento de las llantas en circulación.

4.7.1. Sistema de recuperación de llantas usadas

Este sistema consiste en llevar a cabo un programa de manejo Municipal de las llantas usadas. Este sistema consistirá en la recolección, transporte y almacenamiento en centros de acopio.

Recolección

1. Los centros de distribución y cambio recibirán las llantas que los consumidores entreguen al encargado.
2. Las tiendas de autoservicio que se dediquen a la venta de llantas, tendrán que destinar un lugar para la recepción y almacenamiento temporal de las llantas usadas, conforme a los requerimientos establecidos más adelante para el almacenamiento o acopio de estos materiales.
3. Se destinarán sitios para el almacenamiento de llantas usadas, estos serán en puntos estratégicos del municipio. Estos sitios recibirán las llantas que cualquier persona vaya a desechar.

Transporte

1. Para el caso de los distribuidores, las plantas productoras se encargarán de transportar las llantas usadas al centro de acopio elegido.
2. Para el caso de las tiendas de autoservicio, éstas destinarán los vehículos necesarios, para el traslado de las llantas usadas a los centros de acopio.
3. En ambos casos las llantas se deben almacenar en sitios controlados y que cumplan con los requerimientos establecidos en la sección correspondiente a almacenamiento en centros de Acopio, de este mismo documento.

Almacenamiento en Centros de Acopio

En éste sentido, es necesario reducir la dispersión que actualmente existe en lo referente a los sitios en que se reciben y almacenan las llantas usadas, con la finalidad de hacer mas fácil y eficiente su control y cuantificación, es por ello que se recomienda la estructuración e implantación de sistemas estatales o regionales de centros de acopio para llantas usadas.

Los centros de acopio serán aquellos sitios destinados a recibir las llantas que se generan en la localidad, municipio o región en que se localicen. Este sitio debe reunir las características siguientes:

1. Contar con acceso restringido y controlado.
2. Dimensionados, conforme a las necesidades de la localidad o región a la que proporcionarán servicio, en función de los indicadores o las estimaciones disponibles de generación de llantas usadas.
3. Las llantas, preferentemente no deberán estar a la intemperie, cerca de cuerpos de agua o en su caso expuestas a la lluvia, de tal forma que se favorezca la

acumulación y almacenamiento de esta. En su defecto, mantener las llantas usadas en contenedores cerrados, móviles y fabricados en materiales no combustibles.

4. El almacenamiento no deberá ser mayor a 15 días, cuando se exceda de las 3,000 piezas en la región fronteriza o zonas metropolitanas y 500 llantas usadas en el resto del país, para evitar la proliferación de fauna nociva. En su defecto, se deberá contar con un programa especial de control de fauna nociva, autorizado por el área ambiental competente, del gobierno estatal, además de un Plan de respuesta inmediata a emergencias, con el visto bueno de la autoridad de protección civil que corresponda.
5. La instalación deberá estar cercada, preferentemente techada y perfectamente ventilada, contar con puertas de cierre y apertura manual, contar con piso firme y fácil de asear, construida en materiales no combustibles.
6. Llevar un control de la cantidad de llantas que entran y salen del sitio.
7. Seleccionar las llantas para el uso posterior a que serán destinadas, según las características del proceso involucrado.
8. Contar con un Plan de Operación del centro de acopio, autorizado por el área de medio ambiente estatal y que incluya con las medidas de seguridad e higiene mínimas que establezca la autoridad competente. En éste plan de operación, también debe especificarse que el almacenamiento únicamente podrá realizarse en contenedores cerrados, móviles y fabricados en materiales no combustibles, en anaqueles metálicos o en pilas verticales y en los dos últimos casos, no podrán exceder los tres metros de altura, cuarenta metros de largo y estar separados entre sí y de las paredes, cercas u otras construcciones aledañas, por una distancia mínima de 4.5 m.
9. Contar con un Plan de Respuesta a Emergencias, autorizado por el área de protección civil correspondiente

4.8 Sistema de entrega a las empresas recicladoras o tratadoras

4.8.1 Empresas que se encuentran dentro del Municipio

El Municipio destinará el tipo de transporte que llevará las llantas usadas del centro de acopio a la empresa recicladora o tratadoras.

El número de vehículos, tiempo y cantidad de llantas a entregar dependerá de la generación que se tenga. El tiempo de entrega no deberá exceder más de quince días.

4.8.2 Empresas que se encuentran fuera del Municipio pero dentro del Estado.

Para este caso, debido a los aspectos económicos que involucra el transporte, el tiempo de entrega dependerá de la cantidad de llantas que se generen, pero no deberá exceder más de quince días o 3,000 piezas, de almacenamiento en el centro de acopio.

