

00172



Nuevas aplicaciones del hule de llanta reciclado,

Ecología y búsqueda en los objetos tradicionales mexicanos

Tesis que para obtener el grado de Maestro en diseño industrial presenta:

Rodrigo Sánchez Marín

Posgrado en diseño industrial
Maestría en diseño industrial

Universidad Nacional Autónoma de México
México, 2005

0350924





Universidad Nacional
Autónoma de México



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).

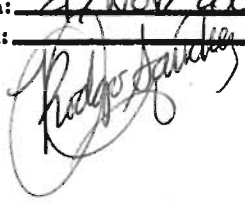
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

Director de tesis: DR. Miguel Eguiluz Senior.
Sinodales: MDI. Ana María Losada Alfaro.
ING. Ulrich Scharer Sauberli.
MDI. Alejandro Rodea Chávez.
MDI. Ángel Grosó Sandoval.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo intelectual.

NOMBRE: Rodrigo Sánchez Maná

FECHA: 21/NOV/2005

FIRMA: 

Con amor a mi esposa Kirsten,
El motor que impulsa mi existencia.

A toda la familia Sánchez Marín por su apoyo incondicional.

A los profesores y trabajadores administrativos del posgrado en
diseño industrial de la UNAM por sus enseñanzas y amistad.

A mi equipo de sinodales por su contribución y empeño a lo largo
de este trabajo.

A mis compañeros de generación por tantos buenos momentos.

A todos ellos mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE

NUEVAS APLICACIONES DEL HULE DE LLANTA RECICLADO, Ecología y búsqueda en los objetos tradicionales mexicanos.

Página	Contenido
1	Introducción.
3	Capítulo I, El problema de las llantas de desecho, ecología y reciclaje.
3	1.1 Localización del problema en la Ciudad de México.
4	1.2 El problema observado como un sistema.
6	1.3 El punto de vista ecológico.
7	1.4 Legislación ambiental en México.
11	1.5 El método prospectivo como herramienta.
12	1.6 El papel de las necesidades humanas en el deterioro ambiental.
15	1.7 El diseño y la necesidad de reciclar.
16	1.8 Alrededor de las llantas. Antecedentes, materiales y procesos.
29	Capítulo II, Nuevos materiales para nuevas aplicaciones.
29	2.1 Un material abundante.
29	2.2 Las llantas en re-uso.
30	2.3 Reciclaje de llantas desechadas.
35	2.4 Aplicaciones recientes.
38	2.5 Los materiales y su impacto sobre el medio ambiente.
41	2.6 Importancia económica y ambiental del hule natural en México.
43	2.7 Estudio de posibles aplicaciones de hule reciclado.
49	Capítulo III, Formulación y procesos de transformación de los hules.
49	3.1 Apuntes sobre formulación básica de hules.
50	3.2 Características de los principales hules.
53	3.3 Las cargas.
54	3.4 Características de los principales aditivos.
56	3.5 Mezclado de los componentes.
60	3.6 El moldeo por compresión.
65	3.7 La extrusión de hules.
67	3.8 Otros procesos de transformación.
71	Capítulo IV, Búsqueda y propuesta de una nueva formulación.
71	4.1 Metodología y discriminación.
72	4.2 Primera fase experimental.
76	4.3 Segunda fase experimental.
82	4.4 Tercera fase experimental.
83	4.5 Análisis de costo – beneficio.
85	4.6 Datos técnicos del nuevo material.
86	4.7 Otras alternativas de reciclaje.
89	Capítulo V, Los objetos tradicionales mexicanos, una rica fuente para nuevas aplicaciones.
89	5.1 Aspectos relevantes de la tradición prehispánica de hacer objetos.
98	5.2 Galería de aplicaciones.
116	5.3 Conclusión.
117	Bibliografía.
121	Glosario.
124	Anexo I.
126	Anexo II.
128	Anexo III.

**"Veo lo malo y lo bueno aquí en la tierra.
Dame tu luz, mi verdadero padre.
Pon en mí pensar y en mi inteligencia mucho entendimiento
a fin de que pueda reverenciarte cada día".**

Fragmento del poema maya "Himno Solar".

INTRODUCCIÓN.

No es una novedad saber que vivimos en un planeta con recursos limitados y que nuestra supervivencia en esta tierra no está garantizada a menos que racionalicemos la manera de explotar el medio ambiente y modifiquemos muchos hábitos arraigados.

La generación de desechos es una de las actividades más críticas de nuestra civilización. Grandes cantidades de productos y materiales son lanzados al mercado sin la más mínima preocupación por el equilibrio ecológico, con el único objetivo de llegar a los consumidores.

El consumidor típico de nuestro tiempo, por su parte, aún está muy lejos de ser consciente de lo que sucede con la basura que genera.

Dentro del universo de productos desechados, las llantas han sido un problema histórico que algunos países industrializados han atendido por su gravedad y han comenzado a solucionar. En países como México la puesta en marcha de actividades encaminadas a disminuir la contaminación con llantas es muy incipiente. De ahí la importancia de comenzar a proponer alternativas.

Desde el campo del diseño industrial se vislumbran contribuciones, precisamente el desarrollo de esta investigación es una de ellas.

El presente texto se divide en cinco capítulos:

El primero aporta un panorama general del problema de las llantas desechadas, una breve descripción de los conceptos necesarios para implementar soluciones y una reseña histórica y técnica acerca de las llantas y del hule.

El segundo capítulo trata exclusivamente del manejo que se ha hecho del material derivado de las llantas, reciclaje y re-uso. También se hace referencia acerca de los beneficios económicos y ambientales del hule natural. Al final se sugiere una lista preliminar de posibles aplicaciones para explotar las prestaciones del hule de llanta reciclado.

El tercer capítulo pretende ser una "Guía básica para formular compuestos de hule", con la intención de organizar la información suficiente para integrar en nuevas formulaciones el hule de llanta reciclado. Por otra parte se describen los principales procesos de transformación de hules en México.

El cuarto capítulo describe con detalle el camino recorrido a través de la experimentación para consolidar una nueva formulación que integra al hule de llanta reciclado, material que puede ser procesado con los medios disponibles en nuestro país y que es totalmente reciclable. Se habla también de caminos alternativos al que siguió esta investigación, dirigidos también al aprovechamiento del reciclaje de llantas.

El quinto y último capítulo contiene la argumentación pertinente para abordar el diseño y producción de prototipos empleando hule reciclado, añadiendo un valor distinto aparte del ecológico. El objetivo básico es evidenciar un recurso poco explotado por los diseñadores mexicanos: la riqueza conceptual (no solo estética) de la tradición prehispánica de hacer objetos. Termina el capítulo con la breve descripción de algunos objetos elaborados con hule reciclado que, además de confirmar la utilidad de este material, contienen características basadas en objetos tradicionales propios de las antiguas culturas mexicanas.

Este trabajo reúne el esfuerzo de dos años, no solo de quien escribe; sino también de asesores, académicos, técnicos, etcétera., que han contribuido para culminar este ejercicio, que si bien, puede significar un elemento mínimo dentro del universo de propuestas, representa un avance contra el enorme problema de la contaminación con llantas.

Rodrigo Sánchez Marín. Noviembre de 2005.

CAPÍTULO I, EL PROBLEMA DE LAS LLANTAS DESECHADAS.

Una de las contribuciones más sobresalientes para el desarrollo de la humanidad fue sin duda la invención de la rueda, pues desde su introducción se han facilitado las tareas de transporte terrestre, tanto de personas como de bienes materiales.

Tal ha sido el impacto de la rueda sobre la civilización, que para inicios del siglo XXI con todos los avances tecnológicos, las “ruedas” son parte cotidiana de la mayoría de seres humanos, aunque ahora el material que predomina en su conformación es el hule. En México las llamamos “llantas”, en España se reconocen como “neumáticos”, el nombre común en Inglés es “tires” y en Alemán “Reifen”.

Para la industria de los vehículos automotores —que durante el siglo XX fue una de las más representativas por su crecimiento— las llantas resultaron una maravillosa solución gracias a sus cualidades de amortiguamiento y durabilidad.

Con el tiempo y las necesidades se desarrollaron materiales para fabricar llantas cada vez más resistentes a la abrasión, a la temperatura y al medio ambiente, sin tener plena conciencia que años después, estas mismas características convertirían a las llantas al final de su vida útil en un problema, dado que son prácticamente indestructibles, además... las motocicletas usan dos, los autos cuatro, los tractocamiones con caja en promedio usan dieciséis, el metro utiliza muchas más.

El problema se agrava bajo las condiciones actuales donde “el consumismo” es el motor de las economías contemporáneas y a menudo los individuos relacionan la posesión de bienes materiales con un supuesto “progreso”. Así la proliferación de vehículos automotores da como resultado cada vez más llantas desechadas.

¿En donde almacenar tantas llantas inservibles?, ¿Qué hacer con ellas?

Los países desarrollados alrededor de veinte años atrás comenzaron a atender el problema de las llantas de desecho, iniciando con programas de participación colectiva, implementación de normas, tecnología para el reciclaje y algunas aplicaciones prácticas, hecho que apenas comienza en los países en desarrollo, donde el problema se agrava con el tiempo.

1.1 Localización del problema en la Ciudad de México.

La Ciudad de México a inicios del siglo XXI es un punto crítico en la geografía humana de nuestro país y del planeta entero, con tanta gente aglutinada en un espacio tan limitado y todas esas personas demandando cada día servicios básicos como: agua potable, energía eléctrica, abasto de alimentos, comunicaciones, transporte, lugares de esparcimiento, drenaje, recolección de basura, entre otros; y lógicamente, la ciudad mas habitada del orbe sufre de manera especial el problema de las llantas de desecho y requiere atención urgente.

A continuación presento las siguientes cifras aportadas por la Cámara de la Industria Hulera en el 2002:

La cantidad promedio anual de llantas de desecho en el área metropolitana de la Ciudad de México se estima en: 5 millones 500 mil llantas equivalentes al 20% de un total de 25 millones a nivel nacional.

Del total, el 91% provienen de autos, camionetas y camiones pesados y el 9% restante es de motocicletas y de uso especial (metro, aviones, maquinaria pesada y de construcción, etc.).

El criterio utilizado para estimar la cantidad de llantas inservibles es la vida útil de cada una de ellas; se calcula en 12 meses y se considera que por cada llanta vendida una es desechada.

De la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas y Plantas Renovadoras (ANDELLAC) ¹ tenemos que en el 2002 del total de llantas desechadas en la Ciudad de México:

5%	Son renovadas, para su reutilización
2%	Son incineradas para la generación de energía
2%	Son almacenadas en el centro de acopio
91%	Están dispersas y fuera de control
100%	Total

Figura 1.1 Porcentajes actuales de los destinos de las llantas de desecho en el D. F. (Fuente: ANDELLAC).

La Dirección General de Servicios Urbanos capta diariamente 3,000 llantas y existen almacenadas aprox. 300,000 llantas en el centro de acopio llamado Bordo Poniente. ² Son muchísimas y con el tiempo serán más.

1.2 El problema observado como un sistema.

Antes de iniciar con la búsqueda de soluciones es muy útil desmenuzar cada problema hasta cierto límite para así identificar las variables de entrada (causas) y de salida (consecuencias), en esta etapa de análisis el proceso marcha de lo general a lo particular, y según la teoría de sistemas ³ se favorece con la metodología de “mejoría” y no con la de “diseño de sistemas” la cual se utilizará mas adelante.

A primera vista se pueden detectar algunas causas del problema:

1.- La creciente demanda de autos incentivada por el crecimiento demográfico y la orientación consumista de la sociedad que deriva en el constante uso, desgaste y desecho de gran cantidad de llantas.

2.- Ausencia de compromiso ambiental por parte de las empresas fabricantes de llantas en México, concretamente en relación a la recogida del producto al final de su vida útil.

3.- Inexistencia de Normatividad y Leyes que regulen el tratamiento post-consumo de los productos en general.

4.- Falta de tecnología local para el reciclaje del material de las llantas.

5.- Escasa educación ambiental de la población mexicana.

6.- Indiscriminada importación, e introducción ilegal de llantas usadas con una vida útil más breve que las llantas nuevas.

7.- La pérdida de valor de las llantas desechadas provoca que nadie las recoja y la mayoría permanezcan fuera de control.

Debido al enfoque de esta investigación es suficiente con exponer las causas del problema. Las propuestas de solución vendrán más adelante

Ahora revisaremos brevemente como la dispersión y la acumulación de gran cantidad de llantas de desecho impacta directamente sobre varias áreas de nuestro hábitat, entre las más importantes tenemos:

a).- La contaminación directa de suelos, no solo de los espacios destinados por las autoridades para hacer acopio de esta clase de desechos, sino de los suelos en general, dado que la gran mayoría de llantas desechadas yacen en lugares inapropiados, pues no es una costumbre arraigada en la población el “tirar” una llanta, así como tampoco los empleados del servicio de limpieza acostumbran recibir este tipo de desechos; Así pues, la mayoría de las llantas inservibles permanecen fuera de control.

¹ www.andellac.com

² www.elnorte.com/novedades/articulo/001507

³ VAN GIGCH, John P. (1987) “Teoría General de los Sistemas Aplicada”, Ed. Trillas. México, D. F. 607 pp.

b).- La contaminación del aire es provocada en gran medida por algunas empresas, entre ellas las cementeras, que incineran las llantas para calentar sus hornos, pero sin la tecnología adecuada ni las medidas necesarias para llevar a cabo este proceso limpiamente. Otro agente son aquellos individuos con necesidades pero sin conciencia que queman las llantas a cielo abierto para obtener mínimas ganancias a cambio del acero recuperado.

c).- Los efectos nocivos de la incineración de las llantas no solo afectan la calidad del aire, pues las partículas emitidas durante la combustión se disuelven fácilmente en cuerpos de agua como ríos, lagos y océanos contaminándolos irremediablemente.

d).- Una práctica que anteriormente se realizaba era el empleo de todos los residuos sólidos, incluyendo las llantas desechadas, como relleno sanitario, pero recientemente⁴ se ha demostrado que la presencia de las llantas en este tipo de rellenos es peligrosa, pues a causa de su forma conservan aire en el interior, lo que provoca que emerjan a la superficie, o bien, causen asentamientos que pudieran dañar las estructuras construidas sobre estos terrenos.

e).- Debido a la forma de las llantas, cuando estas son desechadas a cielo abierto, es muy fácil que se conviertan en pequeños contenedores de agua que permanecerá almacenada durante mucho tiempo, lo que facilita la proliferación de fauna nociva en su interior. Está demostrado que bacterias, e insectos como el "*Aedes Aegypti*", agente transmisor de la enfermedad conocida como "dengue", encuentran el sitio ideal para vivir y reproducirse sin problemas. Las llantas desechadas que almacenan agua también son utilizadas por ratas y otros roedores para abastecerse del vital líquido.



Figura 1.2 Imagen que muestra una gran cantidad de llantas de desecho acumuladas en el Centro de Acopio "Bordo Poniente" en la Ciudad de México. Fuente: periódico Reforma.

⁴ Las autoridades Norteamericanas a través de su norma llamada *Directive of the Landfill of Waste*, regulan la utilización de desechos para rellenos sanitarios. Desde del 16 de julio de 2003 esta directiva prohíbe el empleo de llantas enteras incentivando así la trituración.

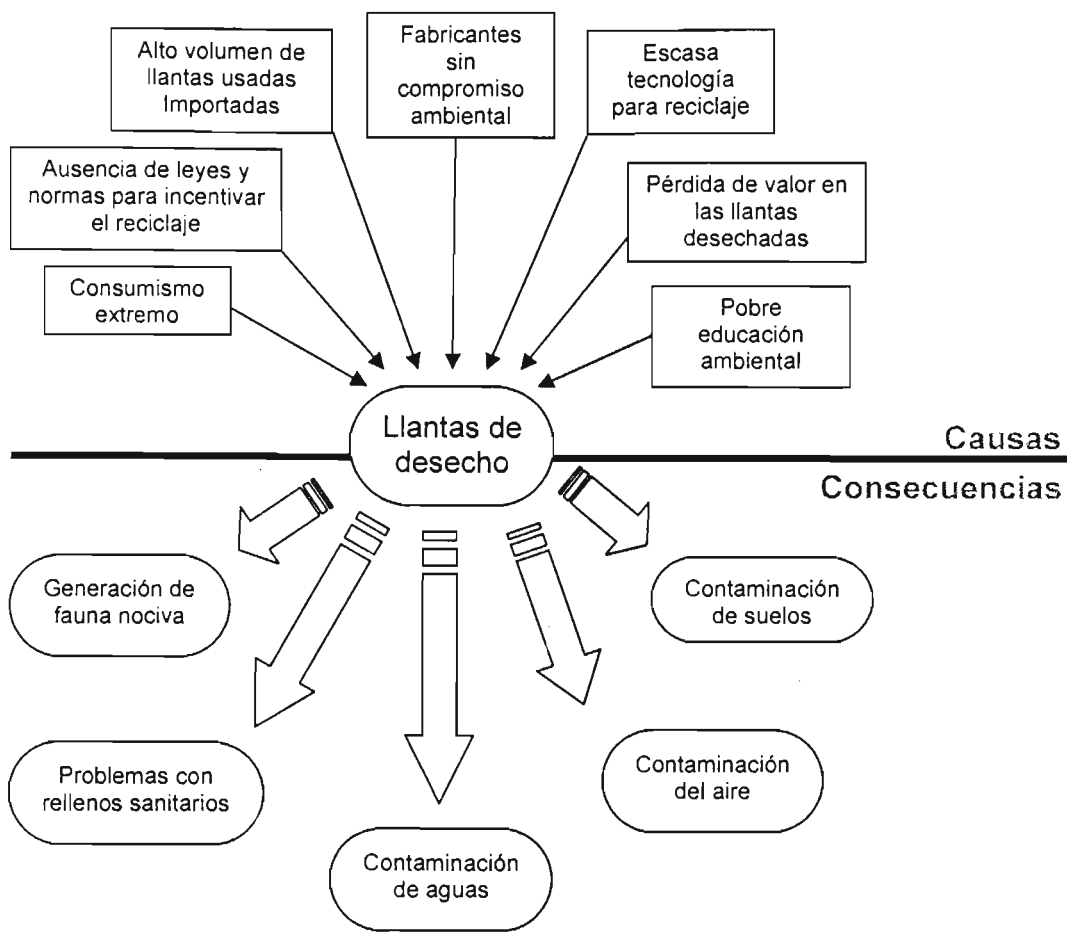


Figura 1.3 Diagrama de análisis sistémico del problema de las llantas desechadas en la Ciudad de México.