El Municipio destinará estos vehículos para transportar las llantas usadas, a la (s) empresa(s) recicladora(s).

4.9 Sistema de comercialización para los productos elaborados a partir del procesamiento de llantas usadas

Se creará el mercado para los productos elaborados a partir del procesamiento de llantas usadas. Este se basará en dar a conocer a los consumidores los beneficios que trae el uso de estos productos.

Cada una de las tecnologías contará con un mercado ya establecido, o en su defecto se proporcionarán las bases para que se fortalezca. En el Capítulo 3 se describe el tipo de mercado que existe para las tecnologías convencionales.

4.10 Desarrollo del marco jurídico para implantar el programa

El marco jurídico consistirá en realizar un reglamento para la disposición final de llantas usadas. Este reglamento será realizado por Municipio y sentará las bases para realizar un manejo adecuado de las llantas desechadas.

Los puntos a contemplar en dicho reglamento son:

- Recolección, transporte, almacenamiento y disposición final de las llantas usadas.
- Creación de un fideicomiso para solventar los gastos que involucra el programa.
- Sanciones que ocasionará el incumplimiento del reglamento.
- Autoridades responsables en el cumplimiento y vigilancia del reglamento.

4.11 Instrumento de apoyo al programa

Es necesario para poder realizar un programa integral del manejo de llantas usadas, que cada Estado cuente con un Fondo Económico para poder solventar los gastos que implicará llevar a cabo el Programa, así mismo con este fondo poder apoyar a las empresas que puedan ocupar las llantas usadas en sus proceso.

Las propuestas para poder formar este Fondo Económico son:

- Formación de un Fideicomiso. Este podrá realizarse por Municipio o Estado, el cual establecerá las especificaciones que tendrá este Fideicomiso, los responsables, impuestos, etc.
- Depósito Reembolso. Este podrá tomarse basándose en el estudio realizado por el departamento de economía del Instituto Nacional de Ecología.
- Impuesto a las llantas. En base a lo establecido por otros países y los resultados obtenidos, es recomendable crear un impuesto a las llantas. En

promedio tomando de base los impuestos que establece Estados Unidos, se recomienda \$10.00 por llanta (aproximadamente \$1.00 USD).

Además, el principal actor involucrado en el problema es el consumidor, por tal motivo es necesario concientizar a la comunidad para que el Programa sea conocido, así como invitar a la participación del mismo.

Para dar a conocer este Plan es necesario que los Municipios den a conocer a la población sobre los beneficios ambientales que trae consigo una buena disposición de llantas. Los medios que puede emplear para el conocimiento del Plan es mediante carteles, propaganda, radio, televisión, etc. Así mismo incluir una educación ambiental basada en los siguientes objetivos:

- 1) La difusión de información y alternativas,
- 2) Desarrollo de un sentido de responsabilidad, solidaridad y participación, y
- 3) Inducir al cambio de valores y conductas.

4.12 Propuestas de solución

Las propuestas de solución se conformarán en dos bloques. El primero consiste en utilizar las tecnologías que actualmente existen en nuestro país, basándose en esto para dar solución a una parte del problema, se considerarán pasivos existentes y generación actual.

El segundo bloque está encaminado a utilizar tecnología aplicable en otros países, de tal manera que en un futuro se solucione el problema total de las llantas usadas.

4.12.1 Aplicación de la tecnología existente en el país

Combustible alternativo

Utilizar las llantas desechadas como combustible alternativo es una de las tecnologías más comunes en nuestro país. Actualmente en México existen 33 plantas cementeras, distribuidas en diferentes partes del país (**Figura 4.2**), por lo que ésta será una de las mejores alternativas de solución. Además algunas de ellas como Cementos Mexicanos (CEMEX), Cementos Apaxco, Cementos Cruz Azul y Cementos Guadalajara, cuentan con la tecnología necesaria para utilizarlas.

Únicamente se recibirán las llantas que cuentan con las siguientes características:

1. Estar enteras
2. Tamaño máximo 120 cm diámetro x 35 cm ancho
3. Libre de residuos sólidos
4. Sin agua estancada
5. Libre de plaguicidas

- **Objetivos Específicos**

Todas las industrias que utilicen la incineración en su proceso, tal es el caso de las cementeras, papel, etc., utilicen las llantas desechadas como combustible alterno.

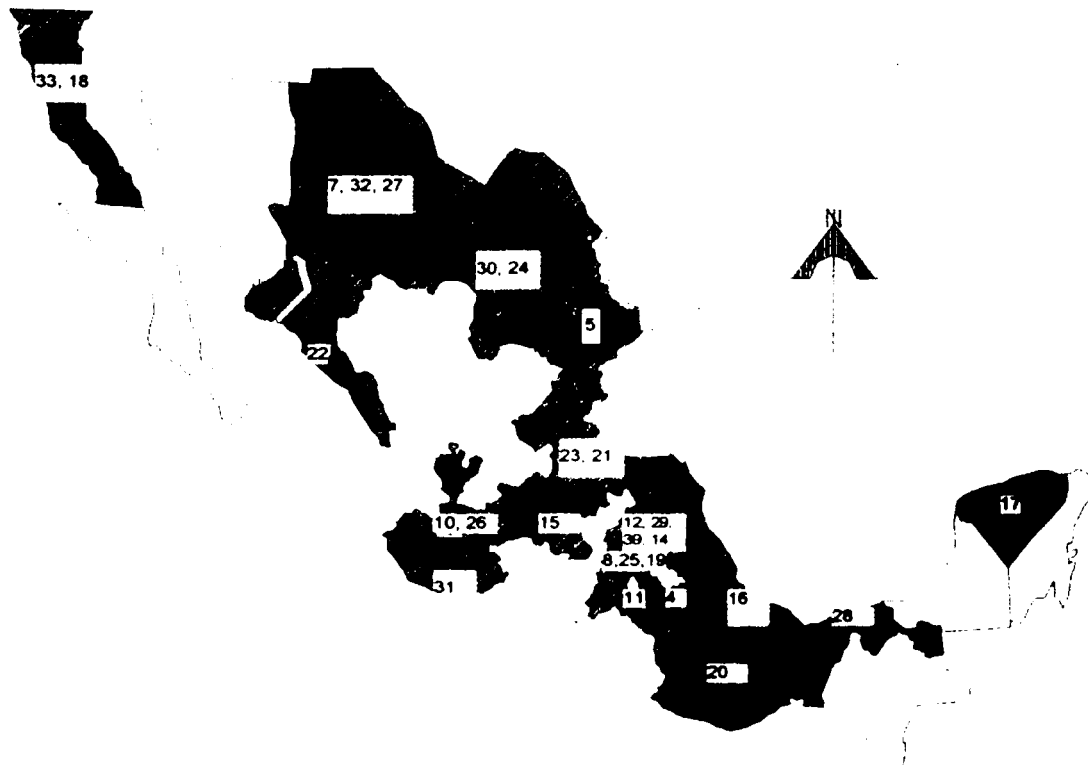


Figura 4.2 Distribución de plantas productoras de cemento en el país

FUENTE: DGSU

En el cuadro 4.2 se presenta la relación de los estados y las corporativas que operan en ellos.

Cuadro 4.2
Estados y plantas cementeras

ESTADO	CORPORATIVA	ESTADO	CORPORATIVA
1. Hidalgo	Cementos Hidalgo	18. Baja California (Ensenada)	Cementos Guadalajara
2. Hidalgo (Tula)	Cementos Tolteca	19. Edo. de México (Atotonilco)	Cementos Tolteca
3. Hidalgo (Jasso)	Cooperativa Cruz Azul	20. Guerrero (Acapulco)	Cementos Acapulco
4. Puebla	Cementos Landa	21. San Luis Potosí (Valles)	Cementos Valle San Luis Potosí
5. Monterrey	Cementos Monterrey	22. Sinaloa (El Fuerte)	Cementos Sinaloa
6. Campana	Cementos Portland Nacional	23. Tamaulín	Cementos Anáhuac
7. Chihuahua (Nombre de Dios)	Cementos Chihuahua	24. Coahuila (Torreón)	Cementos Valle Torreón
8. Edo de México (Tlalnepantla)	Cementos Portland Blanco de Mexico	25. Apaxco	Cementos Apaxco
9. Hidalgo (Lagunas)	Cooperativa Cruz Azul	26. Zapotiltic	Cementos Tolteca
10. Guadalajara	Cementos Guadalajara	27. Chihuahua (Juárez)	Cementos Chihuahua
11. Edo de México (Jiutepec)	Cementos Moctezuma	28. Tabasco	Cementos Apaxco
12. Edo de México (Barrientos)	Cementos Anáhuac	29. Huichapan	Cementos Mexicanos
13. Mármol	Cementos del Pacifico	30. Coahuila (Ramos Arispe)	Cementos Apaxco
14. Hidalgo (Vito)	Cementos Portland Blanco	31. Jalisco (Tecomán)	Cementos Apaxco
15. Guanajuato (León)	Cementos Maya	32. Chihuahua (Tsamlayuca)	Cementos Chihuahua
16. Veracruz (Orizaba)	Cementos Veracruz	33. Baja California (Tepeaca)	Cementos Mexicali
17. Yucatán (Mérida)	Cementos Maya		

- **Metas en los plazos corto, mediano y largo**

Las industrias cementeras que actualmente reciben las llantas desechadas sigan utilizándolas en el proceso de incineración, además todas las industrias que utilicen la incineración en su proceso, utilicen las llantas desechadas como combustible alterno.