1.3 El punto de vista ecológico.

Es evidente que estamos frente a un problema ecológico, donde una población específica (la humana) atenta contra su propio ambiente físico, poniendo en riesgo su propio sistema de soporte de vida y también el de otras especies.⁵

A manera de aclaración: “entendemos por Ecología el conjunto de conocimientos referentes a la economía de la naturaleza, la investigación de todas las relaciones del animal con su medio ambiente orgánico e inorgánico, incluyendo sobre todo su relación amistosa y hostil con aquellos animales y plantas con que se vincula directa e indirectamente”.⁶

El manejo incorrecto de los desechos incluyendo las llantas, es solo una mínima parte del grave daño que el ser humano ha venido causando al entorno, las consecuencias apenas comienzan a desencadenarse con el impacto que la naturaleza emplea en busca de su equilibrio.

⁵ ODUM, Eugene P. y SARMIENTO, Fausto O., (1998), “Ecología, el puente entre Ciencia y Sociedad”, Ed. Mac Graw Hill Interamericana. México, D. F. p. 9-28.

⁶ Definición publicada en 1870 por el zoólogo alemán Ernest Haeckel citado en: ARANA, Federico (1983). “Ecología para Principiantes”. Ed. Trillas, México, D. F. p. 14

Una analogía perfectamente aplicable es la utilizada por Odum y Sarmiento⁷ donde se compara el planeta tierra con una nave espacial, la cual cuenta con reservas limitadas de oxígeno, alimento, combustible, material para construcción, etcétera. Si estas reservas son utilizadas indiscriminadamente y los desechos no son debidamente manejados, el camino lógico llevará al colapso, si en cambio hay un uso racional en la economía de la nave probablemente se cumplirán los objetivos y se conseguirá un reabastecimiento. Por suerte, nuestro planeta Tierra no necesita un reabastecimiento, la razón es que sus sistemas son "Bio-regenerativos", significa que plantas, animales y sobre todo micro-organismos se regeneran, recirculan y controlan sus necesidades vitales, pero ¿Hasta que límite?.

Los mismos autores visualizan al ser humano como "parásito" y a la Tierra como al organismo "huésped", ya que el primero obtiene sus recursos vitales del segundo, lógicamente, este tipo de co-existencia en la naturaleza tiene sus reglas donde el parásito, para asegurar su abastecimiento, regula su consumo y posible daño hacia el otro organismo que representa su soporte de vida. El ser humano en general parece no comprender o valorar estos mecanismos tan elementales, al dar prioridad a situaciones de acumulación de capital y búsqueda del poder sobre asuntos que podrían incluso llevarnos a la extinción.

Por otra parte la teoría de "Gaia" impulsada por James Lovelock⁸ afirma que el planeta tierra es un organismo vivo que ha sobrevivido por millones de años a pesar de muchos desastres provocados por fenómenos ajenos como son los meteoritos; pero ningún agente interno o externo a lo largo de la vida del planeta ha resultado tan nocivo como la especie humana, especialmente los últimos doscientos años.

A semejanza de cualquier animal cuya salud se ve afectada por alguna deficiencia en sus órganos o, por el ataque de un organismo extraño, la tierra desencadena una serie de reacciones en busca de su equilibrio. Esto es precisamente lo que ocurre en el mundo en forma de fenómenos de cambio climático, epidemias, etcétera.

De acuerdo con la teoría de Gaia, este planeta sobrevivirá muy a pesar de la civilización humana, la cuestión ahora es si nuestra especie soportará la auto-regeneración de la tierra o, definitivamente será llevada a la extinción.

Los daños al entorno han sido graves, pero la humanidad continúa aquí; la naturaleza ha sido muy resistente y no es necesario llegar a los límites. Creo que debe atenderse de manera independiente cada problema con acciones inmediatas, tratando de desequilibrar lo menos posible los ciclos naturales.

1.4 Legislación Ambiental en México.

Décadas después que las naciones industrializadas comenzaron a intentar rescatar lo dañado y preservar lo que todavía no se ha alterado de manera significativa; las autoridades de nuestro país han comenzado a legislar sobre el tema, como ejemplo tenemos la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.

Dicha Ley hasta la fecha parece no aplicarse a plenitud, o bien, aparenta ser empleada para beneficiar intereses privados. A continuación se exponen los puntos más interesantes:

⁷ Op. Cit. 5, prólogo pp. 1-7.

⁸ LOVELOCK, James E. (1994) "The ages of Gaia: a Biography of our living Earth". Bantam Ed. Nueva York. 252 pp.

Artículo 15.- Política ecológica.

Sección IV.- La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de vida de las futuras generaciones.

Sección V.- La prevención de las causas que los generan es el medio más eficaz para evitar el desequilibrio ecológico.

Artículo 18.- Planeación ecológica.

El Gobierno Federal promoverá la participación de los distintos grupos sociales en la elaboración de los programas que tengan por objeto la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, según lo establecido en esta Ley y las demás aplicables.

Artículo 22.- Estímulos fiscales.

Se consideran prioritarios, para efectos del otorgamiento de estímulos fiscales que se establezcan conforme a la Ley de Ingresos de la Federación, las actividades relacionadas con la preservación y restauración del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Artículo 37.- Las actividades y servicios que originen emanaciones, emisiones, descargas o depósitos que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o producir daño al ambiente o afectar los recursos naturales, la salud o el bienestar de la población, o los bienes propiedad del Estado o de los particulares, deberán observar los límites y procedimientos que se fijen en las normas técnicas ecológicas aplicables.

Artículo 41.- Investigación y educación ecológicas.

El Gobierno Federal, las entidades federativas y los municipios con arreglos a lo que dispongan las legislaturas locales, fomentarán investigaciones científicas y promoverán programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento racional de los recursos naturales y residuales.⁹

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente ha sido reformada en algunas ocasiones, la última de ellas fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de febrero de 2005 y entró en vigor el 22 de agosto de 2005. En esta reforma se modificó el artículo 28 que básicamente se refiere a la evaluación del impacto ambiental causado por la planta productiva nacional.

Por su parte el gobierno del Distrito Federal ha tomado cartas en el asunto y a través de la Asamblea de representantes logró que se aprobara la Ley Ambiental del Distrito Federal el 9 de abril de 1996. La publicación de dicha Ley se llevó a cabo el 9 de junio del mismo año en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Dicha ley fue reformada por última vez el 4 de junio de 2004.¹⁰

Otro punto a favor de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal fue la creación de la Ley de residuos sólidos del Distrito Federal, publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 22 de abril de 2003. Esta Ley contempla asuntos totalmente relacionados con las llantas desechadas. Como ejemplo se muestran algunos artículos:

⁹ DEFFIS Caso, Armando. (1994), "La basura es la solución". Editorial Árbol. México. pp. 51-55.

¹⁰ www.e-local.gob.mx

Título tercero.

De la prevención y minimización de la generación de residuos sólidos.

Capítulo I

De las disposiciones generales.

Artículo 21. Toda persona que genere residuos sólidos tiene la propiedad y responsabilidad de su manejo hasta el momento en que son entregados al servicio de recolección, o depositados en los contenedores o sitios autorizados para tal efecto por la autoridad competente.

Artículo 24. Es responsabilidad de toda persona, física o moral, en el Distrito Federal:

- I. Separar, reducir y evitar la generación de los residuos sólidos;
- II. Barrer diariamente las banquetas, andadores y pasillos y mantener limpios de residuos sólidos los frentes de sus viviendas o establecimientos industriales o mercantiles, así como los terrenos de su propiedad que no tengan construcción, a efecto de evitar contaminación y molestias a los vecinos;
- III. Fomentar la reutilización y reciclaje de los residuos sólidos;
- IV. Cumplir con las disposiciones específicas, criterios, normas y recomendaciones técnicas.
- V. Almacenar los residuos sólidos con sujeción a las normas sanitarias y ambientales para evitar daño a terceros y facilitar la recolección.
- VI. Poner en conocimiento de las autoridades competentes las infracciones que se estimen se hubieran cometido contra la normatividad de los residuos sólidos.
- VII. Las demás que establezcan los ordenamientos jurídicos aplicables.

Artículo 25. Queda prohibido por cualquier motivo:

- I. Arrojar o abandonar en la vía pública, áreas comunes, parques, barrancas, y en general en sitios no autorizados, residuos sólidos de cualquier especie.
- II. Depositar animales muertos, residuos sólidos que despidan olores desagradables o aquellos provenientes de la construcción en los contenedores instalados en la vía pública para el arrojamiento temporal de residuos sólidos de los transeúntes.
- III. Quemar a cielo abierto o en lugares no autorizados, cualquier tipo de los residuos sólidos.
- IV. Arrojar o abandonar en lotes baldíos, a cielo abierto o en cuerpos de aguas superficiales o subterráneas, sistemas de drenaje, alcantarillado o en fuentes públicas, residuos sólidos de cualquier especie.
- V. Pepenar residuos sólidos de los recipientes instalados en la vía pública y dentro de los sitios de disposición final y sus alrededores.
- VI. Instalar contenedores de los residuos sólidos en lugares no autorizados.
- VII. Fijar propaganda comercial o política en el equipamiento urbano destinado a la recolección de los residuos sólidos, así como fijar en los recipientes u otro mobiliario urbano destinado al depósito y recolección colores alusivos a algún partido político.
- VIII. Fomentar o crear basureros clandestinos.
- IX. Confinar residuos sólidos fuera de los sitios destinados para dicho fin en parques, áreas verdes, áreas de valor ambiental, áreas naturales protegidas, zonas rurales o áreas de conservación ecológica.
- X. Tratar térmicamente los residuos sólidos recolectados, sin considerar las disposiciones jurídicas aplicables.

XI. Diluir o mezclar residuos sólidos o industriales peligrosos en cualquier líquido y su vertimiento al sistema de alcantarillado, a cualquier cuerpo de agua o sobre suelos con o sin cubierta vegetal.

XII. Mezclar residuos peligrosos con residuos sólidos e industriales no peligrosos.

XIII. Confinar o depositar en sitios de disposición final residuos en estado líquido o con contenidos líquidos que excedan los máximos permitidos por las normas oficiales mexicanas o las normas ambientales del Distrito Federal.

Título quinto.

De la valorización y composteo de los residuos sólidos

Capítulo I

Del reciclaje.

Artículo 55. Los productores y comercializadores cuyos productos y servicios generen residuos sólidos susceptibles de valorización mediante procesos de reuso o reciclaje realizarán planes de manejo que establezcan las acciones para minimizar la generación de sus residuos sólidos, su manejo responsable y para orientar a los consumidores sobre las oportunidades y beneficios de dicha valorización para su aprovechamiento.

Artículo 56. La Secretaría de Obras y Servicios, en coordinación con la Secretaría de Desarrollo Económico, en cumplimiento a lo señalado en el programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, instrumentarán programas para la utilización de materiales o subproductos provenientes de los residuos sólidos a fin de promover mercados para su aprovechamiento, vinculando al sector privado, organizaciones sociales y otros agentes económicos.

Artículo 57. Las dependencias y entidades del Gobierno del Distrito Federal, de las delegaciones, de la Asamblea Legislativa del Distrito Federal, el Tribunal Superior de Justicia del Distrito Federal y demás órganos autónomos, establecerán en sus oficinas y dependencias sistemas de manejo ambiental, los cuales tendrán por objeto prevenir, minimizar y evitar la generación de residuos y aprovechar su valor.

Asimismo, promoverán que en sus procesos de adquisiciones de bienes para la prestación de sus servicios y cumplimiento de sus funciones, se opte por la utilización y el consumo de productos compuestos total o parcialmente de materiales valorizables, en congruencia con lo que establece la Ley de Adquisiciones del Distrito Federal.

Artículo 58. Las autoridades fomentarán programas para que los establecimientos de mayoristas, tiendas de departamentos y centros comerciales se cuente con espacios y servicios destinados a la recepción de materiales y subproductos de los residuos sólidos valorizables.

Artículo 59. Todo establecimiento mercantil, industrial y de servicios que se dedique a la reutilización o reciclaje de los residuos sólidos deberán:

- I. Obtener autorización de las autoridades competentes;
- II. Ubicarse en lugares que reúnan los criterios que establezca la normatividad aplicable.
- III. Instrumentar un plan de manejo aprobado por la Secretaría para la operación segura y ambientalmente adecuada de los residuos sólidos que valore.
- IV. Contar con programas para prevenir y responder a contingencias o emergencias ambientales y accidentes.
- V. Contar con personal capacitado y continuamente actualizado.

VI. Contar con garantías financieras para asegurar que al cierre de las operaciones en sus instalaciones, éstas queden libres de residuos y no presenten niveles de contaminación que puedan representar un riesgo para la salud humana y el ambiente.

Artículo 60. Los residuos sólidos que hayan sido seleccionados y remitidos a los mercados de valorización y que por sus características no puedan ser procesados, deberán enviarse para su disposición final.

A pesar de ser una ley de reciente creación los legisladores locales han mostrado un interés continuo por el problema de los desechos, pues ya se ha decretado la reforma de algunos artículos de dicha ley según la publicación en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 10 de febrero de 2004.

Los Legisladores hacen su parte del trabajo pero la inversión, sobre todo del gobierno federal, al respecto aparenta cierto desdén hacia la ecología. El resultado es que la mayoría de la población aún carece de conciencia y no se concreta el esfuerzo colectivo que desde hace tiempo debiera llevar la etiqueta de “urgente”.

Como se puede notar no es suficiente actualizar las leyes y normas mexicanas en el renglón “ecológico”, sino poner en marcha algunos mecanismos que más allá de incentivar “obliguen” a la población a modificar su conducta nociva y orientar comportamientos hacia la “cultura del reciclaje” la cual ha tenido resultados muy positivos en países desarrollados.

La campaña de separación de desechos propuesta por el Gobierno del Distrito Federal en 2004 representa un intento. Pero es importante además de actualizar las “reglas del juego” el hecho de implementarlas y hacerlas respetar.

Enfoque hacia la Educación Ambiental.

Se dice que para cambiar los malos hábitos heredados por generaciones dentro de una cultura, es necesario comenzar por la enseñanza a los niños, por lo tanto, si la intención es hacer conciencia a la población del cuidado que requiere el medio ambiente y promover acciones útiles como el reciclaje, debemos centrar los esfuerzos hacia la infancia, por lo tanto, me propongo obtener de esta investigación, entre otras cosas, objetos útiles en los espacios donde los niños se recrean, juegan y aprenden, para así mostrarles parte de lo que se puede construir con material reciclado y lo bien que funciona. Esta sería una nueva aportación a la educación ambiental, la cual es importante definir:

“Educación Ambiental es un proceso permanente en que los individuos y la colectividad toman conciencia de su medio y adquieren los conocimientos, los valores, las competencias, la experiencia y la voluntad, capaces de hacerlos actuar, individual y colectivamente, para resolver los problemas actuales y futuros del medio ambiente”.¹¹

1.5 El Método Prospectivo como Herramienta.

Por tratarse de un problema real con proyección a futuro se hacen necesarias la Creatividad, la Innovación y la Tecnología en la construcción de futuros “escenarios” no tan malos en los que la conciencia canalice las acciones. Lo anterior no es otra cosa que una visión Prospectiva, la cual guiará este trabajo de investigación.

¹¹ CATALÁN Fernández, Albert y CATANY Escandel, Miquel. (1996). “Educación Ambiental en la Educación Secundaria” Ed. Miraguano, Madrid, España. p. 22.

Michel Godet ¹² define “escenario” como un conjunto formado por la descripción de una situación futura y la progresión de los acontecimientos que permitan pasar de la situación de origen a la situación del futuro.

Mojica Sastoque ¹³ complementa: “Si el escenario probable corresponde a lo que pasará en el futuro, conociendo la actividad de los actores, el escenario deseable indica el horizonte a donde debemos encaminar todos nuestros pasos, si queremos que las cosas cambien significativamente o si pretendemos superar los pronósticos del escenario probable”. En consecuencia el escenario probable corresponde al “ser” y el deseable al “debe ser”.

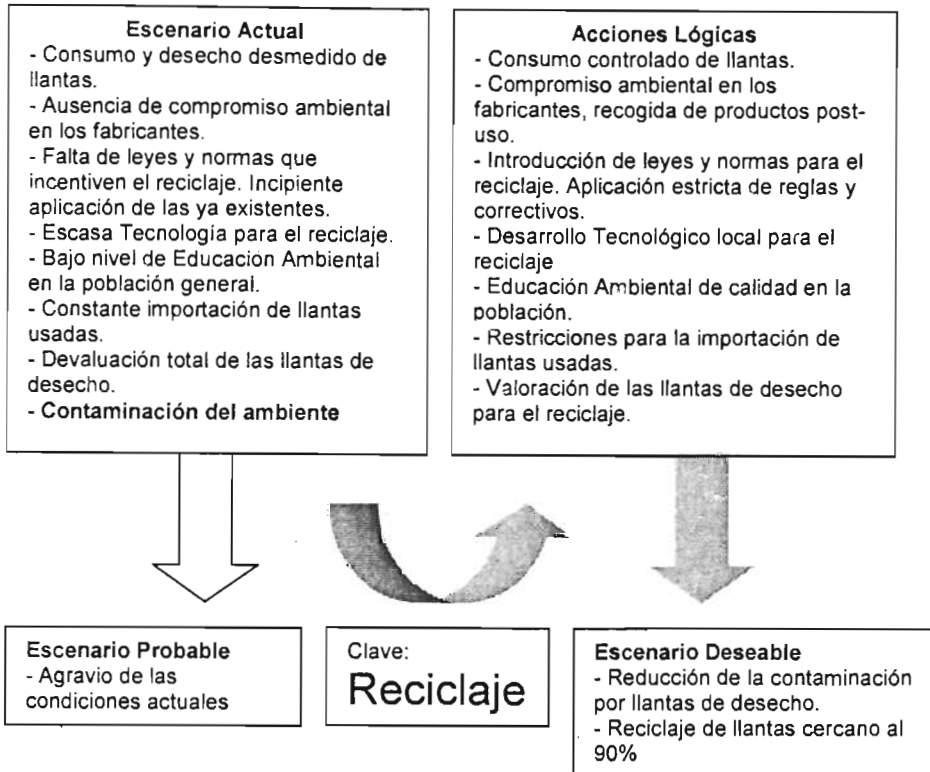


Figura 1.4 Esquema prospectivo del problema de las llantas de desecho en México.

1.6 El papel de las necesidades humanas en el deterioro ambiental.

Es inevitable para cualquier individuo crítico el comenzar a buscar las causas que nos han llevado a situaciones cercanas a la crisis, donde el entorno no tendrá la capacidad para abastecernos de lo necesario; y todo ha sido provocado por nosotros mismos.

El ser humano y todas las demás formas de vida que se han desarrollado y evolucionado en este planeta Tierra lo han logrado por causa de las condiciones favorables y la gran cantidad de recursos con que cuenta, algunos de estos son renovables gracias a la capacidad de la naturaleza para regenerarse y reciclar por sí misma algunos materiales, pero existen los recursos no renovables, cuya intervención del ser humano hace imposible su reincorporación, produciendo desechos y residuos.