- **Planes de acción**

La aplicación de esta tecnología se realizará para ambas regiones, pero la más beneficiada será la región del centro del país, ya que es el lugar donde se concentra la mayor parte de la industria cementera.

- **Utilización de recursos**

Los recursos financieros, materiales y humanos serán requeridos dependiendo de las instalaciones a utilizar por las industrias cementeras o aquellas que utilicen la incineración en sus procesos, ya que ésta implementará los equipos necesarios para operar con las llantas usadas.

- **Tecnologías disponibles**

Hornos rotatorios con precalentadores.- Utilizan las llantas enteras.
Hornos rotatorios sin precalentadores.- Utilizan llantas en trozos.

- **Sistemas de información, para la supervisión y control de los planes**

Fomentar que la industria llantera recolecte y transporte las llantas desechadas a los centros de acopio que tienen las empresas cementeras. Tal es el caso de CEMEX, el cual cuenta con centros de acopio en: Baja California (Tijuana, Mexicali, Ensenada), Hidalgo (Huichapan) y Distrito Federal (Mixcoac). En los centros de acopio se llevará un control de la cantidad de llantas a recibir

- **Calendario de actividades**

Las empresas cementeras deberán acordar con las empresas productoras de llantas los días que llevarán las llantas desechadas a los centros de acopio, esto con el fin de no crear acumulaciones masivas de llantas y tener un control de su manejo

- **Instrumentos de apoyo**

Para poder solventar los gastos de transporte de las llantas, se recomienda realizar un aumento al costo de la llanta, de tal manera que sea proporcional al costo que implicaría el transporte.

Trituración

Actualmente en México existe una Planta trituradora denominada Llantas y Servicios Técnicos de Baja California, la cual se encuentra ubicada en carretera Mexicali-Tijuana Km-16. Esta Planta actualmente recibe 42,000 llantas aproximadamente al mes. Las llantas recibidas se Trituran y posteriormente se entregan a Cementos Guadalajara.

Así mismo en el Estado de Hidalgo se encuentra una Planta de Trituración Criogénica, la cual recibe llantas procedentes de Baja California. El proceso consiste en separar el acero, el nylon y el hule de las llantas. El acero se vende, el hule se utiliza para asfaltado y el nylon se deposita en rellenos sanitarios.

- **Delimitación del alcance**

La única limitante es que solamente existen dos trituradoras en todo el país.

- **Objetivos Específicos**

Instalación de trituradoras en los Estados de la República Mexicana que generan mayor cantidad de llantas usadas.

- **Metas en los plazos corto, mediano y largo**

Las dos plantas de trituración que existen reciban las llantas que se generan. La zona fronteriza cuente con trituradoras, para dar solución a los pasivos existentes, así como las llantas que se generan. Los Estados donde se concentra la mayor parte de la población, cuenten con sistemas de trituración.

- **Planes de acción**

La aplicación de esta tecnología es para la primera regionalización (franja fronteriza, Baja California, Sonora y Estados conurbanos), ya que son los lugares donde más se concentra la cantidad de llantas, pasivos y generación, principalmente de llantas importadas usadas.

- **Utilización de recursos**

La zona fronteriza y estados con mayor índice de población formen un fideicomiso para solventar los gastos que implica la colocación de una planta de trituración.

- **Tecnologías disponibles**

Existen dos tipos de trituración: normal y criogénica, en ambos casos el equipo a utilizar depende de la capacidad de la materia prima, en nuestro caso las llantas desechadas.

- **Sistemas de información, para la supervisión y control de los planes**

Esta tecnología es recomendada para los municipios, estos deberán supervisar que se lleve a cabo el manejo adecuado de los equipos, así mismo llevar un control de la alimentación de la materia prima, la cual se deberá reportar en los formatos que se establezca.

- **Calendario de actividades**

El calendario dependerá de la capacidad que las trituradoras tengan, de esta forma se indicará la cantidad de llantas a recibir el día y el municipio que las llevará.

- **Instrumentos de apoyo**

Creación de un fideicomiso o comisión estatal encargada del funcionamiento de las Plantas de trituración.

Fomentar a la creación de empresas que utilicen las llantas trituradas, como pueden ser: asfaltado, tejas, tapetes o regeneración del caucho. Esto con el fin de poder utilizar las llantas trituradas y no se depositen únicamente en rellenos sanitarios.

Renovado

El renovado de llantas es una de las alternativas que únicamente aumenta el tiempo de vida útil de las llantas, para los fines que fue creada.

- **Delimitación del alcance**

Únicamente las llantas usadas se pueden renovar 3 veces y usarse para los fines con que fue diseñada. Únicamente se recibirán las llantas que no presenten daños en las cuerdas de acero y que tengan más de 3 mm de cubierta de rodadura.

- **Objetivos Especificos**

Dar a conocer a la población sobre los beneficios que tienen el usar llantas renovadas, principalmente por su costo.

- **Metas en los plazos corto, mediano y largo**

La principal meta es dar a conocer a la población lo que es el renovado, los sitios donde se reciben estas llantas y el costo de renovación.

- **Planes de acción**

Este tipo de tecnología es aplicable para todo el país, se fomentaría a que las llantas renovadas presentan una mayor seguridad que las llantas importadas. Por consiguiente se empezaría a generar un menor consumo de llantas usadas importadas.

- **Utilización de recursos**

Fomentar a la población para que renueven sus llantas, implicará que este tipo de industria crezca, por tal motivo los recursos materiales, financieros y humanos crecerán.

- **Tecnologías disponibles**

La cantidad de espacio y equipo necesitado para operar una instalación de reparación de llantas depende de los siguientes factores: tipo de llanta, número de llantas a ser reparadas en una base diaria y el clima.

- **Sistemas de información, para la supervisión y control de los planes**

El principal sistema de información es fomentar a la población a que renueven sus llantas, orientar cuales empresas se dedican al giro y sus ubicaciones. Así mismo las autoridades encargadas de la supervisión y control de los estándares que deberán reunir estas llantas deberán realizar los controles pertinentes. Las empresas renovadoras deberán llenar unos formatos donde indiquen la cantidad de llantas que ingresan así como las que salen, y sus características principales

- **Calendario de actividades**

Este tipo de tecnología no implica un calendario de actividades específico, únicamente se dedicará a recibir las llantas que los usuarios lleven, estos pueden ser particulares, empresas camioneras, sistemas de transporte público en general.

- **Instrumentos de apoyo**

El principal instrumento de apoyo, es fomentar a la población a que es más económico renovar una llanta usada bajo ciertas características que comprar una llanta usada importada, principalmente dar a conocer las ventajas y beneficios que se ofrecen el uso de este tipo de llantas.

Usos en Ingeniería Civil

Los usos en ingeniería civil, para nuestro caso van encaminados principalmente para los rellenos sanitarios, ya que la aplicación que se les da en estos sitios es en la geomembrana, caminos y estabilidad de taludes.

- **Delimitación del alcance**

Es poco usable en el país. La cantidad de llantas a utilizar es reducida, esto se debe a que las llantas utilizadas no se pueden sustituir constantemente, es decir quedan como pasivos.

- **Objetivos Especificos**

Fomentar a utilizar las llantas en está área, principalmente para protección de geomembranas y caminos en rellenos sanitarios, estabilidad de taludes, asfaltado en carreteras, etc.

- **Metas en los plazos corto, mediano y largo**

Todos los rellenos sanitarios existentes, así mismo los que se vayan a construir, apliquen este tipo de sistema en sus instalaciones. Las empresas que se dedican al asfaltado utilicen las llantas como parte de la materia prima.

- **Planes de acción**

La aplicación de las llantas usadas se realizará para todo el país. La disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios aumenta cada vez más, esto permitirá crear una fuente de consumo de llantas constante, más sin embargo este consumo es mínimo, pero es una alternativa que permitirá absorber una parte del problema.

- **Utilización de recursos**

Para el caso de los rellenos sanitarios, el utilizar las llantas para la protección de geomembrana, caminos y estabilidad de taludes, solo necesitarán recursos humanos para la colocación adecuada de las llantas. En el caso de las empresas dedicadas al asfalto será necesario la trituración de la llanta para incorporarla al proceso, esto implica un aumento de los recursos económicos, financieros y humanos.

- **Tecnologías disponibles**

Únicamente para el asfalto la tecnología a utilizar es la trituradora, la capacidad de la trituradora dependerá de la cantidad de llantas que utilice el proceso.

- **Sistemas de información, para la supervisión y control de los planes**

La supervisión y control en los rellenos sanitarios dependerán de las autoridades correspondientes, así mismo para el asfaltado.

- **Calendario de actividades**

La colocación de las llantas en relleno sanitario dependerá del calendario de construcción y operación del mismo.

- **Instrumentos de apoyo**

Dar a conocer a las autoridades correspondientes de cada municipio la forma de utilizar las llantas en los rellenos sanitarios.

4.12.2 Aplicación de la tecnología existente en otros países

Las tecnologías aplicadas en otros países se pueden clasificar en dos tipos:

- a) Las que no necesitan un alto costo de inversión

Dentro de esta categoría se encuentran las aplicaciones en control de erosión de suelos y crecientes de agua, cubierta de relleno sanitario, compostaje de lodos, juegos recreativos y agricultura.