¹² GODET, Michel, (1996) “De la anticipación a la acción: manual de prospectiva y estrategia”. Editorial Alfaomega. México, D.F. p.43.

¹³ MOJICA Sastoque, Francisco, (1991), “La Prospectiva. Técnicas para visualizar el Futuro”. Legis Editores S.A. Bogotá, Colombia. p.129.

Si bien nuestro planeta ha sido históricamente suficiente para preservar la vida en general, (muy a pesar de las actividades nocivas del hombre), debemos ser conscientes que la Tierra tiene dimensiones finitas, por lo tanto sus recursos (aún los renovables) son limitados, aunque todavía se vislumbra lejano el colapso, habrá que realizar acciones concretas para asegurar la continuación de la vida.

¿Qué ha llevado al hombre a explotar los recursos sin control? ¿Qué motivos tenemos para seguir destruyendo la naturaleza?

Busquemos las respuestas en una cuestión inherente a la especie humana: La necesidad.

En los orígenes el “ser humano”, por sus capacidades diferentes a las de otras especies animales, pudo rebasar la supervivencia por mero “instinto”, surgió entonces el concepto de “necesidad básica” que engloba todos aquellos elementos indispensables para la vida, que en esos tiempos el hombre pudo obtener de la naturaleza, mediante el trabajo y el ingenio, exclusivos de la especie humana.

Gracias a estas condiciones, el hombre fue capaz de producir “objetos” a manera de extensiones corporales¹⁴, creándose en esta etapa una franca relación hombre – objeto fundamentada en el “valor de uso”.

Es evidente que el trabajo y el ingenio empleados para satisfacer necesidades, jugaron el papel más importante en el desarrollo de la civilización, y en consecuencia, de los sistemas productivos. Marx ¹⁵ se refiere al respecto: “El desarrollo de la división del trabajo y de la productividad crea, junto con la riqueza material, también la riqueza y la multiplicidad de las necesidades”.

Después del modelo de producción artesanal, se introduce la máquina de vapor e inicia con ella la Revolución Industrial, que como veremos, trajo no solo progreso económico y desarrollo tecnológico, en realidad, aquí comienza el deterioro ambiental más grave en la historia de la civilización.

De la mano de la producción industrial viene el capitalismo el cual según Marx “Crea una sociedad en la cual el fin de la producción no es la satisfacción de las necesidades sino la valorización del capital”. En este sistema la mayoría de los hombres no poseen los medios de producción, y no resuelven sus “necesidades vitales” mediante la búsqueda o elaboración directa de sus satisfactores.

Con el capitalismo surge también la “necesidad de trabajar”, es decir, la participación de los obreros se traduce como fuerza de trabajo en la generación de “plusvalía” y perciben a cambio un salario que les permite adquirir satisfactores producidos de la misma manera.

Los dueños de los medios de producción en este periodo histórico solo se preocuparon por acumular mas capital, objetivo alcanzable aumentando la capacidad de producción, y por lo tanto requirieron mas fuerza productiva en forma de obreros, lo que desató la concentración de la población en las ciudades industriales y el aumento de la tasa de natalidad. La preocupación por el agotamiento de recursos en esta etapa fue prácticamente nula.

Es en este modelo donde en general los objetos comienzan a denominarse “productos” y su relación con el hombre adquiere la categoría de “valor de cambio”, a menudo superando su “valor de uso” y convirtiéndose en “mercancía” más que en satisfactor.

¹⁴ SLATER, Philip. (1978), “Paseo por la tierra”. Ed. Kairos. Barcelona. p.17.

¹⁵ HELLER, Agnes. (1978), “Teoría de las necesidades en Marx”. Ed. Península. Madrid. p. 23.

Dentro del sistema capitalista surge otra clasificación de las necesidades según el origen de estas: si se trata de satisfacer una carencia biológica con el objetivo de sobrevivir entonces hablamos de una “necesidad natural”, cualquier otra que salga de este contexto es una “necesidad socialmente determinada”.

Tan tajante es la crítica de Marx hacia el modelo capitalista que para él, cualquier bien que no satisfaga una necesidad natural es un “lujo”.

Desde la implementación del sistema productivo de la manufactura, impulsado por el sistema capitalista, se ha abusado de los recursos naturales y humanos, siempre en la persecución de acumulación de capital por parte de las clases dominantes. Este modelo es vigente hasta nuestros días.

Una de las herramientas más finas que ha utilizado el Capitalismo es la manipulación de las necesidades particulares, aplicando incluso a los objetos la categoría que conocemos como “valor de signo”¹⁶, donde por encima de las características formales y estéticas del producto, prevalece su significado. Por ejemplo: No es igual portar un reloj Rolex que uno marca Casio, o conducir un Renault no es lo mismo que manejar un Ferrari, de esta forma se confunde al individuo acerca de sus necesidades reales convirtiéndolo en un “consumidor”.

El individuo actual es un “consumidor” por excelencia, motivado en gran medida por la propia sociedad donde se inserta, lo grave está cuando se suma la gran cantidad de “consumidores”, el resultado es una “creciente humanidad consumidora” que demanda satisfactores para sus “necesidades naturales” y para las otras que también han sido llamadas “imaginarias”.

Es imposible visualizar la cantidad de agua que se canaliza diariamente a las ciudades, las toneladas de alimentos que se consumen; y también es complicado imaginar las cantidades de basura y el volumen de aguas residuales que genera una sola metrópolis.

Esto nos hace reflexionar acerca de las “necesidades sociales” que han existido desde hace mucho tiempo, pero los líderes políticos que irremediamente han estado ligados a los líderes económicos se encargan de decidir cuales son las “auténticas necesidades sociales” y como atenderlas.

Entre aquellas resalta la preservación del medio ambiente. Penosamente transcurrió mucho tiempo sin que los gobiernos en el mundo tuvieran la mínima consideración hacia el entorno.

Desde finales de los años sesenta, surgió una corriente idealista que critica y actúa en contra de las políticas y las actividades (sobre todo industriales) que dañan nuestro planeta. El principio “ecologista” dicta que si se cae nuestra casa, nosotros caeremos con ella, porque solo tenemos una.

Partiendo de la conciencia “ecologista”, algunos gobiernos de países desarrollados, implementaron normas y leyes fomentando cambios de hábitos en sus sociedades, con la intención de no llegar a una crisis ambiental. El esfuerzo ha sido recompensado y algunos países como Suecia después de décadas han recogido resultados positivos en materia ambiental.

La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo representa el mayor esfuerzo realizado en este contexto a nivel mundial, en su informe de 1987 titulado “Nuestro Futuro Común” define **Desarrollo Sostenible** como: “Aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.¹⁷

¹⁶ BAUDRILLARD, Jean. (1977), “Crítica de la Economía Política del Signo”. Ed. Siglo XXI. México, D.F. pp. 55-59.

¹⁷ FUAD-LUKE, Alastair. (2002), “Manual de Diseño Ecológico”. Ed. Cártago. Barcelona. p. 341.

Tratemos de imaginar las generaciones futuras en el contexto de Latinoamérica, donde los problemas de sobrepoblación pueden predecirse según las estadísticas, si no hay cambios radicales en materia ambiental y en el control de la explotación de recursos, seguramente estos no serán suficientes.

El lugar es México y el año es 2005, la conciencia acerca del daño irreversible que provocamos al entorno con nuestras actividades y actitudes todavía es incipiente, si bien es cierto que el nivel educativo de la población en general es bajo, es posible un cambio comenzando por modificar nuestros hábitos de consumo y separando los desechos para facilitar su reciclaje.

1.7 El Diseño y la Necesidad de Reciclar.

Todos los individuos que estamos vinculados con el diseño, sea textil, industrial, arquitectónico o gráfico, lanzamos a la sociedad “productos”, que analizados desde el punto de vista del capital la inmensa mayoría son “productos de consumo”, que en su manufactura incorporan “materiales y energía” ambos considerados recursos; por lo tanto, somos parte importante en la cadena destructiva del planeta; si con un esfuerzo moral, estudiamos cuidadosamente el impacto ambiental que producen los materiales y los procesos que proponemos en nuestro trabajo y seleccionamos los más adecuados, estaremos contribuyendo de manera significativa al control de la explotación de recursos.

Se trata de llevar a cabo el diseño sostenible de producto, que es una filosofía y práctica del diseño donde los productos contribuyen al bienestar social y económico, impactan de la menor manera posible el equilibrio ambiental y pueden obtenerse a partir de una base de recursos sostenibles.

En la misma línea, el diseño ecológico o eco-diseño es un proceso de diseño que evalúa los impactos ambientales asociados con un producto a lo largo de toda su vida, desde la obtención de materias primas, pasando por la producción, fabricación y uso, hasta el final de su vida útil. Además de reducir los impactos ambientales, el Diseño Ecológico trata de mejorar la estética y funcionalidad del producto, prestando la atención debida a las necesidades sociales y éticas.

Se entiende por “reciclaje”¹⁸ el empleo de una corriente de residuos para crear un material nuevo; dado que la mayoría de los materiales que emplea la industria actual provienen de la tecnósfera, (aquellos que la Naturaleza no puede reciclar por sí misma), tenemos la urgente necesidad de reciclar.

Esta es una medida de tantas, pero en conjunto permitirán a las generaciones futuras la posibilidad de vivir con calidad.

El mensaje es claro **“Reciclemos porque nuestro planeta lo necesita y nosotros necesitamos al planeta.”**

¹⁸ Fuad-Luke. Op. cit. 17. p.339.

1.8 Alrededor de las llantas. Antecedentes, materiales y procesos.

Con el objetivo de aportar un panorama general acerca de las llantas y su potencial reciclaje, a continuación se presentan una descripción en síntesis y un repaso de la historia del material que posibilitó su existencia y que aún hoy en día es predominante en su composición: el hule.

El hule, fue muy probablemente el primer material elástico conocido por la humanidad, entendiéndose por elasticidad la capacidad de un material para ser deformado tras aplicársele una fuerza externa y recuperar su forma y dimensión original al ser retirada la fuerza. Por otra parte se afirma que fue el primer polímero descubierto por el hombre. Tal fue el impacto de sus beneficios que incluso provocó guerras para apropiarse de esta materia prima.

El hule natural se obtiene de la savia de diferentes especies vegetales originarias de la América tropical. La producción actual en su mayoría proviene de un árbol de la familia de las euforbiáceas, el *Hevea Brasiliensis*. En México existe una especie similar, de la familia de las moráceas, el *ulcuahuitl* o árbol del hule (*Castilloa Elastica Cervica*).

La obtención tradicional comienza con la realización de una serie de incisiones en el tronco del árbol, de éstas escurre un líquido blancuzco (conocido como látex), constituido por un gran número de glóbulos microscópicos dispersos en agua. Esta suspensión acuosa de partículas de hule es estabilizada por un gran número de cadenas proteínicas que actúan como un jabón natural (surfactante o tensoactivo).

Las partículas de hule presentan diámetros que oscilan entre 0.006 y 6 micras. Un látex típico contiene alrededor de 30 o 40% de hule sólido, el cual es separado de la fase acuosa mediante precipitación en medio ácido o añadiendo sal.

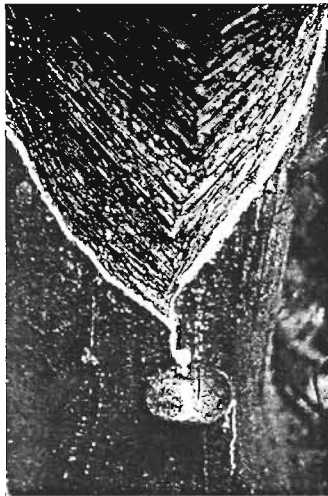


Fig. 1.5 Obtención típica del látex. Fuente: INIFAP.

Un poco de historia.

Buscando la etimología de la palabra “hule” que fue castellanizada tras la conquista, esta proviene del vocablo náhuatl “*ulli*” que a su vez se deriva de “*ollin*” movimiento, concepto muy importante para los antiguos mexicanos en su visión cosmogónica y probablemente está asociado a la propiedad que tienen las pelotas de hule: almacenar el movimiento y la energía. De ahí que la pelota de hule, utilizada en el juego ceremonial, fuera considerada un símbolo del sol (Tonatiuh, “proveedor de Tonalli”), principal fuente de energía del mundo, que posee además una forma esférica.

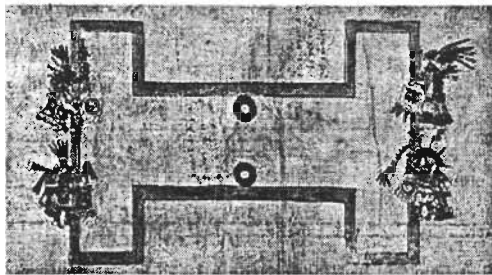
Según los conocimientos actuales, fueron los olmecas los primeros en descubrir y hacer distintas aplicaciones del hule. Recientemente, los estudiosos han publicado datos interesantes tras el hallazgo arqueológico que confirma la utilización más antigua de este material¹⁹; Se trata del sitio llamado "El Manatí", al sur de Veracruz.

Aquí se descubrieron objetos ofrendados por los sacerdotes olmecas a las divinidades del agua hace 3,600 años. Entre los hallazgos se encuentran varias bolas de hule, con diámetros entre 8 y 25cm, las cuales seguramente, fueron utilizadas en el juego ritual de pelota.

Sin embargo, existe una serie de aplicaciones técnicas poco difundidas que los olmecas ya realizaban con el hule, como es el recubrimiento de la zona prensil de las hachas y el moldeo de figurillas que representaban deidades²⁰. También hay evidencias de que el látex de hule se empleó como adhesivo para pegar objetos de cuero y madera. Por desgracia las condiciones de calor y humedad de esta región mexicana no han permitido la preservación de este tipo de artefactos.

Un uso ritual poco conocido fue recubrir con hule quemado las figuras de piedra o arcilla que representaban a sus divinidades; Se cree que era una forma mágica de "cargarlas de energía".

Como podrá suponerse, el empleo más extendido del hule fue la preparación de bolas para el juego de pelota²¹, en el cual, los dos equipos contendientes representaban el día y la noche disputándose la fuerza del astro supremo.



F. 1.6 juego de pelota (Códice Borbónico)

Los olmecas heredaron toda esta serie de asociaciones a los mexicas, quienes impusieron sus costumbres a todas las culturas mesoamericanas. Por esa razón es común encontrar canchas de juego de pelota en los asentamientos mayas, zapotecas, purhepechas, nahuas, etc. Todos estos pueblos reconocían en el hule un fuerte carácter sagrado.

El juego de pelota trascendió aún más allá de mesoamérica, hacia el norte. Por ejemplo los Anasazi, grupo étnico de Nuevo México, Arizona y Chihuahua, intercambiaba turquesas por pelotas de hule.

Hacia el sur, el empleo ritual de las pelotas de hule llegó incluso a los indígenas de la Amazonia peruana. Fuera del continente hay evidencias de que los caribes de Cuba y los taínos de Haití también utilizaban pelotas de hule que seguramente obtuvieron a través de los mayas.

Cristóbal Colón, en la bitácora de su cuarto viaje, registró su experiencia después de presenciar un partido de pelota entre los taínos.

¹⁹ ORTÍZ, P. y RODRÍGUEZ, M. (1994). "Los espacios sagrados olmecas: El Manatí, un caso especial", en Los olmecas en Mesoamérica. Clark, J. (ed). Citibank, México, D.F.

²⁰ SAHAGÚN B. de. (1979). "Historia general de las cosas de la Nueva España". Ed. Porrúa, México, D.F. p. 25.

²¹ INAH. (1986). "El juego de pelota". Ediciones SEP, México, D.F. p.126.

Fue el descubridor de América el primero en informar a Europa sobre la existencia del hule y sus maravillosas propiedades. En el siglo XVI el cronista español Oviedo escribió información más detallada acerca del juego ritual.



Fig. 1.7 Disco Chinkultic, obra maya del periodo clásico donde se aprecia un jugador de pelota. Museo de Antropología e Historia. (INAH), www.cnca.gob.mx/mayas/chinkul.html

Redescubriendo del hule.

La etapa histórica conocida como la Conquista provocó la pérdida de una cantidad inmensa de valiosos bienes materiales y conocimientos importantes, pues gran parte de la riqueza intelectual de los antiguos pueblos americanos fue literalmente arrasada.

Algunas técnicas para manipular los materiales fueron menospreciadas. Esto se hace evidente al comprobar que ningún conquistador o misionero europeo intentó siquiera aprender a trabajar el hule para conseguir nuevas aplicaciones, a pesar de conocer la importancia económica que tuvo este material pocos años atrás. Tuvieron que transcurrir más de doscientos años.

Es curioso saber que el debate acerca de la forma de la tierra que se desató durante el siglo XVIII, se convertiría en un factor importante para el redescubrimiento del hule. Para aquellos años se cuestionaba la forma esférica de la tierra, pues este modelo provocaba graves errores en la práctica de la navegación.

Por un lado la teoría de Newton sostenía que la tierra era una esfera achatada en los polos; por el otro, el astrónomo francés Jacques Cassini (1677-1756) suponía que la forma de la tierra era similar a una sandía.

Como una opción para aclarar el asunto se sugirió la realización de una expedición con el objetivo de medir la longitud de un meridiano en la zona del ecuador. América del Sur resultó ser la región más accesible con el perfil requerido. Para aquellos tiempos esos territorios estaban controlados por la corona española y fue el mismo monarca francés Luis XV el encargado de solicitar permiso para ingresar a dicha región. Cuando Carlos III Rey de España aceptó, la misión fue encomendada al geofísico Charles Marie de La Condamine (1701-1774).

La expedición alcanzó su objetivo en 1745 y demostró que Newton tenía razón y que la tierra está achatada en los polos. Pero durante la misma travesía por la Amazonia, La Condamine observó con atención la forma en que los indígenas extraían de ciertos árboles el látex necesario para la elaboración de pelotas. Con el mismo interés, el explorador francés presenció el método utilizado por los amazónicos para impermeabilizar textiles y calzado mediante la simple impregnación con látex²². Al final La Condamine indagó con los pobladores de esta región el nombre de esa sustancia, e interpretó aquella respuesta como "*caoutchouc*", que para los nativos significa "árbol que llora".

²² SEYMOUR, Raimond y CARRAHER, Charles. (1995). "Introducción a la química de los polímeros". Ed. Reverté, Barcelona. p.2.

Éste es el origen de los distintos términos que se utilizan en Europa para designar al hule: en francés "*Caoutchouc*", en alemán "*Kautschuc*", en italiano "*Caucciù*" y en España "*Caucho*".

Con inquietud, La Condamine hizo entonces lo que ningún europeo: recogió muestras del extraño material y experimentó con él, así descubrió que también podía hacer impermeables objetos metálicos mediante una película de látex caliente, de esa forma podía evitar una rápida oxidación.