La limitante en este tipo de reuso es que la cantidad de llantas a utilizar es mínima y no constante. Sin embargo se deberá de fomentar principalmente para utilizar parte de los pasivos existentes.

- b) Las que por su proceso requieren un alto costo de inversión

Las principales tecnologías son: pirolisis, termólisis y regeneración de caucho y construcción de bloques de concreto.

Estas tecnologías son de costos muy altos debido al equipo a utilizar, pero los beneficios que se obtienen son:

- Consumen cantidades considerables de llantas
- Las emisiones a la atmósfera son mínimas
- Se obtiene materia prima para otros procesos
- En caso de implementar alguna de las tecnologías se recomienda principalmente la regeneración del caucho, esto se debe a que es una tecnología que tendría un mercado asegurado, ya que la industria llantera sería el principal consumidor de este producto.

4.13 Aplicación de las tecnologías por región

Los esquemas que a continuación se presentan, son una alternativa de solución para la aplicación de las tecnologías convencionales y no convencionales, por región, esto con el fin de poder dar una solución a los pasivos existentes y a la generación de llantas que se tendrán a un futuro.

Las tecnologías se deberán fomentar para su realización, ya sea mediante la aplicación de un Fideicomiso, depósito reembolso o aplicando un impuesto a las llantas, y poder fomentar la creación de nuevas plantas o fomentar a las existentes para que puedan incorporar a sus procesos los equipos o sistemas necesarios para llevarlos a cabo.

En los cuadros 4.1 y 4.2 se presenta la relación de las tecnologías utilizadas por región del país, éstas están representadas por porcentajes.

Cuadro 4.1
Área fronteriza y zonas conurbadas

TECNOLOGÍA	PORCENTAJE
Trituración y Relleno	10
Renovado ²	10 a 20
Asfaltado Plástico ^{1,3}	20
Combustible Alterno ^{1,3}	48 a 59
Usos no convencionales ²	1 a 2

Cuadro 4.2
Resto del país

TECNOLOGÍA	PORCENTAJE
Trituración y Relleno	45
Renovado ²	5
Asfaltado Plástico ^{1,3}	20
Combustible Alterno ^{1,3}	20
Usos no convencionales ²	10

1. Apoyo a la inversión en infraestructura. Es necesario que estas tecnologías se vean apoyadas para llevarlas a cabo, principalmente por el costo que lleva consigo implementar un equipo de esta naturaleza a los procesos productivos de las empresas. Esto podrá realizarse mediante el Fondo Económico que se lleve a cabo.

2. Fortalecimiento del mercado. Este tipo de tecnología deberá darse a conocer, principalmente las ventajas y beneficios ambientales que se generan por su uso, logrando fomentar el mercado de las empresas que se dedican a este tipo de tecnología.

3. Desarrollo de mercado. En el caso de las empresas que no conozcan los beneficios que se generan por el uso de llantas desechas, se deberán dar a conocer para fomentar y desarrollar el mercado.

Conclusiones

CONCLUSIONES

Actualmente existe una cantidad considerable de llantas desechadas o usadas en todo el país, esta cantidad se estima en alrededor de 42.5 millones de llantas, principalmente obtenidas de la producción e importación, esta última tanto legal como ilegal. Sin embargo, no cuenta con elementos e información suficientes, para determinar indicadores de generación de llantas usadas para las diversas regiones del país y menos aún con datos históricos que permitan vislumbrar las variaciones temporales de dichos índices de generación.

Es necesario implementar estrategias que reduzcan la generación de llantas usadas en las diversas zonas del país.

La mayor parte de las llantas usadas son dispuestas en sitios a la intemperie, lo cual genera las condiciones apropiadas (agua estancada, retención de calor y oscuridad) para la proliferación de fauna nociva, tal es el caso de mosquitos, cucarachas, arañas, roedores, etc.

Es urgente restringir las actuales formas de manejo de las llantas usadas en el país, con la finalidad de detener el deterioro ambiental y sanitario que se asocia con dichas prácticas.

Económicamente, no es factible recolectar pequeñas cantidades de llantas usadas en puntos dispersos y menos aún en varias localidades, por lo que se requiere la creación de centros de acopio.

También en el aspecto económico, los intentos realizados en el país, hasta esta fecha, para establecer sistemas de manejo adecuado de llantas usadas, han fracasado debido a que en ningún momento se ha garantizado la disponibilidad de fondos para sufragar los gastos que implica ese manejo adecuado, por lo que es necesario establecer las condiciones que permitan la creación de mecanismos que garanticen la disponibilidad de recursos, para estos fines. Sin embargo, actualmente existe una incipiente y frágil economía informal de comercialización de llantas usadas, que no garantiza su manejo adecuado ni favorece el desarrollo económico y tecnológico del sector.

En cuanto a materia legal de control y disposición final de llantas usadas, desafortunadamente en el país no se cuenta con ningún mecanismo que las regule, esto se debe a que no es considerado como un residuo peligroso, sin embargo, es necesario regular este tipo de residuo por sus propiedades de tamaño, flotabilidad y que tarda más de 300 años en degradarse. En otros países como Estados Unidos la

legislación en cuanto a llantas usadas son más estrictas y es manejada por cada estado. Así mismo Puerto Rico cuenta con una ley de manejo, disposición e importación de llantas usadas.

Las tecnologías que existen en el país para reuso y/o reciclaje de llantas son: combustible alternativo en cementeras, trituración y trituración criogénica, renovado y en rellenos sanitarios (protección de geomembrana, estabilidad de taludes y caminos). Sin embargo en otros países se utilizan las llantas usadas para reuso en: construcción de barrera de coalición, control de erosión de suelos y crecientes de agua, cubierta de rellenos sanitarios, compostaje de lodos, material para construcción de edificios y en la agricultura; para reciclaje se utilizan tecnologías que son de un costo elevado pero dan como resultado productos que se utilizan como materia prima, estas tecnologías son: pirolisis, termólisis y regeneración de caucho.

Las llantas usadas representan una opción de reutilización en aplicaciones no convencionales que pueden ser incentivadas de forma transitoria en las zonas rurales y costeras.

El Plan de Manejo Integral de Llantas Usadas se basa en los siguientes puntos: recolección, transporte, almacenamiento y disposición final de llantas, los cuales dependerán de los pasivos existentes y las llantas que se generan, ambos se manejarán por separado y por región.

Las principales alternativas de reuso y/o reciclaje de llantas son:

1. Utilizarlas como combustibles alternos en las plantas cementeras
2. Fomentar a la población para renovar las llantas y disminuir el consumo de llantas importadas usadas
3. Que los rellenos sanitarios utilicen las llantas usadas para la protección de geomembranas, caminos, estabilidad de taludes, en la cubierta del relleno y control de la erosión y crecientes de agua.
4. Triturarlas para disminuir su tamaño y poder utilizarse en el asfaltado, construcción de edificios y como combustible alternativo.
5. Emplear la trituración criogénica para separar los componentes de las llantas, como es el acero, nylon y el hule.

Bibliografía

LIBROS Y PROYECTOS

1. JAMES E. MARQUE, BURAK ERMAN, FREDERICK. R EIRICH "LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL CAUCHO", ACADEMICO PRESS INC. 1994.
2. EIICHIRO YAMAGUACHI, "WASTE TIRE RECYCLING", MASTER OF ENGINEERING PROJECT.
3. DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS URBANOS DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL, "PROYECTO DE MANEJO DE LLANTAS", 1998.
4. JOSEPH L. PAVONI, JOHN E HEER, JR. "HAND BOOK OF SOLID WASTE DISPOSAL MATERIALS AND ENERGY RECOVERY". VAN NOSTRAND REINHOLD RNVIRONMENTAL ENGINNERING SERIES.
5. RAMÍREZ, ALEJANDRO. "LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS ¿RECURSO O DESPERDICIO?" ASOCIACIÓN MEXICANA PARA EL CONTROL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS A. C (ANCRESPAC). PRIMER CONGRESO NACIONAL
6. W.J.S. NAUTON. "CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL CAUCHO", COMPAÑÍA EDITORIAL CONTINENTAL S.A. MÉXICO-ESPAÑA-ARGENTINA PP 247-265, 994-1008
7. MURIEDAS GUTIERREZ, ERNESTO "PROCESO DE RENOVACIÓN DE LAS LLANTAS" PP 1-8, 26-34.
8. GARCIA PEREZ, ARTURO. "VULCANIZACIÓN EN RENOVADO" PP 31-32,34-43,131.
9. MARSHAL SITTING, "POLLUTION CONTROL IN THE ASBESTO, CEMENT, GLASS AND ALLIED MINERAL INDUSTRIES", NOYES DATA CORPORATION. PARK RIDGE NEW JERSEY LONDON ENGLAND, 1975.
10. IMABE IBERICA, "ANTE PROYECTO PARA LA FABRICACIÓN SUMINISTRO Y MONTAJE DE EQUIPOS MECANICOS PARA LA INSTALACIÓN DE TRITURACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE NEUMÁTICOS (MÉXICO)".
11. GEOTECNIA YMEDIO AMBIENTE. NOVIEMBRE, 1991 (SIMPOSIO)
12. MUÑOZ SÁNCHEZ, ALBERTO. "RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS. TRATAMIENTO Y RECICLADO", CUADERNOS DEL CIFCA, 1980.