Con mucha visión, aquel francés llevó algunas muestras de látex a Europa, donde pronto se convirtió en una novedad interesante para los laboratorios de la época.

No pasó mucho tiempo para que el químico inglés Joseph Priestley (1733-1804), descubriera la capacidad del hule para remover la escritura de carboncillo sobre papel. Entonces surgió el nombre con que se designa este material en idioma Inglés: "*Rubber*" que se puede traducir al castellano como "removedor".

Nacimiento de la industria del hule.

El primer éxito comercial del hule se remonta a principios del siglo XIX, cuando el procedimiento de impermeabilización de textiles mediante recubrimiento con hule alcanzó popularidad.

Se inventaron otros objetos fabricados con este elastómero, lo que condujo a Thomas Hankok en 1837 al descubrimiento de la primera máquina masticadora mecánica de hule, con el objetivo de hacer más sencilla su manipulación; Sin embargo, las aplicaciones del elastómero se encontraban muy limitadas debido a la constante adhesión y suavidad excesiva que presentaban los objetos de hule terminados, así como por la pronta degradación provocada al ser expuestos a la luz del sol. El problema fue resuelto en forma curiosa por un estadounidense un tanto excéntrico.

Charles Goodyear (1800-1860), fanático religioso que creía ciegamente que Dios lo había predestinado para "curar" el hule (término que se utiliza todavía hoy en día como sinónimo de "vulcanizar"). Con esta meta fija en su cabeza, Goodyear efectuó cientos de pruebas, dilapidó su fortuna y llegó al extremo de empeñar los libros de texto de sus hijos para disponer de fondos que le permitieran continuar sus investigaciones.

Se dice que en 1839, Goodyear dejó caer accidentalmente una mezcla de hule y azufre sobre la estufa de su casa, y observó que el material se había endurecido un poco. Posteriormente, introdujo la misma mezcla al horno durante varias horas, con lo cual pudo constatar que, efectivamente, el hule se había hecho más rígido y que sus propiedades elásticas habían mejorado.

De esa manera Goodyear inventó el proceso de vulcanización, que consiste en entrecruzar parcialmente las largas cadenas moleculares que constituyen el hule, creando un puente químico entre ellas. En este caso, el azufre fue el agente que permitió la creación de tales enlaces.



Fig. 1.8 Retrato de Charles Goodyear, grabado sobre ebonita por G.P.A. Healey en 1855.

Edward Goodyear hermano de Charles preparó una mezcla con mayor cantidad de azufre y la sometió al mismo tratamiento. Finalmente obtuvo un material completamente rígido; es decir, desarrolló el primer plástico termofijo. Este material recibió el nombre de ebonita que aún hoy se utiliza en el recubrimiento de rodillos para máquinas de impresión tipo off-set y para elaborar algunas partes de los acumuladores automotrices.

El descubrimiento de Goodyear tuvo una fuerte repercusión en el mundo industrial. Lo más impactante sucedió cuando John B. Dunlop (1840-1921), veterinario escocés que deseaba mejorar el triciclo de su hijo, pudo desarrollar las primeras llantas neumáticas, pues antes de este hecho todas las ruedas eran "macizas".

De manera semejante mediante el uso de hule vulcanizado, Waterman consiguió fabricar la primera pluma fuente. Sin embargo, Charles Goodyear jamás pudo gozar de las regalías de su descubrimiento, llegando a pasar incluso un largo tiempo en prisión a causa de las deudas. Murió en la miseria en 1860.

Durante el siglo XIX fue constante la aparición de cada vez más productos obtenidos del hule natural vulcanizado, lo que provocó un fuerte incremento en su consumo.

En un principio los países Centroamericanos y Brasil eran los principales abastecedores de esta materia prima, pero la demanda creció de tal manera que fue imposible satisfacerla, pero al mismo tiempo trataron de proteger su producción al impedir la salida de semillas del árbol del hule.

Se dice que el gobierno británico encomendó en 1876 a un terrateniente llamado Henry Wickham la misión de obtener bajo cualquier condición algunas semillas de Hevea. El inglés logró sustraer 60 mil semillas de Hevea del Alto Amazonas de forma ilegal (por esto recibió el título de Sir), ocultándolas dentro de un cargamento de hojas de plátano y las llevó a los jardines botánicos de Kew. Muchas de ellas soportaron el viaje y germinaron.

Para 1895 el responsable del jardín botánico de Singapur llamado Henry Ridley convenció a tres cafetaleros de plantar dos acres con árboles de Hevea. Doce años después más de 300,000 hectáreas en Ceilán (Hoy Sri Lanka) y Malasia estaban sembradas con el árbol del hule. Muy pronto aparecieron en el Lejano Oriente muchas más plantaciones de hule.

Como consecuencia, el Sudeste asiático llegó a producir en poco tiempo 90% del hule natural de todo el mundo. Entonces los países latinoamericanos fueron desplazados²³.

Por otro lado es importante mencionar que la producción de hule natural a gran escala, tuvo también efectos nefastos; se reveló que la frecuente exposición a los gases que se despiden durante el proceso de obtención del látex resultó mortal para muchos trabajadores, que incluso fueron obligados a extraer el látex de los troncos de Hevea.

En Indochina, aldeas completas desaparecieron cuando sus habitantes fueron forzados por el gobierno colonial francés a trabajar en las plantaciones del hule. Las condiciones de insalubridad y de maltrato impedían que las personas sobrevivieran ahí no más de dos años. En la región amazónica de Perú y Ecuador casi el 80% de las etnias Hoarani, Machiguenga, Mashco y Ashkinanka desaparecieron, víctimas de los buscadores de hule, quienes esclavizaban a los hombres y eliminaban a mujeres, niños y ancianos.

En las plantaciones del Río Putumayo, se responsabiliza al terrateniente Julio César Arana por la reducción de la población local indígena de 30,000 a 8,000 tras doce años de explotación humana para la obtención de hule²⁴.

²³ MARK, Herman. (1983). "Moléculas gigantes". Time-Life Books, México. D.F. p. 125.

²⁴ DAVIS, Wade. (1996) "One river, Exploration and Discoveries in the Amazon Rainforest". Ed. Simon and Schuster. N.Y. p. 260.

La historia reciente del hule.

Hacia finales del siglo XIX, algunos investigadores se dedicaron a descifrar el misterio que rodeaba la estructura química del hule. En esa época se había descubierto la posibilidad de sintetizar artificialmente moléculas de una gran longitud llamadas polímeros al someter una molécula más simple (el monómero) a una serie de reacciones consecutivas.

Fue sir William Tilden un químico inglés, quien encontró que el hule era también un polímero, pero este en particular estaba formado por la reacción de numerosas moléculas de isopreno.

Desgraciadamente, Tilden y sus contemporáneos no tenían conocimiento sobre el uso de catalizadores en las reacciones de polimerización. Tilden efectuó algunos ensayos de polimerización en medio ácido y observó que la reacción transcurría muy lentamente (llevaría años efectuar una sola síntesis). Finalmente abandonó la empresa considerando que la producción industrial de un hule sintético era imposible. Años después, en 1910 el químico ruso S. V. Lebedev logró polimerizar el butadieno, gas incoloro derivado del petróleo:

El polímero obtenido resultó ser un elastómero. Pese a sus esfuerzos, Lebedev no pudo desarrollar un procedimiento de reacción para sintetizarlo a escala industrial. Para aquellos tiempos el material obtenido llamado poli-butadieno, resultó ser más difícil de manipular que el hule natural, por ello las investigaciones en torno a esta polimerización no continuaron hasta pasada la primera guerra mundial.

La carencia de hule es considerada como uno de los principales factores que llevaron a países como Alemania a ser derrotados durante la Primera Guerra Mundial, pues las llantas de los vehículos de guerra no podían ser reparadas. Es fácil deducir que para aquellos tiempos, las principales zonas de producción de hule se encontraban bajo el control de Francia e Inglaterra.

Algunos años después, obedeciendo a la experiencia, los líderes fascistas cerca de 1930 consideraron prioritario asegurar a Alemania un abasto continuo de hule. Hitler solicitó a los químicos de I. G. Farben (empresa de la cual surgió Bayer) el desarrollo a cualquier precio, de un hule sintético.

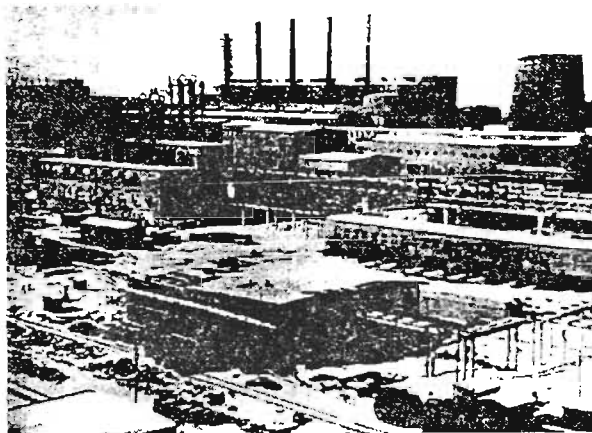


Fig. 1.9 Instalaciones de I. G. Farben durante la segunda guerra mundial. (Prop. de Bayer)

Este grupo de investigadores logró sintetizar un hule al hacer reaccionar el isobutileno en presencia de trifluoruro de boro como catalizador. El poli-isobutileno resultó ser suficientemente fuerte y elástico para sustituir el hule natural, pero pese a los esfuerzos no se podía vulcanizar.

Los científicos de I. G. Farben se vieron obligados a abandonar el proyecto, y retomaron en 1930 la investigación de Lebedev sobre el poli-butadieno.

Esta ocasión lograron acelerar la reacción mediante la adición de sodio como catalizador; así, se obtuvo un polímero al que llamaron *Buna*, para mejorar las propiedades de este elastómero sintético añadieron al reactor otro monómero también derivado del petróleo: el estireno.

Este fue el primer logro de lo que hoy conocemos como co-polimerización; además, fueron capaces de sintetizar una gran gama de hules sintéticos que superaron algunas propiedades del Hule natural.

Así el Führer obtuvo el tan deseado hule sintético y todas las demás prestaciones que ofrece la familia de los co-polímeros estireno-butadieno.

La importancia de estos elastómeros es tal que para inicios del siglo XXI cerca del 50% de los hules utilizados en el mundo pertenecen a esta familia de polímeros.

Debido a esta precaución que se tomaron los líderes nazis durante la segunda guerra mundial, resultó un fracaso el intento de los aliados por bloquear el abastecimiento de hule natural a Alemania.

Los científicos de I. G. Farben desarrollaron procesos de obtención del butadieno a partir del carbón. Durante 1943, la producción alemana de hules estireno-butadieno fue de 100 mil toneladas, el equivalente a la producción de 40 mil árboles sembrados en 160 mil hectáreas.²⁵

Irónicamente se invirtieron los papeles, después de que los japoneses invadieron el sudeste asiático, fueron los aliados quienes comenzaron a padecer por la escasez de hule.

En 1942 el gobierno estadounidense emitió un comunicado que decía lo siguiente: "De todos los materiales críticos y estratégicos, el hule es el único que representa la mayor amenaza para la seguridad de nuestra nación y el éxito de la causa aliada [...] Si fracasamos en hallar rápidamente un nuevo abasto de hule que sea suficientemente grande, se desmoronará todo nuestro esfuerzo bélico y nuestra economía interna".²⁶

Dada la situación de emergencia el gobierno Norteamericano creó un departamento especial para encontrar una rápida solución al problema del hule: la llamada "Dirección del Hule" con autoridad suficiente para pasar sobre cualquier trámite u oficina gubernamental. Las patentes alemanas de los elastómeros estireno-butadieno fueron liberadas.

Las reservas de petróleo, para entonces, también eran de capital importancia, por ello se desarrollaron procesos de obtención del estireno y del butadieno a partir del alcohol que lograron conseguir con la fermentación de granos y de papas.

El programa tuvo tal éxito que en 1944 los Estados Unidos produjeron más de 700 mil toneladas de hule sintético. La guerra por la adquisición del hule había costado más de mil millones de dólares.

Por su parte, los norteamericanos también lograron resolver el problema al que se enfrentó I. G. Farben para vulcanizar el poli-isobutileno: para esto llevaron a cabo la simple co-polimerización del monómero con una pequeña cantidad de butadieno.

El triunfo final de esta guerra por el hule se alcanzó tiempo después de la derrota de los nazis, también se logró el desarrollo de procesos rentables para la síntesis de poli-isopreno (la macromolécula que constituye el hule natural).

De hecho, las anteriores tentativas habían fracasado, pues no se había podido controlar el alineamiento de la estructura interna del polímero, es decir, la obtención de polímeros "estéreo".

²⁵ Mark, Op. cit 23. p.129.

²⁶ Ibid. p. 130.

En 1954, Giulio Natta y Karl Ziegler descubrieron los catalizadores estéreo-específicos y los emplearon en polimerización, lo que ayudó a controlar la configuración de las macromoléculas obtenidas. Ambos científicos recibieron el premio Nobel por sus descubrimientos.

Futuro del Hule natural.

A pesar de todos los descubrimientos, hoy en día arriba del 50% de los hules empleados en el mundo siguen siendo de origen natural. Los principales productores son los países del Sudeste asiático: Malasia, Indonesia y Tailandia. Actualmente, existen 8.5 millones de hectáreas de árboles de hule que producen 5.1 millones de toneladas del elastómero (3 millones de toneladas absorbidas por la industria de los neumáticos), lo que contribuye a la economía de 20 millones de personas.²⁷

El desarrollo de nuevas tecnologías de empleo del hule natural contribuiría al mejoramiento de las condiciones de vida de estas personas. Además, es necesario considerar las ventajas ecológicas de la utilización de este elastómero en lugar de los hules sintéticos, principalmente en países como México, que cuentan con grandes extensiones de bosque tropical.

Por su origen botánico, la producción de hule natural no consume energía ni produce contaminación. La ganadería o la implantación de algunos tipos de cultivos provocan la desertificación de las selvas tropicales. La siembra del Hevea constituye una mejor alternativa, pues este tipo de plantaciones impiden la erosión del terreno y la desaparición de las especies silvestres.

Como ejemplo de la generación de tecnologías que permitan dar nuevos y mejores usos al hule natural, es oportuno mencionar el trabajo realizado recientemente por un grupo de químicos de la Universidad de Estrasburgo, bajo la dirección del Dr. Michael Schneider.²⁸ Estos investigadores han desarrollado una serie de procedimientos de modificación del hule natural mediante técnicas de polimerización en emulsión, en las que se utiliza como medio de reacción agua en lugar de solventes agresivos al ambiente, han logrado crear micro-esferas compuestas de poli-isopreno (hule natural) y diversos termoplásticos.

Algunas de estas partículas presentan una morfología núcleo-coraza; es decir, el nódulo de hule es recubierto por una capa de un polímero rígido. Se han logrado, incluso, sintetizar partículas del llamado tipo "salami", en las que se introducen agregados del segundo polímero dentro de los nódulos de hule. Al añadirse pequeñas cantidades de estas partículas a plásticos frágiles, como el poliestireno o el polimetacrilato de metilo, se incrementa en forma muy sensible su resistencia a la ruptura.

En términos de la industria del plástico, las partículas compuestas de hule actúan como magníficos "modificadores de impacto". También se ha encontrado que estas partículas pueden ser utilizadas como barnices.

Otro trabajo digno de ser mencionado es el del grupo dirigido por el Dr. S. K. De, de Jaragpur, India. Estos investigadores lograron preparar una serie de polímeros reforzados mediante la mezcla de hule natural y fibras de yute.

²⁷ LIVONNIERE, Hughues de. (1992). *Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques* No. 719. ISSN 1154, Editorial Sete. Paris.












²⁸ VÁZQUEZ, F., SCHNEIDER, M., PITH, T. y LAMBLA, M. (1996). *Polymer International Magazine*. Vol. 41, 1. John Wiley and Sons Ed. Nueva York.

El uso de diferentes procedimientos de mezclado y la introducción de la fibra natural a determinadas concentraciones permite un buen control de las propiedades reológicas y mecánicas de los materiales obtenidos²⁹, aunque habría que hacer una profunda revisión en torno al reciclaje de estos materiales compuestos.

Los trabajos anteriores son un ejemplo de la posibilidad de desarrollar nuevos compuestos con mejores propiedades a partir de materiales naturales. Pero el objetivo de este trabajo no es sintetizar nuevos materiales sino emplear el reciclaje de los ya existentes para convertirlos en aplicaciones útiles.

Abajo se presenta una breve síntesis cronológica donde se registran los principales hechos que marcaron el rumbo en la historia de las llantas.

Acontecimientos importantes en la historia de las llantas.

-  - **1837**, Thomas Hancock inventa la “máquina masticadora” o molino de rodillos, con la cual se consiguen compuestos de caucho homogéneos. Se considera que este acontecimiento marca el inicio de la Industria Hulera.
-  - **1844**, Charles Goodyear inventa el proceso para la vulcanización del hule, mediante la incorporación de azufre a los compuestos y la posterior aplicación de temperatura.
-  - **1888**, John Dunlop inventa las llantas neumáticas originalmente para su uso en bicicletas, con este relleno de aire se revoluciona la producción de llantas anteriormente macizas.
-  - **1895**, André Michelin fue el primer fabricante en utilizar llantas neumáticas en un automóvil.
-  - **1911**, Philip Strauss inventa la primer llanta con éxito comercial, para esto tuvo la idea de introducir en la llanta un tubo o cámara para llenarse con aire, su compañía “Hardman Tire & Rubber” se encargó de introducir las llantas al mercado.
-  - **1903**, P. W. Litchfield de la “Goodyear Tire Company” patenta la primera llanta neumática “sin cámara”, pero fue explotada comercialmente hasta 1954.
-  - **1904**, Son introducidos los aros o “rines” desmontables para permitir a los conductores cambiar sus propias llantas.
-  - **1908**, Seiberling inventa las llantas grabadas o “con dibujo” en la banda de rodamiento para imprimir mejor tracción sobre el camino.
-  - **1910**, La “B. F. Goodrich Company” inventa las llantas de larga duración al adicionar carbón al hule.
-  - **1937**, Goodrich inventa la primer llanta de hule sintético, hecha con una sustancia llamada “Chemigum”.
-  - **1954**, Giulio Natta y Karl Ziegler descubrieron los catalizadores estéreo-específicos y los emplearon en polimerización.

²⁹ MURTY, V., GUPTA, B. y DE, S. K. (1985). “Plastics & Rubber Process”. Appl. 5, 4.

La fabricación de las llantas.

Ahora haremos un recorrido a través de las diferentes etapas que atraviesa una llanta convencional durante su proceso de fabricación, para lo cual es necesario iniciar con la comprensión de sus partes esenciales.³⁰

1.- La banda de rodamiento, como su nombre lo indica es la parte de la llanta que mantendrá contacto con la superficie del camino (asfalto, terracería, etc.) la textura o dibujo y la composición de hule varía según el uso y las especificaciones del producto.