13. JOEL I. REISMAN, PAUL M. LEMIEUX, "AIR EMISSIONS FROM SCRAP TIRE COMBUSTION", EPA, OCT. 1997.
14. P.M. LEMIEUX AND J.V. RYAN, "CHARACTERIZATION OF AIR POLLUTANTS EMITTED FROM A SIMULATED SCRAP TIRE FIRE, JOURNAL OF THE AIR AND WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION", VOL.43. 1106-1115, AUGUST 1993.
15. P.M. LEMIEUX AND D. DEMARINI, "MUTANGENCY OF EMISSIONS FROM THE SIMULATED OPEN BURNING OF SCRAP RUBBER TIRES, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, CONTROL TECHNOLOGY CENTER, OFFICE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT", EPA-600R-92-127 (NTIS PB-92-21-7009), JULY 1992.
16. NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, "RHINHART TIRE FIRE", WINCHESTER, VA, U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICE, HEALTH HAZARD EVALUATION REPORT, HETA 84-044-1441, MARCH 1984.
17. ADOLFSON ASSOCIATES, INC., IN ASSOCIATION WITH KIM COBLE, "TIRE FIRE CONTINGENCY PLAN TOXICOLOGY ASPECTS. PREPARED FOR TACOMA-PIERCE COUNTY HEALTH DEPARTMENT", ADOLFSON ASSOCIATES, INC., SEPTEMBER 1994.
18. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY ET AL, "SCRAP TIRE TECHNOLOGY AND MARKETS NOYES DATA CORPORATION", NJ 1993.
19. DIRECTORIO ACCIONAL DE INDUSTRIALES CANACINTRA, MEXICO, TOMO IV
20. JOSEPH L. PAVONI, JOHN E. HEER, JR. "HAND BOOK OF SOLID WASTE DISPOSAL MATERIALS AND ENERGY RECOVERY".
21. SPRING SILVER, "GOVERNMENTAL COLLECTION AND DISPOSAL ASSOCIATION", LANDFILL OPERATION, USA, 1988.
22. SOLORZANO GUSTAVO, INCINERACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.
23. LEY DEL MANEJO DE NEUMÁTICOS, PUERTO RICO, 1996.
24. DECRETO DE PROHIBICIÓN DE IMPORTACIÓN DE LLANTAS USADAS, PERÚ, 1995.
25. CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA HULERA
26. ASOCIACIÓN NACIONAL DE DISTRIBUIDORES DE LLANTAS Y PLANTAS RENOVADORAS, A.C.

27. HULERA AMERICANA

REVISTAS

1. *SOLID WASTE TECHNOLOGIES*, FEBRUARY/JUNUARY, 1994, PAG 20-26.
2. *REVISTA OBRAS*. MARZO DEL 2000 PP 51-55
3. *REVISTA JURÍDICA ARGENTINA LA LEY* (BUENOS AIRES) 1995 – PP. 1156-1161.
4. *ESTUDIOS PÚBLICOS/ CENTRO DE ESTUDIOS PÚBLICOS (SANTIAGO, CHILE)*, NO. 57 VERANO, 1995. PP. 173-193.
5. *CALIDAD AMBIENTAL* AÑO 01 No. 7, ABRIL, 1994.
6. *CALIDAD AMBIENTAL* AÑO 01. No. 4 ENERO, 1994

INTERNET

1. <http://www.eng.buffalo.edu/gutchie/html/tirecycl.htm>
2. <http://www.va.es/cenemes>
3. <http://www.lic.it>
4. etovilla@cocef.interjuarez.com
5. www.index.htm/index.htm
6. www.zianet.com/irc1/bordline/spanish/1997/b136exphtml.
7. www.ibertrac.com/texto/cucas.text.html
8. www.texascenter.org/tcps/spansheet.html
9. www.edomex.gob.mx
10. www.congreso.cl/biblioteca
11. <http://cosmos.com.mx>
12. www.unam.mx
13. www.secofi.gob
14. www.gio.gov
15. <http://sma.dxgob.mx/basura>
16. www.zianet.com/irc1
17. www.televisa.com
18. www.inegi.gob.mx
19. <http://www.ador.state.al.us/licenses/scraptirelaws.html>
20. <http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a.html>
21. <http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a85.html>
22. <http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a9.html>
23. <http://www.ciwmb.ca.gov/Regulations/Title14/ch6a10.html>
24. <http://www.adeq.state.az.us/environ/waste/solid/inspect.html>
25. <http://www.azleg.state.az.us/ars/44/130.html>
26. <http://www.scraptirenews.com/ordermow.html>