2.- El cinturón es aquella serie de capas que se encuentran por debajo de la banda de rodamiento y le aportan la estabilidad y resistencia necesarias, generalmente se conforma de hule, dos capas tramadas de cuerda de acero una encima de la otra y a veces nylon, el cinturón puede ser de configuración radial o diagonal con respecto al eje de la llanta, es importante mantener la mayor ligereza posible del producto final, por eso se utilizan tramas.

3.- La carcasa es propiamente la estructura de la llanta, está conformada por una serie de capas tramadas hechas generalmente de cuerda de poliéster, nylon o rayón, la cual a su vez es reforzada en los costados por anillos de acero, estas capas están incorporadas entre el compuesto de hule.

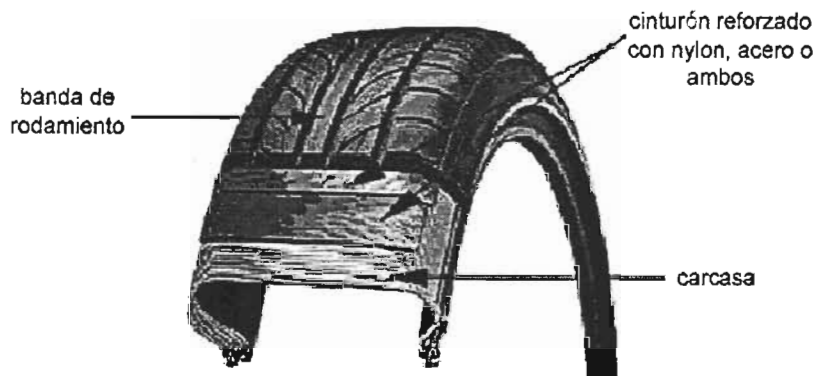


Figura 1.10 Esquema de las partes de una llanta.

Las capas de nylon, poliéster o rayón que conforman la carcasa se fabrican con procedimientos textiles, al igual que las tramas de cuerdas metálicas del cinturón.

Cada capa se elabora de manera independiente y al final recibe un recubrimiento de hule de alta adherencia sin vulcanizar, mediante el proceso de calandrado.³¹

El interior de la carcasa se recubre generalmente con una capa compuesta de hule butadieno, ya que es considerado el elastómero con mejores propiedades de impermeabilidad a los gases, de esta manera se evita el uso de cámaras en casi todos los neumáticos actuales.

Posteriormente se ensamblan la carcasa y el cinturón para formar la llamada "green tire" (por su carácter inmaduro) que designa un proceso intermedio, para esto se montan ambas piezas en un tambor cilíndrico de hule el cual es inflado hasta alcanzar la presión suficiente para unir dichas partes y eliminar las burbujas de aire que pudieran formarse entre ellas.

Para terminar el proceso de manufactura, la "green tire" es recubierta con la capa de hule que formará la banda de rodamiento, después la pieza entera es introducida a un molde seccionado (generalmente en ocho partes), que tiene la forma y el dibujo final de la llanta.

³⁰ www.tiresafety.com/french/construction/const_nav2.htm

³¹ MARK, James E., BURAK, Erman y ERICH, Fred. (2005) "Science and Technology of Rubber". Elsevier Academic Press. Nueva York. Cap.9.

Dentro del molde la pieza es sometida a una presión cercana a las 1500 lb/pul² (alrededor de 105Kg/cm²) y a una temperatura entre los 150 y 170°C, durante intervalos de tiempo que pueden variar entre 15 y 150 minutos, dependiendo del tipo, dimensiones y especificaciones de cada llanta.

Una vez terminada, cada pieza es sometida a un riguroso control de calidad dentro de la fábrica, y cuando se trata de un lote que se ensamblará en una armadora de autos, pasará por un segundo filtro, esta vez bajo diferentes especificaciones.

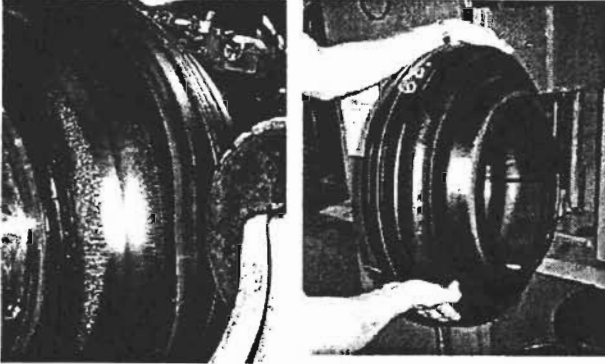


Figura 1.11 Formación de la “Green Tire”, mediante el hinchamiento del tambor. (www.tireschool.com).

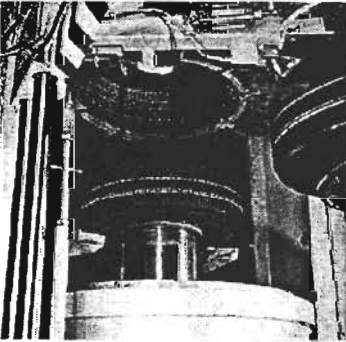


Figura 1.12 Vulcanización en un molde seccionado de 8 partes. (www.fbv-frankfurt.de)

Todas y cada una de las capas de hule, desde la interior, pasando por las intermedias y terminando con la banda de rodamiento, son elaboradas con compuestos formulados y examinados cuidadosamente, antes de ser introducidos a la fabricación en serie.

Los elastómeros más empleados en la industria llantera son tres:

1.- Hule Natural (NR), que tiene entre sus principales virtudes una gran elasticidad, acompañada por una alta resistencia mecánica y alta tenacidad, con las desventajas de ser relativamente vulnerable a los aceites, al calor, al ozono y a los rayos UV.

Con el Hule Natural es posible lograr compuestos con alta resiliencia, que incide en una baja generación de calor, también al combinarlo con negro de humo se consigue alta resistencia a la abrasión, la cual es muy deseable en llantas de uso automotriz.

2.- Hule Estireno-Butadieno (SBR). Entre sus características más reconocidas tiene una buena resistencia a la abrasión, excelentes propiedades a baja temperatura, buena resistencia al envejecimiento, pero sobre todo, su bajo costo lo convierte en una opción ideal para la producción en grandes cantidades como son las llantas.

3.- Hule Butadieno (BR). Resulta apropiado para formular compuestos mezclados con Hule Natural y Hule Estireno-Butadieno, posee la mejor impermeabilidad a los gases, alta resistencia a la abrasión y baja generación de calor.

Durante la fabricación, la banda de rodamiento es la parte de la llanta que recibe el tratamiento más cuidadoso, pues define las características más apreciadas en el mercado como son la duración y “el agarre”.

Para tener una idea de los elementos que constituyen un compuesto típico de hule para la banda de rodamiento a continuación se presentan dos formulaciones clásicas.³²

	NR (Hoja ahumada)	SBR S1712/BR 1220
Hule	100	75/25
Azufre	2.5	1.5
CBS*	-	0.9
NOBS**	0.5	-
Retardador***	0.5	-
Óxido de Zinc	3.5	5
Ácido esteárico	2.5	3
Negro de humo (HAF)	50	55
Antiozonante	2	2
Cera microcristalina	1.5	2
Antioxidante	1.5	1
Plastificante	2	-

* Ciclohexil bonzotiazol sulfenamida (acelerador).

** N-oxidietilen benzotiazol-2- sulfenamida (acelerador).

*** P. ej. N-nitroso difenilamina.

Preparación de los compuestos de hule.

Se ha mencionado de manera sintética la elaboración independiente de cada una de las partes de la llanta que al final se incorporan en un único producto, el material que permite esta incorporación es el hule, cuya composición varía dependiendo de la parte que constituirá; no es el mismo compuesto el utilizado en la banda de rodamiento que en la carcasa, ni tampoco coincide con el compuesto aplicado al interior; lo único común entre los distintos compuestos es el proceso de preparación donde se emplea el mismo equipo y procedimiento.

Una vez definida la fórmula de un compuesto específico, de manera similar a la elaboración de un pastel se utilizan básculas para determinar mediante el peso las cantidades exactas de cada sustancia y así obtener cierta cantidad de material homogéneo.

Para lograr estas mezclas las grandes industrias huleras utilizan molinos cerrados conocidos tipo *Banbury*, donde solo es necesario depositar cada uno de los componentes en el orden y tiempo preestablecidos, a la salida se obtiene una pasta homogénea que después será introducida a un molino de rodillos huecos, donde el material sale en forma de lámina de espesor constante.

Los molinos de rodillos son, por sus cualidades y dimensiones, los más utilizados en las pequeñas empresas huleras para llevar a cabo el proceso entero de la mezcla de compuestos, la razón es que el volumen de material requerido no justifica invertir en un molino cerrado cuyo costo y consumo de energía es mucho más elevado.

³² RAMOS de Valle, Francisco y SÁNCHEZ Valdes, Saúl (1999) “Vulcanización y formulación de hules”. Editorial Noriega – Limusa, México, D.F. p. 135.

CAPÍTULO II, NUEVOS MATERIALES PARA NUEVAS APLICACIONES.

2.1 Un material abundante.

Luego de revisar los antecedentes estaremos de acuerdo que, desde un punto de vista creativo, el hule de las llantas desechadas representa una excelente oportunidad para generar nuevas aplicaciones.

Se trata de un material muy abundante y barato en México. Son precisamente estas cualidades las que deben incentivar su explotación, si hacemos una rápida revisión seguro encontraremos que, para disciplinas como las ingenierías, arquitectura, química, biología, etc. el hule derivado de las llantas desechadas podría resultar interesante para solucionar problemas variados; solo basta tener la voluntad suficiente y comenzar a experimentar nuevos usos para este material de reciclaje.

En concreto, el diseño industrial ya ha sido reconocido como una de las actividades más capaces de aportar soluciones creativas a problemas de toda índole; también, por el lado negativo, se ha llegado a considerar como un importante promotor del consumismo y de diversos tipos de contaminación³³. Los juicios al final serán muy relativos, pero la contribución de los diseñadores en la búsqueda de nuevas aplicaciones del reciclaje de llantas puede resultar muy interesante.

Este trabajo tiene como objetivo demostrar que el empleo de hule de llanta reciclado es una opción viable para el diseño y la fabricación de objetos útiles en diferentes contextos, entonces su utilización contribuirá al equilibrio ambiental y a la preservación ecológica, además de satisfacer necesidades funcionales y estéticas, será útil como vehículo de educación ambiental.

Al fin y al cabo, el problema de las llantas de desecho en la Ciudad de México demanda soluciones urgentes y resultaría ideal que existiera una buena cantidad de propuestas diferentes, dependiendo desde luego de la visión de las distintas disciplinas e incluso de los diferentes individuos.

Partiendo de una perspectiva general, pueden derivarse dos diferentes rutas para aprovechar los recursos materiales que ofrecen las llantas desechadas y es necesario distinguirlos: el re-uso y el reciclaje.

2.2 Las llantas en re-uso.

La renovación de llantas usadas, que consiste en aplicar hule nuevo en la banda de rodamiento, es el mejor ejemplo de re-uso. También es común reparar pequeños desperfectos mediante la vulcanización de parches, o evitar fugas de aire con la instalación de cámaras nuevas. Por razones lógicas una llanta ordinaria tras un uso normal puede soportar un número limitado de reparaciones.

Por otro lado, conviene a los fabricantes de llantas en todo el mundo que los consumidores adquieran productos nuevos en lugar de reparar los que ya tienen. Lo anterior ha derivado en que las empresas introduzcan al mercado nuevas llantas con excelentes atributos de duración y desempeño, pero cuando termina su vida útil, sea por tiempo o distancia recorrida, son irreparables.

³³ MANZINI, Ezio. Prometheus of the Everyday. The Ecology of the Artificial and the designers responsibility. En BUCHANAN, Richard y MARGOLIN, Víctor. "Discovering Design" (1995) The University of Chicago Press, Chicago. pp. 219-243.

Una de las cuestiones que denuncia Manzini es que el diseño se ha dejado seducir por los intereses comerciales, que lo empujan a inundar desmedidamente los mercados en pos de "lo nuevo", sin tener una consideración auténtica acerca de los límites tanto materiales como inmateriales que posee el planeta y los usuarios.

Manzini introduce un nuevo concepto de contaminación, que va más allá de la diseminación de desechos materiales a lo largo del ambiente físico que denomina "biosfera", esta vez se refiere a la contaminación de la "semiósfera" que se puede definir como el espacio también limitado de los símbolos y significados que el ser humano como ser social inscrito en una cultura es capaz de "decodificar", o comprender.

Lo anterior es más notorio en las llantas para automóviles y camionetas, es decir, las más comerciales.

Algunos autores³⁴ hacen referencia que la renovación de llantas usadas, tras una meticulosa selección y el empleo de las más novedosas técnicas, da como resultado productos de similar calidad y grado de confiabilidad que las llantas nuevas. La mejor muestra es el empleo de llantas renovadas por cada vez más compañías de transporte aéreo de pasajeros en todo el planeta.

Otra forma de re-uso, es la utilización de llantas desechadas para desempeñar funciones diferentes a la original, por ejemplo, como amortiguadores de impacto en embarcaciones pequeñas o en los propios embarcaderos. También es común encontrar llantas inservibles que algunas personas utilizan en lugar de macetas. Algunos empresarios del entretenimiento construyen pequeñas pistas de carreras para los llamados "Go-karts" delimitadas con llantas desechadas.

En las zonas agrícolas de Europa es común mirar que emplean las llantas como "peso" para evitar que los cúmulos de pastura o material cosechado sean destruidos por el viento o por animales.

Años atrás era muy normal mirar a la gente en las playas o los balnearios usando cámaras de llanta como flotadores "salvavidas". Hoy es cada vez menos común encontrar llantas viejas colgadas de los árboles a manera de "columpios".



Fig. 2.1 Los columpios son una forma de re-usar las llantas. (Catálogo www.goodyear.com)

Los casos existentes de "re-uso" de llantas inservibles, como los anteriores, son muy ingeniosos pero la cantidad de llantas que demandan es muy pequeña, si se considera el enorme volumen que se encuentra disponible.

Si bien, el re-uso de este tipo de desechos es interesante, a mi juicio es un tanto limitado pues implica utilizar el producto tal como fue desechado. Adelante se verá que las opciones que ofrece el reciclaje son mucho más variadas.

2.3 Reciclaje de llantas desechadas.

Una definición completa es la que ofrecen Capuz y Gómez³⁵: "reciclaje es la serie de actividades incluyendo la recogida y el proceso mediante los cuales los productos y otros materiales se recuperan desviándose de alguna manera de la corriente de residuos sólidos para ser utilizados en forma de materias primas para la fabricación de nuevos productos".

³⁴ SCHMIDT, U. y REINKE, D. (1991) "Wiederverwertung von Altgummi, Status und Tendenzen in der Gummiindustrie" VDI Verlag, Düsseldorf. pp. 369-393.

³⁵ CAPUZ, R. Salvador y GÓMEZ, N. Tomás. (2004). "Ecodiseño, Ingeniería de ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles" Ed. Alfaomega. México, D.F. p. 146.

En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación del material de las llantas desechadas, o la energía contenida en ellas. Contrario al re-uso, estos procedimientos involucran tratamientos especiales.

Procesos para el reciclaje de llantas.

Recorte.

El procedimiento más rudimentario para emplear el hule de llanta consiste en recortar manualmente con ayuda de cuchillas, secciones con las dimensiones y las formas adecuadas para fabricar productos nuevos. El mejor ejemplo son los típicos huaraches con suela de llanta. Hoy en día se fabrican de manera artesanal, en prácticamente todo el territorio mexicano, una gran variedad de modelos de huaraches. El procedimiento más común es recortar y ensamblar piezas de cuero, incluida la plantilla, para después coser, clavar o engrapar la suela previamente recortada de la llanta.



Fig. 2.2 Los huaraches con suela de llanta.
Un excelente ejemplo de reciclaje en México. (Foto del autor)

Es mi opinión personal basada en la experiencia que las suelas de llanta funcionan perfectamente aprovechando las cualidades del material, pues después de mucho uso y desgaste, probablemente son las partes de los huaraches que perduran por más tiempo.

Pienso además, que las suelas de llanta no han sido explotadas lo suficiente. Una razón es quizás que la connotación de estos productos se relaciona íntimamente con un status de "humildad", y en la búsqueda para satisfacer los distintos nichos de mercado se fabrican también huaraches con suelas fabricadas con hule virgen y con otros materiales.

Aparte de los huaraches existen otros productos artesanales como son algunos tapetes elaborados con tiras delgadas de hule recortadas de las llantas.

También se ha abarcado el uso de trozos de llanta para sustituir los regatones en algunos muebles rústicos.

Termólisis.

Se trata de un tratamiento térmico en el que se somete a los materiales residuales de las llantas a un calentamiento (arriba de 600°C) dentro de un medio en el que no existe oxígeno. Las altas temperaturas y la ausencia de oxígeno tienen el efecto de destruir los enlaces químicos. Tras este tratamiento aparecen cadenas de hidrocarburos.

Es una forma de obtener de nueva cuenta algunos compuestos originales de la llanta, no así el hule. Se recuperan metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden ser empleados otra vez en procesos industriales, para actividades variadas incluso la fabricación de nuevas llantas. Aunque es un método caro se sigue empleando en países industrializados.

Pirólisis.

Este proceso se lleva a cabo en hornos rotatorios o en reactores de lecho fluidizado³⁶ a temperaturas que oscilan entre 600 y 1000°C. Aquí el hule de las llantas viejas se recupera en forma de negro de humo con impurezas de sulfuros de zinc y de potasio, aceite e hidrocarburos volátiles como: benceno, tolueno, xileno y gas de síntesis con alto contenido de metano.

En algunas ocasiones el gas obtenido por pirólisis se usa en forma directa para calentar el horno y mantener trabajando el proceso.

Se trata de un método caro y aún en experimentación pues se han logrado pirolizar hasta 120Kg de llantas por hora. Una cantidad mínima frente a otros procesos de reciclaje.

Incineración.

No se trata propiamente de un proceso de reciclaje, sino un método para producir energía a partir de los residuos; en México es el uso más extendido que se les aplica a las llantas de desecho.

En resumen la incineración es el proceso por el que se produce la combustión de los materiales orgánicos de cada llanta en hornos construidos con materiales refractarios de alta calidad, explotando el alto poder calorífico de las llantas (31,400 kJ/kg) que supera al carbón y apenas es rebasado por el petróleo crudo (39, 500 kJ/kg).

Se requiere equipo costoso y además presenta un gran inconveniente basado en la diferencia de velocidades de combustión de cada uno de los componentes y la necesidad de depuración de los residuos, por lo que resulta muy difícil de controlar y además es contaminante.

El objetivo es generar calor transformable en otro tipo de energía, ya que se trata de un proceso exotérmico.

Con este método, los productos contaminantes que se producen en la combustión son muy perjudiciales para la salud humana, entre ellos hollín, monóxido de carbono, xileno, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, óxidos de zinc, benceno, fenoles, dióxido de azufre, óxidos de plomo y tolueno.

Además el hollín contiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos poli-cíclicos, altamente cancerígenos. El zinc es particularmente tóxico para la fauna acuática. También existe el peligro de que muchos de estos compuestos se disuelvan en el agua, por lo que pasan a la cadena trófica y de ahí a los seres humanos.

Actualmente existe un convenio entre la empresa cementera "Apasco" y la llantera "Goodyear", mediante el cual los cerca de 500 distribuidores de esta marca colectan las llantas inservibles que los clientes dejan a cambio, para después canalizarlas a las instalaciones de "Apasco".

Recientemente la compañía CEMEX (Cementos mexicanos) dentro del marco del Convenio de Co-procesamiento, acordado con la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT), ha comenzado a generar energía para sus procesos en las plantas de Huichapan, Ensenada, Yaqui, CPN, Tamuín, Guadalajara y Barrientos mediante la incineración de llantas.³⁷

³⁶ KAMINSKI, W. (1987) "Recycling durch Pyrolyse", Z. Entsorgung Praxis. pp. 392-397

³⁷ Fuente: www.cemexmexico.com

Trituración criogénica.

Este método se basa en aprovechar la fragilidad del hule y los demás materiales de las llantas cuando son sometidos a temperaturas extremadamente bajas (-120°C), para esto se necesitan instalaciones muy complejas y grandes cantidades de nitrógeno (entre 0.6 y 0.7 toneladas por cada tonelada de llantas) lo que hace poco rentable este proceso.

Por otro lado los granos de hule obtenidos mediante este método presentan una mínima porosidad superficial, que incide en una difícil adherencia dentro de nuevos compuestos, para revertir esta desventaja se hace necesario agregar muchos aditivos y en mayores cantidades.

Todo lo anterior provoca que este sistema sea poco recomendable sobre todo para ponerlo en operación en países no desarrollados. Pese a ello en México se ha experimentado este proceso en dos plantas una en Guadalajara y la otra en el estado de Hidalgo.

Al interior del Instituto de Materiales de la UNAM también se ha intentado recuperar material de los desechos de llanta mediante procedimientos químicos. El proyecto fue dirigido por el Dr. Mikhail Tlenkopatchev y tuvo como objetivo construir geo-membranas³⁸.

Trituración mecánica.

Es un proceso puramente mecánico, en el cual se emplean máquinas equipados con motores potentes (la potencia total se calcula en unos 200CF), para lograr la capacidad de triturar varias toneladas de llantas en una sola jornada. Algunos equipos pueden procesar hasta 2,000Kg por hora.

Mediante este método es posible separar el hule de las llantas que representa entre 70 y 80% de su peso total. El material restante también es reciclable y está compuesto por cuerdas metálicas y textiles.

Los elementos más importantes de una máquina trituradora son las mordazas hechas con un acero muy duro y dispuestas en diferentes ejes que giran en sentidos opuestos. Así las llantas son literalmente “devoradas” por las diferentes fases de mordazas que se encargan de desgarrar los materiales y convertirlos en “trozos” cada vez más pequeños. Posteriormente el material triturado es tamizado a través de diferentes mallas para separar los hilos de nylon y rayón; con el mismo proceso es posible coleccionar por separado gránulos de diferentes dimensiones.

El método más sencillo para separar las fibras metálicas es canalizar todo el material triturado por una sección de electroimanes, en esta fase son retenidas algunas partes de hule con metal embebido, que después pasarán por un proceso de trituración más fino.

Para conseguir partículas más pequeñas de hule existen dos opciones. En la primera se utiliza equipo semejante a una extrusora, donde la fricción al interior de la máquina pulveriza los trozos. La segunda alternativa emplea el principio de embrague; haciendo pasar el material entre dos discos que giran en sentidos inversos e intercambiando discos hay la posibilidad de obtener partículas pulverizadas en distintas dimensiones.

Como resultado de la trituración, el hule, el metal y los textiles son de alta calidad y limpios de toda clase de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones.

La trituración con sistemas mecánicos es el método más común que las naciones desarrolladas usan como acción previa para la recuperación y rentabilización de los residuos de llantas.

³⁸ Fuentes electrónicas: www.guanabios.com, www.elsevier.com

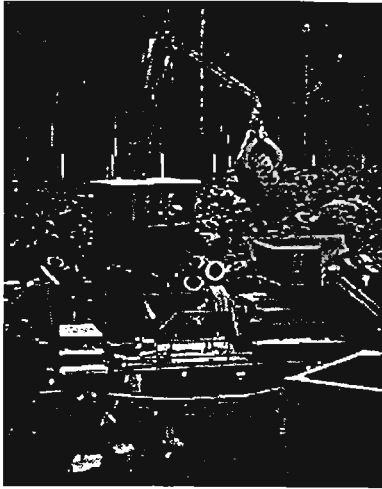


Fig. 2.3 Trituración de llantas en Alemania. (Fotografía de catálogo)³⁹

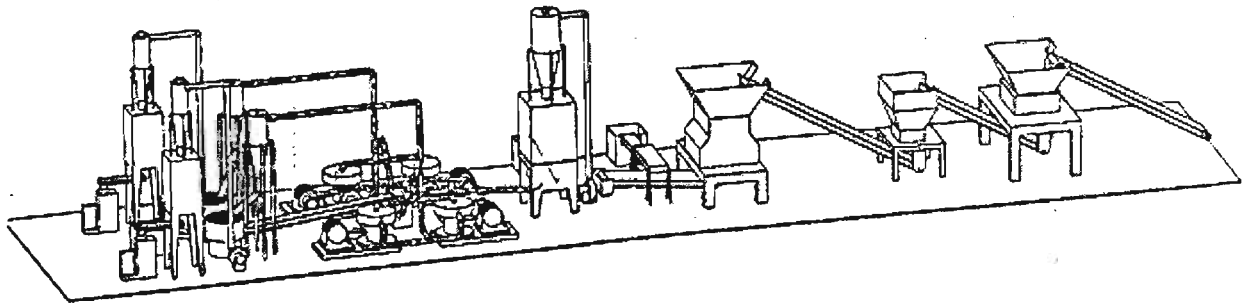


Fig. 2.4 Esquema del equipo completo para la trituración de llantas. El proceso comienza de derecha a izquierda con tres fases de triturado que se alimentan con bandas transportadoras, después se encuentran la zona del electroimán y la máquina de pulverización. Para terminar se ilustran los silos de almacenamiento y el área de empaque. (Fuente: [www. e-asphalt.com](http://www.e-asphalt.com)).

En algunos casos una parte de los residuos de llanta ya triturados es incinerada para ser convertida en la energía eléctrica que requiere la propia planta de reciclaje, o también suele conducirse a otras instalaciones de distribución.

Aunque es contaminante, este procedimiento vuelve autosuficientes las plantas de reciclaje de llantas. Solo basta introducir los residuos en el quemador de una caldera donde se realiza su combustión. El calor liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor con suficiente presión para mover una turbina y el generador acoplado a ella produce la electricidad que después tendrá que ser directamente utilizada.

Después de un rápido análisis considero que en la actualidad mexicana la trituración mecánica es el proceso más viable para reciclar el hule de llanta, dadas las condiciones de avance tecnológico, costos de producción e impacto ambiental.

³⁹ Ver: www.erdwisch.de

2.4 Aplicaciones recientes.

La obtención de distintas dimensiones de gránulos de hule después de la trituration de las llantas favorece el empleo de este material en diversas aplicaciones. A lo ancho de todo el planeta se han logrado diferentes productos, algunos muy novedosos, derivados todos ellos del reciclaje de llantas. A continuación se enlistan algunos usos y productos relevantes.

1.- Empleo como material de carga para nuevos compuestos de hule.

Se hace con el objetivo de disminuir los costos de una mezcla al combinar hule virgen con reciclado, aumentando el volumen de la mezcla obtenida sin sacrificar las propiedades del compuesto. Es común el empleo de estas mezclas con hule reciclado en la propia manufactura de neumáticos nuevos, suelas para zapatos, regatones, cubiertas, partes automotrices, etc.

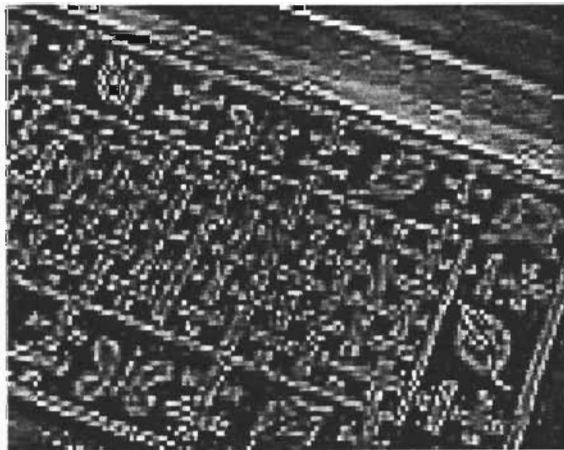


Fig. 2.5 Nuevos productos fabricados incorporando hule reciclado como carga. (Fotografías de catálogo).⁴⁰

⁴⁰ Fuente: www.fiskars.com.

2.- Empleo como material de carga en asfaltos para carreteras.

Al agregar hule de llanta finamente triturado a la mezcla de materiales asfálticos aplicados a la capa superficial de las carreteras, se aumenta la impermeabilidad al agua, incidiendo en una vida útil más larga, también se ha demostrado que en este tipo de caminos disminuye la emisión de ruido por el contacto con las llantas de los autos en circulación y se ha mejorado el “agarre”.



Figura 2.6 Adición de hule reciclado en la pavimentación de carreteras⁴¹.

La empresa mexicana CEMEX⁴² tras el proceso de investigación ha conseguido lanzar al mercado un producto llamado “Llancreto”, se trata de un pavimento en base a cemento que incorpora hule de llanta triturado. Con este material se ha pavimentado ya un área experimental de 175m² en el municipio de San Pedro Garza García con un costo de \$460,000 pesos mexicanos. Se estima que por cada metro cuadrado de “Llancreto” se recicla el material de 3 llantas.⁴³

3.- Elaboración de pisos.

En países desarrollados esta aplicación ha encontrado mucha aceptación. El proceso consiste en aglutinar los gránulos de llantas trituradas agregando resinas generalmente derivadas de la urea, al aplicar temperatura y presión dentro de un molde, se consiguen placas con buena resistencia a la intemperie, a la abrasión y con excelentes propiedades de resiliencia o amortiguamiento, ésta última característica convierte a estos pisos en la mejor opción para pistas atléticas, gimnasios y áreas infantiles.

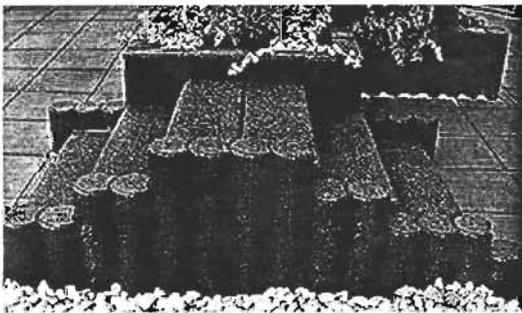


Figura 2.7 Aspecto de baldosas y escaleras hechas con hule reciclado. (Foto www.erreteam.de)

⁴¹ El Departamento de pavimentación del condado de Seneca en Ohio utiliza 3% de llantas trituradas en el asfalto. www.recycle.utoledo.edu/oss/events.htm

⁴² Ver: www.cemexmexico.com

⁴³ Fuente: www.sanpedro.gob.mx/Prensa/Detail_Noticia.asp?ver=1&folio=697

Esta clase de aplicaciones se están abriendo campo en las áreas comerciales y de vivienda⁴⁴, debido a su incorporación a los edificios como aislamiento acústico y por otro lado, las técnicas mejoran constantemente para conseguir acabados cada vez más agradables a los sentidos.

4.- Sistemas de riego.

En el Reino Unido se ha comenzado a explotar una aplicación muy ingeniosa. La empresa *Porous Pipe* fabrica, mediante el proceso de extrusión, unas mangueras porosas con hule de llanta reciclado, aquí se aprovecha la porosidad de la superficie obtenida para dosificar agua en los cultivos.

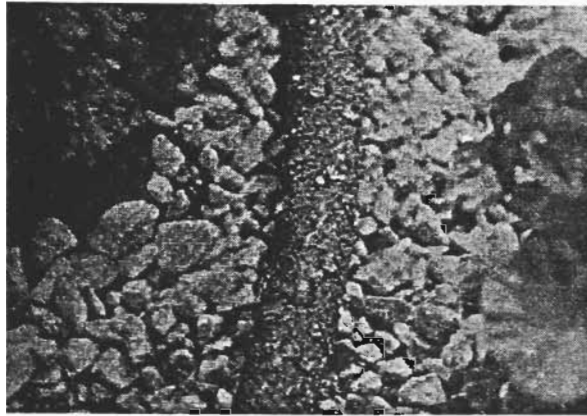


Figura 2.8 Imagen de la manguera para riego "Porous Pipe". (Foto de catálogo)⁴⁵

5.- Material para la construcción.

En la Universidad de San Juan en Argentina⁴⁶ se han iniciado proyectos para incorporar el hule reciclado junto con otros materiales para elaborar bloques (algo similar a los ladrillos) para la construcción de pequeña vivienda.

6.- Elementos reductores de velocidad (topes).

La empresa Británica BTMInternational⁴⁷ fabrica con material reciclado topes y otros elementos de seguridad en el tráfico, los cuales son fáciles de instalar y representan un ahorro en cuanto a la energía incorporada que contiene el triturado de llanta en relación a los productos tradicionales para esta función.

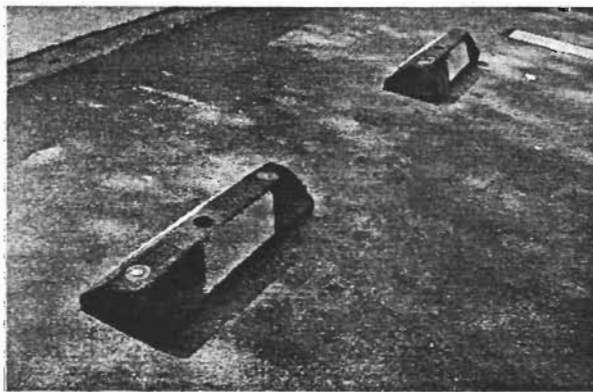


Figura 2.9 Reductores de velocidad fabricados con hule reciclado. (Fotografía del autor)

⁴⁴ Ver: www.royalmat.com, www.erre-team.de, www.gerbertltd.com

⁴⁵ Fuente: www.porouspipe.uk

⁴⁶ Fuente: www.guanabios.com, contacto: hectoralmeidas@hotmail.com

⁴⁷ Ver www.btminternational.com.uk

7.- Tejados.

La empresa norteamericana Ecostar⁴⁸, fabrica tejas ligeras con hule de llanta reciclado, según los fabricantes, tienen una duración de hasta 50 años.

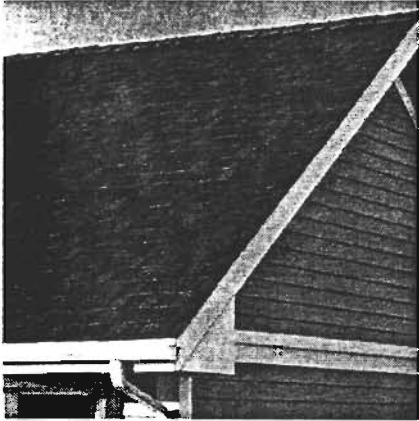


Fig. 2.10 Tejado elaborado con hule reciclado. (www.ecostarinc.com)

2.5 Los materiales y su impacto sobre el medio ambiente.

Los materiales son y siempre han sido parte de la existencia humana, su supervivencia y la evolución de sus civilizaciones ha dependido en todo momento de la manipulación de los materiales disponibles. En los orígenes: la piedra, el hueso, la piel y la madera fueron convertidos por el hombre en herramientas útiles apenas modificando su forma natural. Esta ligera alteración para nada afectó la estructura interna de los materiales, por lo tanto, al llegar el final de la vida útil de estos artefactos primitivos, sus materiales fueron fácilmente reintegrados al medio ambiente por mecanismos propios de la naturaleza.

Sin embargo, con el tiempo la raza humana aumentó su capacidad de aprovechar y transformar los materiales, modificando su entorno y comenzando poco a poco a alterar los ciclos naturales.

Con el manejo de los metales cambió el rumbo de la historia y surgieron los materiales compuestos, cuando de una manera muy sencilla, se logró la combinación de minerales diferentes, aunque de origen semejante.

La revolución industrial no hubiera sido posible sin los conocimientos de Metalurgia que mucho se fundamenta en la química, esta ciencia tan importante que realmente se compromete a conocer la materia en su estructura íntima.

Más recientemente aparecieron los plásticos que representan el enorme avance de la generación de nuevos materiales a partir de la química, pero la mayoría de ellos son tan complejos que la naturaleza es incapaz de volver a integrarlos.

El desarrollo tecnológico en la ciencia de los materiales ha modelado nuestra realidad, ahora somos capaces de crear “materiales a medida”⁴⁹. Ya no es como en el pasado, cuando se empleaban los materiales disponibles para construir objetos, sino que “inventamos” materiales que satisfacen los requerimientos que cada producto demanda.

Es muy frecuente hoy en día, hablar de materiales reforzados: resina poliéster con fibra de vidrio, hormigón armado, espuma de poliuretano con estructura metálica, cerámicas con fibra de carbono, etc., todos ellos materiales maravillosos que ofrecen prestaciones jamás imaginadas por nuestros abuelos.

⁴⁸ Ver www.ecostarinc.com

⁴⁹ MANZINI, Ezio (1993) “La materia de la invención”. Ediciones CEAC, Barcelona. p.38

Sería un error no reconocer las virtudes de los nuevos materiales, especialmente los compuestos; aunque observados desde otra perspectiva generan importantes inconvenientes. Si la naturaleza es incapaz de descomponer y reintegrar los plásticos, con los materiales compuestos esa incapacidad se multiplica.

Es compromiso, pues, de la raza humana mantener en un ciclo constante todos aquellos materiales que ha creado. Esta preocupación ya es evidente, pues algunos de ellos han sido creados bajo este concepto, otros tantos han sido modificados para facilitar este proceso, por ejemplo: los elastómeros termoplásticos. Pero existen muchas familias de materiales en las que resulta evidente la ausencia de un estudio claro orientado al reciclaje. Hemos heredado muchos de esos casos.



Fig. 2.11 Los diseñadores se preocupan por el medio ambiente.

Las llantas un caso de material compuesto.

Inmerso en la búsqueda de rutas para el reciclaje del material derivado de las llantas desechadas, me he encontrado con diversos problemas, uno de los más complicados, surge precisamente de la propia conformación de las llantas: metal, fibras de nylon y diversos polímeros integrados de manera íntima en un solo producto.

Así es, el material con que están hechas las llantas es un compuesto, y pretender separar los diversos componentes en unidades básicas para su posterior empleo se visualiza, con los medios disponibles en México, casi imposible. Pero aún así, el hecho de poder separar el metal y las fibras textiles del hule vulcanizado, es un avance importante.

De hecho lo anterior es fundamental para empezar a experimentar con nuevos materiales que integran el hule triturado.

Se hace inevitable reflexionar: Si se intenta generar nuevos materiales y nuevas mezclas, habrá que evitar al máximo hacer materiales compuestos. Integrar materiales de origen tan diferente sin prever las consecuencias, únicamente causará problemas para su reciclaje una vez que los productos terminen su vida útil. Esto sería como repetir el fenómeno de las llantas que son tan difíciles de reciclar.

El camino es claro: La búsqueda de mezclas derivadas de esta investigación debe asociar materiales, en este caso polímeros, de origen lo más común posible; debido a que en el proceso de mezcla de hules la unión es realmente íntima (a nivel molecular).

Visualizando el futuro cercano, donde seguramente será todavía complicado separar los materiales unidos íntimamente en forma de compuestos; es oportuno considerar los actuales métodos de reciclaje de hules. Por lo tanto:

Los materiales que resulten de esta investigación deben ser fácilmente triturables, para después volver a emplearse de manera sencilla como carga en nuevos compuestos de hule.

Los productos que empleen para su fabricación estos nuevos materiales, deben facilitar el reciclaje, evitando al máximo fuertes uniones químicas con materiales de otra índole.

Deben fomentarse aquellos procesos de transformación que contribuyan a la obtención de productos de material homogéneo.

Los proyectos de diseño que facilitan el desmontaje y la separación de los distintos materiales que conforman un mismo producto son los más efectivos.

Ahora y en el futuro próximo, la dificultad para reciclar un producto es directamente proporcional a la cantidad de materiales ligados íntimamente en su composición.

Acerca del reciclaje de polímeros en general.

Algunos autores clasifican los materiales según su cualidad de poder ser reintegrados a la naturaleza. La Biosfera comprende el conjunto de materiales que, como la madera, la lana, el hueso, etc. son fácilmente asimilados por el medio ambiente. Todos los demás conforman la Tecnósfera⁵⁰, donde se incluye desde luego, el hule de llanta; el cual a su vez, es un compuesto polimérico.

En pocas palabras, los polímeros son materiales creados por el hombre (excepto el hule natural), que están formados por moléculas gigantes enlazadas en un proceso de polimerización a partir de un monómero previamente sintetizado.

Los hules empleados en la manufactura de las llantas, aún separados de metales y textiles, deben considerarse materiales compuestos, por que en su estructura molecular se encuentran normalmente hule natural (NR) y hule estireno butadieno (SBR), el primero de origen natural y el segundo sintético

Ambos materiales (NR y SBR) se ubican dentro de la clasificación de polímeros y por otra parte, partiendo de su resistencia a la deformación, también se definen como elastómeros, pues son materiales que soportan elongaciones superiores al 200% y que recuperan su forma y dimensiones originales al ser retirada la fuerza deformante.

Dentro de otra clasificación, el hule natural y el SBR son polímeros termofijos, porque después de ser vulcanizados es imposible fundirlos (o fusionarlos), a diferencia de los termoplásticos (Polietileno, PVC, etc.) que al ser calentados y alcanzar cierta temperatura fluyen y cambian su forma hasta ser enfriados.

Esta distinción entre termofijos y termoplásticos creó hace algún tiempo, la falsa idea de que solo los termoplásticos eran reciclables; Esto a partir de un simple concepto: “basta calentar los desechos de termoplásticos para conformar un nuevo producto”, lo cual resulta imposible con los materiales termofijos.

Es verdad que los termofijos no se pueden reciclar con el “simple calentamiento” pero existen otros procesos como los que se han descrito para las llantas en la sección 2.3 de este documento.

Otro mito entre la población general es que los termoplásticos requieren únicamente temperatura para convertirse en un nuevo producto con las mismas propiedades físicas y químicas del material antes de ser reciclado.

Se ignora regularmente que todos los polímeros tienen un historia térmica, es decir, que cada vez que un polímero es calentado y enfriado sus propiedades físicas (resistencia al desgarre, módulo, etc.) y químicas (resistencia a solventes, rayos uv, etc.) van disminuyendo de manera muy considerable.

Esta “historia térmica” de los termoplásticos, canaliza a la necesidad de mezclar cierta cantidad de material reciclado con material virgen. Estos porcentajes serán determinados por las propiedades deseables en los productos fabricados con este “nuevo material”. Por lógica, al agregar mayores proporciones de material reciclado, como resultado se obtendrán propiedades inferiores y productos de menor calidad en general.

⁵⁰ Fuad -Luke. Op. cit. 17, p.341.

Algunos datos generales acerca de reciclaje,⁵¹ indican que los polímeros que soportan mayores proporciones de material reciclado son: El Polietileno (de alta y baja densidad) en porcentajes que van del 50% al 60%, el poliestireno, cuyos compuestos contienen entre el 35% y el 40% de reciclado, y por último el PET (terftalato de polietileno) con un contenido entre el 25% y el 30% de plástico reciclado.

Una característica fundamental de los productos hechos con material reciclado es la disminución de costos, hecho que ha incentivado el empleo de estas técnicas, sobre todo en altos niveles de producción.

Es importante destacar que para fabricar un producto a partir de cualquier polímero, difícilmente se empleará puro (100% del polímero y nada más). Por ello es común recurrir a una formulación donde se contemplen: pigmentos, plastificantes, ayudas de proceso, anti-degradantes, cargas, y en el caso de los hules además se deben agregar acelerantes y a veces retardantes; todo con la intención de modificar las propiedades del polímero y facilitar los procesos de transformación. El ejemplo mas claro es la formulación clásica para hule de llanta que ya se ha mostrado al final del capítulo 1.

De lo anterior se concluye: Cuando se reciclan productos hechos con polímeros se están reciclando también cargas y aditivos.

2.6 Importancia económica y ambiental del hule natural en México.

Como se sabe, la *Hevea Brasilensis* es la planta que por excelencia nos provee de hule natural (existen otras especies como el *Guayule*), su origen es semejante a la madera y al algodón entre otros muchos y, como ellos, se considera un recurso renovable proveniente de la “Biosfera”.

Actualmente se estima que el cultivo mundial de *Hevea Brasilensis* abarca alrededor de 7.2 millones de hectáreas, de las cuales cerca del 70%, unos 5.2 millones de hectáreas se halla en Malasia, Indonesia y Tailandia, los árboles tienen una vida productiva de hasta 30 años después su producción disminuye.

Al igual que los bosques madereros, las plantaciones de caucho, son sumideros que absorben el bióxido de carbono, aportan oxígeno y contribuyen a regular aspectos climáticos y a sostener especies animales.

En el aspecto económico el cultivo del hule natural llega a aportar hasta el 15% del producto interno bruto de naciones como Malasia⁵², distribuyendo en cierta forma, beneficios entre la población dedicada al ramo.

Es posible imaginar la riqueza generada en todos aspectos por una plantación gestionada de manera sostenible, México es un país que cuenta con grandes regiones cuyas circunstancias son ideales para el cultivo del hule, hay plantaciones, pero no las suficientes para cubrir la demanda nacional y captar los beneficios económicos y ecológicos que brinda esta planta.

Algunas Instituciones mexicanas se han sensibilizado a los beneficios de esta planta y han encaminado recursos al objetivo de aumentar y mejorar el cultivo del hule natural en México. A continuación se presentan dos casos diferentes.

⁵¹ Fuad-Luke, Op. cit. 17, p.277.

⁵² BHOWMICK, Anil K. y STEPHENS, Howard L. (2001) “Handbook of Elastomers”. M. Dekker Ed. Nueva York.

Validación de nuevos clones de hule *Hevea Brasiliensis* en el trópico húmedo de México.⁵³

RESUMEN.

México cuenta con una superficie potencial de más de 250,000 hectáreas para el establecimiento de plantaciones de hule en los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco y Chiapas. Pese a ello, en la actualidad se cuenta con una superficie inferior a las 20,000 ha y se produce menos del 10% de los requerimientos de materia prima que requiere la industria nacional. El rendimiento promedio por hectárea estimado es de 1000 a 1200kg de hule seco anual.

Una de las principales líneas de investigación que el INIFAP ha desarrollado para mejorar los rendimientos de hule en México es el mejoramiento del material genético utilizado para el establecimiento de plantaciones comerciales.

El cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) Representa una excelente opción para la reforestación de las áreas degradadas por las actividades agropecuarias del hombre en las regiones tropicales del sureste mexicano con ventajas ecológicas, económicas y sociales.

En los últimos 15 años se han introducido a México una gran cantidad de clones de hule de los principales países productores de hule, los cuales se están evaluando y cuentan con resultados suficientes para iniciar su etapa de validación en los terrenos de los productores. Dichos clones superan en rendimiento a los actualmente recomendados hasta en un 50%.

En el presente proyecto se pretende validar los 8 clones más sobresalientes de las pruebas clonales a pequeña escala desarrolladas en el Campo Experimental El Palmar, bajo las condiciones de manejo de los productores de hule del estado de Veracruz.

Derivado de lo anterior en el presente proyecto se pretendió evaluar experimentalmente clones de hule en las regiones veracruzanas de Tezonapa y Uxpanapa, también Macuspana en Tabasco, Rosario Iizapa en Chiapas y Tuxtepec Oaxaca. Producto de ello, se ha liberado un total de 8 clones de hule, los cuales son: IAN710, IAN873, IAN754, RRI,527, RRIM600, GU204, PB5/51, PB5/63 7Y MEX-23.

Los clones recomendados presentan rendimientos que superan las 2.0 toneladas de hule seco por hectárea por año, lo cual es un rendimiento aceptable, considerando que la media de producción mundial oscila alrededor de 1.0 ton/ha -año. Sin embargo en los países como Malasia, Indonesia y Tailandia que han logrado el mayor desarrollo tecnológico en el cultivo del hule los rendimientos experimentales superan las 3.5 ton/ha-año.

Con ello se pretende validar los ocho clones más sobresalientes de las pruebas clonales a pequeña escala desarrolladas en el campo experimental en el Palmar, bajo las condiciones de manejo de los productores de hule del Estado de Veracruz, asimismo capacitar a técnicos y productores sobre el manejo de los genotipos próximos a liberar.

Ing. Elías Ortiz Cervantes. INIFAP Investigador, INIFAP, Campo Exp. El Palmar Teléfono: 01271 714 1429

⁵³ Fuente:

http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/imasd/proyectos_2002/41.htm

RESUMEN

El estudio se fundamenta en la oportunidad de aprovechar las condiciones agro-ecológicas para el cultivo de plantas productoras de látex en algunas regiones de Talpa de Allende, Cabo Corrientes, Tomatlán, Puerto Vallarta y Purificación.

En Jalisco se localiza un sinnúmero de industrias que procesan el Látex y no se tiene ninguna plantación del árbol de hule *Hevea Brasilensis* siendo un estado líder en producción de derivados del hule y látex, por lo tanto es importante contar con paquetes tecnológicos para la producción de hule natural, garantizando que dicha producción puede ser absorbida por la industria estatal.

El objetivo del proyecto es conocer el comportamiento de adaptación y producción de diversos clones con el apoyo del Campo Experimental " El Palmar" en Veracruz, donde se han ensayado, desde hace más de 50 años, diversos clones, los cuales han sido distribuidos a otras zonas tropicales de México y Centroamérica. Las metas esperadas después de ensayar varios clones en diversos ambientes y prácticas culturales, son obtener paquetes tecnológicos por área de respuesta homogénea.

El impacto al establecer plantaciones del árbol del hule, garantizaría una parte del abasto elevando el ingreso local y generando empleos por treinta años.

El INIFAP determinó que es posible utilizar 57,000 hectáreas para las plantaciones, bajo reconocimiento de campo corroboró las condiciones idóneas e identificadas 5 localidades, mismas que se tienen contactadas con productores, en una de ellas se estableció una plantación experimental ubicada en el Rancho San Francisco, en Talpa de Allende, esta cuenta con mediciones periódicas que arrojan los primeros resultados en plantación.

Como se ha constatado con los anteriores reportes, muchas zonas de nuestro país cuentan con las condiciones climáticas necesarias para la explotación del hule, sin embargo, el abasto de este material para el mercado nacional todavía depende de la importación. Como primera etapa se debe pretender satisfacer la demanda interna para después comenzar a exportar hule principalmente a los países vecinos del norte que constituyen uno de los mayores mercados a nivel mundial.

Lo más sorprendente de este tipo de cultivos es que mientras se generan empleos y distribución de recursos económicos también se protegen especies vegetales y animales.

2.7 Estudio previo de posibles aplicaciones con hule reciclado.

Novedad relativa del material.

La utilización del hule de llanta en la composición de otros materiales no es algo nuevo, como ya se ha mencionado, los investigadores de los países desarrollados lo han empleado desde hace tres décadas, y en México se ha hecho desde hace más de diez años. Lo que seguramente ha variado entre los diferentes grupos de investigación son las formulaciones, pero sobre todo, el empleo final de los materiales resultantes, en otras palabras, las aplicaciones.

Asfaltos reforzados, pisos acolchados, pistas atléticas, tejados, topes, y demás aplicaciones tan ingeniosas como las mangueras porosas para riego, son algunos de los productos que han surgido del reciclaje de las llantas.

⁵⁴ Fuente: <http://www.funprojal.org.mx/proyectos/forestales/11/04rhule.htm>

De la anterior lista deseo resaltar la concepción de las mangueras porosas como una aportación muy sobresaliente por una sencilla razón: se ha explotado una cualidad propia del material: la porosidad que provocan los gránulos triturados.

Si este logro fue producto de la casualidad o de un proyecto con objetivos claros y una metodología impecable, para el caso es lo mismo; se obtuvo al final un producto útil, rentable y que al mismo tiempo contribuye a la descontaminación del medio ambiente.

Con lo anterior no quiero menospreciar las otras aplicaciones, que en su mayoría tienen el acierto de ocupar el material reciclado en grandes volúmenes, transformando así, cada vez más llantas. Pero, algo que tienen en común dichas aplicaciones, es que pudieron haber sido fabricadas con otro tipo de cargas en lugar de llantas trituradas, (que hubiera significado un error, dado que los costos se hubieran incrementado y no se habría contribuido a la descontaminación) esto es, las prestaciones o la calidad de los productos, no se vieron directamente afectados por el empleo de hule de llanta, hecho que si se refleja en la manguera porosa (porous pipe).

Esta es una de las razones que me llevaron a utilizar durante la fase experimental granos de hule triturados lo suficientemente grandes y colores contrastantes que hicieran evidente la presencia de un material reciclado, siempre buscando sacar ventaja de este hecho.

Diseñar a partir del material.

La cultura del proyecto que tradicionalmente manejamos en México, desde nuestra formación como diseñadores lleva una secuencia que entendemos como “natural”, esto es, partiendo de la detección y el análisis de una necesidad humana, total o parcialmente insatisfecha, seguimos con una saturación de información acerca de dicha necesidad, como son los intentos previos por satisfacerla, soluciones alternativas o análogas, y algo esencial: los materiales y procesos disponibles.

Posteriormente pasamos a una fase creativa o de iluminación donde seleccionamos la mejor alternativa en base a criterios previamente determinados. Las fases posteriores de elaboración de modelos, moldes y prototipos, paulatinamente se va delegando a otros especialistas.

La diferencia fundamental que enfrenta esta investigación en relación al “proyecto de diseño tradicional” es que no existe una necesidad humana concreta a la vista (para solucionar con un producto), la única necesidad es emplear desechos de llantas inservibles y mostrar que el hule de llanta reciclado es una potencial herramienta para diseñar objetos útiles, rentables y potencialmente bellos.

Lo anterior obliga a este proyecto a implementar una metodología diferente, con el objetivo de encontrar “nuevas aplicaciones” del material, en otras palabras, partiendo de un material único habrá que detectar tantas necesidades como sea posible que puedan solucionarse con productos total o parcialmente fabricados con hule de llanta reciclado.

De manera abstracta es posible explicar la fase de síntesis del proceso tradicional de diseño, representada como un cono con el vértice hacia abajo, donde todo lo que conocemos acerca del problema y todas las posibles soluciones, se van canalizando hacia la parte inferior delimitando cada vez más el Universo, hasta llegar a una solución satisfactoria.

El problema que enfrenta ahora este trabajo puede representarse igualmente con un cono, solo que esta vez el vértice se encuentra en la parte superior (análisis), y en este punto se encuentra el material que se quiere explotar, conforme se vaya descendiendo, el universo se va ensanchando; Este universo son las posibles aplicaciones que pueden emplear al hule de llanta.

Ahora bien para llegar a aplicaciones concretas se requiere nuevamente de una síntesis del conocimiento, que como ya se mencionó se representa con la figura del cono con el vértice hacia abajo, por lo tanto las aplicaciones pueden visualizarse como una serie de pequeños conos en la base del gran cono con el vértice hacia arriba.

Precisamente uno de los objetivos de esta investigación es estimular a las mentes creativas de los lectores para encontrar cada vez más aplicaciones del material en cuestión, lo que se traduce en una multiplicación de pequeños conos en la base.

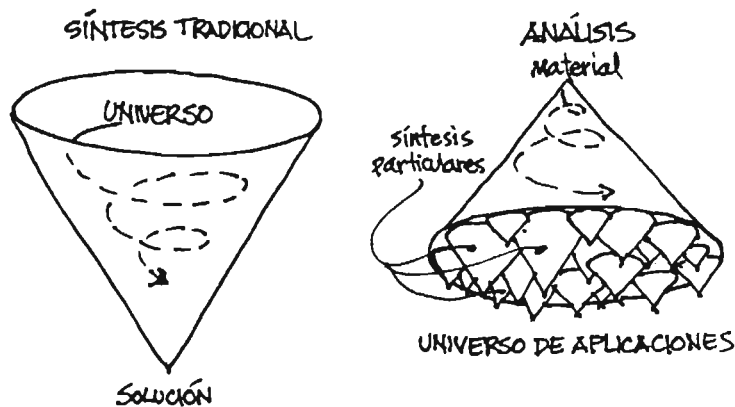


Fig. 2.12 Esquema que muestra la diferencia metodológica de este trabajo frente a la síntesis tradicional.

La relación entre prestación y aplicación.

Una manera sencilla de entender el concepto de prestación de un material es hacer un recorrido visual por lo que se tiene enfrente, así es, esta sencilla hoja de papel que funciona óptimamente como vehículo de estos rasgos negros que por medio del lenguaje escrito transmiten ideas. Tratemos de describir el papel: es blanco, de textura lisa, delgado, ligero, poco brillante, recortado de manera regular y prácticamente es un cuerpo bidimensional.

Estas características y otras más son las razones por las que el papel ha sido elegido desde hace muchos siglos (gracias a la cultura china), como un medio eficiente para transportar la palabra escrita. Hoy en día, dentro de los propios laboratorios donde se gestan las últimas tecnologías informáticas de nuestro tiempo, se sigue utilizando papel.

La aplicación del papel es clara: sustrato o soporte para impresión. Las prestaciones son esas características arriba descritas en forma de atributos: ligereza, blancura, delgadez y demás, que hacen inmejorable a este material sobre cualquier otro para esa aplicación concreta. Basta imaginar un libro con hojas metálicas.

El caso del hule al igual que el papel ha sido históricamente explotado de manera adecuada, desde el punto de vista de las prestaciones, las llantas son el vivo ejemplo de lo anterior; desde otra perspectiva ha sido mal manejado, precisamente es lo que da sentido a este trabajo.

La elasticidad es la prestación que se le reconoce por excelencia al hule; también el material derivado de su reciclaje mantiene esta cualidad, por lo tanto y de inicio, muchos de los objetos que actualmente se fabrican con hule virgen pueden ser manufacturados con reciclado.

A continuación de una forma muy sencilla enlisto las prestaciones que puede llegar a ofrecer un compuesto con hule de llanta reciclado (dependiendo de la formulación que lo incorpore), junto con una lista muy general de las potenciales aplicaciones que se favorecen por dicha prestación y que son susceptibles de fabricar con la tecnología disponible en nuestro país.

PRESTACIÓN	APLICACIÓN GENERAL
Amortiguante	Ruedas sólidas Pisos Embalajes Asas Asientos Estuches Forros Protecciones Suelas de calzado Juguetes
Antiderrapante	Mangos de sujeción Tapetes Pasamanos Perillas Botones de control Tableros Regatones
Impermeable	Contenedores Macetas Floreros Envases Guantes Forros Suelas Regatones Techumbres Mangueras Zoclos Sellos para ventanas y puertas
Elástico	Ligas Estuches Guantes Clips Broches Piezas de ensamble (nodos)
Suave al tacto	Forros Zonas prensiles Mangos para escritura Juguetes

Aislante acústico,
térmico y eléctrico

Asas
Cables eléctricos
Lámparas
Paneles aislantes de ruido
Paneles aislantes de temperatura
Tapetes aislantes de electricidad

Con la lista anterior se hace evidente el gran campo de aplicación del hule de llanta reciclado, donde quizás la novedad no reside en el producto como tal, sino en la utilización de este material.

Por otra parte, nuestra civilización se encuentra en constante evolución y la mejor muestra es la generación de nuevos objetos producto de la creación de nuevas necesidades que, a menudo, son la respuesta a nuevas tecnologías que buscan nichos explotables.

El mensaje concreto es que el hule reciclado puede encontrar aplicación en objetos que nunca antes se han concebido. ¿Quién hubiera imaginado hace 20 años un alojamiento en forma de sillón para un teléfono celular?

CAPÍTULO III, FORMULACIÓN Y PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LOS HULES.

3.1 Apuntes sobre formulación básica de hules.

Se ha visto ya, la posibilidad de reciclar el hule de llanta integrándolo dentro de un nuevo compuesto, por ello es necesario profundizar acerca de la composición de los hules

Algunos expertos afirman que la formulación de compuestos de hule es “el arte” de seleccionar y combinar hules y aditivos para producir:

- I) Un compuesto con las propiedades químicas, físicas y mecánicas necesarias en el producto terminado.
- II) Un compuesto con las mejores y más fáciles características de procesamiento.
- III) Una combinación de los incisos I y II al menor costo posible.

Una formulación típica consiste de 10 o más ingredientes, cada uno de ellos con su función específica durante el proceso de mezcla y manufactura, con un impacto en las propiedades finales y en el costo del producto terminado, estos ingredientes pueden clasificarse en varias categorías:

- 1) Polímero (hule)
- 2) Sistema de vulcanización (agente de vulcanización, acelerador, activador o inhibidor).
- 3) Carga (reforzante y no reforzante).
- 4) Antidegradantes (antiozonante, antioxidante, etc.).
- 5) Lubricantes y extendedores.
- 6) Ayudas de proceso.
- 7) Pigmentos.
- 8) Otros aditivos (p. e. retardantes de flama).

Para iniciar con el diseño de una formulación de hule, lo básico es la selección del polímero base (el hule). Esto determinará las propiedades químicas, físicas y mecánicas que se pueden alcanzar en el producto final.

Después del hule, la selección del sistema de vulcanización es lo más importante, aunque usualmente constituye una parte muy pequeña en el compuesto, el sistema de vulcanización tiene una influencia profunda en la naturaleza y alcance de la reacción de vulcanización, que a su vez determina en gran medida las propiedades finales.

Lo siguiente en importancia es la selección de la o las cargas reforzantes, que como su denominación lo indica, son sustancias capaces de aumentar la resistencia al desgarre, a la abrasión y/o la dureza del compuesto, lo más común es el empleo del negro de humo, aunque también es extendido el uso de cargas reforzantes no negras.

Existe la noción (no documentada) que el hule de llanta triturado funciona como carga reforzante debido a que cada partícula tiene propiedades definidas que a su vez son impartidas a la nueva mezcla. En orden descendente en importancia se consideran los siguientes componentes:

- Cargas no reforzantes que regularmente se emplean para reducir costos e impartir ciertas características durante el proceso.

- Antioxidantes, que se utilizan para retardar la degradación y, por lo tanto, para extender la vida útil del producto. Materiales como la familia del EPDM (etileno-propileno) tienen como cualidad inherente la alta resistencia a la oxidación y por lo tanto no requieren de estos aditivos.

- Lubricantes o plastificantes se utilizan para disminuir la elasticidad (aumentando la plasticidad) durante los procesos de mezcla y manufactura, lo mismo para disminuir el módulo, o bien, para aumentar la flexibilidad de los productos vulcanizados que se usarán a bajas temperaturas.

- Otros aditivos como son pigmentos, esponjantes, retardantes de flama, poseen una función muy específica. Su uso depende de los productos a fabricar.

La manera general de definir una formulación es mediante porcentajes, el polímero base (o la combinación de hules) siempre representará 100 partes, y así, todos los demás componentes se calcularán en función porcentual a la cantidad de hule contenido en el compuesto.

La principal ventaja que reporta este sistema es la posibilidad de elaborar mezclas pequeñas (debajo de 5Kg en total) y grandes (100Kg) siempre manteniendo la misma proporción de ingredientes en el compuesto.

El paso siguiente es determinar la magnitud total de la mezcla (en Kg, Lbs, etc.) y llevar a cabo el pesado de los ingredientes, cuidando de mantener por separado el elastómero, la carga, el lubricante y el sistema de vulcanización.

3.2 Características de los principales hules.

Hule Natural (NR).

En la actualidad el hule natural designado internacionalmente por sus siglas del inglés *Natural Rubber* es el líder mundial sobre los demás elastómeros en toneladas producidas.⁵⁵ La causa básica es su empleo en la industria llantera.

Sus propiedades se pueden resumir en lo siguiente:

- Alta elasticidad.
- Alta resistencia mecánica y alta tenacidad
- Alta resiliencia que incide en la menor generación de calor (llantas)
- Regular resistencia al medio ambiente.
- Baja resistencia a solventes.
- Pobre resistencia al oxígeno, rayos UV y ozono.
- Bajo costo.

Hule estireno butadieno (SBR).

Este hule sintético se produce a partir de dos monómeros derivados del petróleo: estireno y butadieno. Su primera polimerización sucedió en Alemania en 1929. Durante la década de 1960 desplazó al hule natural en cantidad de toneladas producidas, pero a partir de los años ochenta y hasta la fecha ocupa el segundo lugar. Aproximadamente el 70% del total es absorbido por la industria llantera. Sus propiedades se resumen en lo siguiente:

- Buena resistencia al envejecimiento.
- Buena resistencia a la abrasión.
- Buenas propiedades a bajas temperaturas.
- Pobre resistencia al calor.
- Bajo costo.

Hule Butadieno (BR).

Ocupa el tercer lugar en toneladas producidas por dos causas principales: cerca del 75% se emplea en la fabricación de llantas y casi el total del restante se utiliza en la composición de poliestireno de alto impacto (HIPS).

A continuación se resumen sus propiedades:

- Buena resistencia a la abrasión.
- Flexibilidad a bajas temperaturas.
- Resistencia al envejecimiento con calor.
- Alta resiliencia.
- Alta resistencia al ozono.
- Baja adhesividad consigo mismo.
- Baja resistencia al desgarre y a la tensión.

⁵⁵ Según la FAO la producción mundial de hule natural durante 2004 se estima en 8.4 millones de toneladas. Fuente: www.fao.org/docrep/meeting/009/j458e.htm

Hule etileno – propileno. (EPDM)

Fuera de la industria llantera los EPDM constituyen la familia de hules que va tomando cada vez más importancia. Su invención se debe a los trabajos de Ziegler y Natta. Sus excelentes propiedades en relación al hule natural y al SBR los colocan como una opción interesante para aplicaciones especiales.

La industria automotriz, por ejemplo, emplea grandes cantidades de estos hules. También se emplea para recubrir cables eléctricos, para empaques y mangueras de electrodomésticos. Veamos sus propiedades:

- Excelente resistencia al oxígeno y al ozono.
- Excelentes características de aislamiento eléctrico.
- Muy buena resistencia al envejecimiento con alta temperatura.
- Buena resistencia a los aceites y a los ácidos.
- Buenas propiedades mecánicas al mezclarse con negro de humo.
- Buena resistencia al desgarre.

Hule Nitrilo (NBR).

La empresa Bayer es la responsable de introducir al mercado el hule nitrilo, se producen cada año alrededor de 200, 000 toneladas en el mundo. Cerca del 40% del total se ocupa en aplicaciones automotrices.

Entre sus características posee:

- Excelente resistencia a gasolinas, solventes, aceites y grasas.
- Muy buena resistencia a las altas temperaturas.
- Baja permeabilidad a los gases (comparando con otros hules)
- Moderada resistencia al ozono.

Hule Cloropreno ó Neopreno (CR).

La Empresa DuPont desarrolló este material en la década de 1930, comercialmente se lanzó con el nombre de Duprene, pero posteriormente se cambió por Neopreno. Hoy día se producen en el mundo alrededor de 30 000 toneladas por año.

La presencia de cloro en su composición permitió que se le utilizara como material de ingeniería para aplicaciones especiales, pues le imparte mejoras considerables en comparación con los otros hules.

Es empleado como soporte para puentes, bandas transportadoras, recubrimiento de cables, conectores eléctricos y partes automotrices. Se le reconoce por las siguientes propiedades:

- Excelente resistencia a los aceites hidrocarbonados y grasas.
- Alta resistencia a la flama.
- Alta resistencia al oxígeno, al ozono y a los rayos UV.
- Alta resiliencia.
- Alta resistencia a la tensión y a la abrasión.
- Resistencia al desgarre.
- Excelentes características de adherencia.
- Buena resistencia al calor
- Alto precio.

Hule polietileno clorosulfonado (CSM).

Su empleo más extendido es como recubrimiento tanto para textiles como para revestir tanques y techumbres. Sus características principales son:

- Buena resistencia a la abrasión.
- Alta resistencia a la intemperie y al calor.
- Buena resistencia a la flama.
- Aceptable resistencia a químicos oxidantes.
- Baja absorción de la humedad.
- Buena resistencia a aceites.
- Regulares propiedades de aislamiento eléctrico.

Hule uretano (AU) ⁵⁶.

La marca más conocida de este elastómero en México es el Adiprene. Como su nombre lo indica su composición se basa en la Urea, por lo tanto pertenece a la misma familia que los poliuretanos. Se utiliza para fabricar juntas para sello, parachoques de autos, revestimientos, rodillos, ruedas macizas, suelas de calzado deportivo y bandas transportadoras. Sus propiedades son:

- Excelente resistencia a la abrasión.
- Muy buena resistencia a la tensión.
- Buen potencial de alargamiento con alta dureza.
- Baja resistencia a las temperaturas extremas.
- Alta resistencia al desgarre.
- Buena elasticidad y resiliencia.
- Alto costo.

Hule fluorado (FKM-CFM).

Surgió a finales de la década de 1950 con el nombre de fluoropreno, pero sus propiedades se volvieron interesantes para la industria hasta los años setenta con los nuevos avances en polimerización.

Por sus propiedades es considerado un material de ingeniería. Cerca del 75% del total producido es empleado por la industria aeroespacial para hacer sellos y empaques, otro 10% es absorbido por la industria automotriz como sello de válvulas, sello en cigüeñales, etc. Sus propiedades son:

- Excelente resistencia a los ácidos y álcalis fuertemente oxidantes.
- Excelente resistencia a altas y bajas temperaturas.
- Insuperable resistencia a grasas, aceites y solventes.
- Precio muy alto.

Hule silicón (Q).

Se estima que la producción mundial del hule silicón supera las 35,000 toneladas por año. Pertenece a la familia de polímeros derivados del silicio. Sus cualidades lo convierten en una excelente alternativa para injertos dentro del cuerpo humano, equipo médico, recubrimiento para cables o teclados expuestos al alto voltaje, selladores para puertas o ventanas y para juntas de expansión en la construcción. Los hules silicón se reconocen por lo siguiente:

- Excelentes propiedades como aislante eléctrico y térmico.
- Alto intervalo de temperaturas de servicio (-100 a 250°C)
- Baja toxicidad
- Transparencia
- Excelente resistencia a los agentes degradantes de la atmósfera.
- Excelente resistencia al agua.
- Excelentes propiedades antiadherentes.
- Baja resistencia a solventes y aceites hidrocarbonados.
- Alto precio.

Para ampliar la información acerca del empleo de hules a partir de sus propiedades, en el ANEXO I al final de este documento se encuentra una tabla útil para seleccionar el material adecuado según los requerimientos del producto a fabricar.

Con la anterior información se tiene un panorama general de las propiedades de los hules más utilizados a nivel mundial y que, además, es posible adquirir en el mercado mexicano. Lógicamente existen otros elastómeros cuyo empleo es muy especial y su suministro se lleva a cabo sobre pedido.

⁵⁶ LESKO, Jim. (2004) "Diseño Industrial. Guía de materiales y procesos de manufactura". Ed. Limusa. México, D.F. p. 187.

3.3 Las cargas.

Los especialistas definen las cargas como materiales inertes en forma de partículas pequeñas (gránulos, polvos, o fibras cortas no mayores a 2.5cm) que se agregan al polímero base con el objetivo de modificar sus propiedades o para reducir su costo.

El negro de humo en sus diferentes grados es la carga que predomina en la industria de los elastómeros, mientras que el carbonato de calcio y el silicato de aluminio son los más empleados en la industria de los plásticos.

Como ya se mencionó, una razón que justifica el uso de muchos tipos de cargas es la reducción del costo final, por ejemplo, la piedra caliza pulverizada con un costo de aprox. \$1.00 por Kilo, se utiliza también en formulaciones de PVC que cuesta aprox. \$10.00 por Kilo para fabricar losetas para piso. A veces se agrega en concentraciones de hasta 200 partes por cada 100 de PVC.

Los costos de las cargas varían, algunas llegan a costar más que el polímero base, en estos casos, el objetivo evidente de su empleo es aportar propiedades específicas. Un ejemplo de lo anterior es el negro de humo, cuyo costo es muy semejante al del hule natural, pero el aumento de las propiedades mecánicas, sobre todo la resistencia a la abrasión, justifica plenamente su inclusión en un compuesto para llantas.

A continuación se enlistan las principales cargas utilizadas en compuestos de hule y sus respectivas densidades.⁵⁷

<i>Carga</i>	<i>Densidad [g/cm³]</i>
<i>Negro de humo</i>	
de horno HAF N330	1.77
de horno FEF N550	1.77
de canal EPC 5300	1.77
<i>Silicatos</i>	
de aluminio (arcilla Caolín)	2.60
de calcio (wollastonita)	2.90
de magnesio (talco)	2.85
de aluminio/potasio (mica)	2.75
de magnesio/hidratada (asbesto)	2.56
<i>Óxido</i>	
de aluminio (alúmina hidratada)	2.40
de antimonio	5.45
de magnesio	3.52
de titanio	3.80
de zinc	5.60
de silicio (sílica precipitada)	2.10
de silicio (tierra diatomácea)	2.00
<i>Carbonato</i>	
de calcio (precipitado)	2.65
de calcio (piedra caliza)	2.71
de bario	4.43
de magnesio	2.20
<i>Sulfatos</i>	
de bario	4.46
de calcio	2.32
<i>Metales pulverizados</i>	
Bronce	8.00
Aluminio	2.55
Plomo	11.34
Zinc	7.00

⁵⁷ RAMOS y SÁNCHEZ. Op. Cit 32. p. 110.

Misceláneos

Disulfuro de molibdeno

n/d

Vidrio

n/d

Interacción entre el polímero y la carga.

Existen dos variantes de interacción entre el polímero y la carga:

a) Simple inclusión física. La consecuencia directa es el incremento del módulo elástico y la disminución de la elongación. La mayoría de las cargas empleadas para reducir costos son de este tipo, ejemplos: carbonato de calcio, caolín, talco, óxido de zinc, tierra diatomácea, etc.

b) Interacción física (adsorción) o química entre polímero y carga. En este caso se obtiene un reforzamiento general en las propiedades mecánicas del polímero, el negro de humo y la sílica precipitada son los mejores ejemplos.

En relación a las características de las partículas de la carga: tamaño forma y porosidad, estas influyen en el reforzamiento del polímero bajo la siguiente lógica: a mayor superficie mayor reforzamiento. De aquí se deriva que a menor tamaño de partícula mayor área superficial, a mayor cercanía a la forma esférica de la partícula menor área superficial, a mayor porosidad mayor área superficial.

Es importante resaltar que al agregar negro de humo a un compuesto de hule, se ganará en propiedades mecánicas pero se perderá la opción de generar materiales blancos ó con color, alternativas deseables en muchos productos de consumo; Para subsanar esta situación existen las cargas no negras como son: el carbonato de calcio (piedra caliza) y las sílicas ultrafinas que aportan un reforzamiento similar al negro de humo. Otras cargas no negras se muestran en la tabla anterior.

Utilización del hule de llanta reciclado como carga, la mejor opción.

En capítulos anteriores se mencionó que una de las primeras aplicaciones del hule reciclado fue pulverizarlo finamente para incluirlo como carga en compuestos útiles para fabricar nuevos productos, con el único objetivo de disminuir costos, pero, a través de la experiencia se ha comprobado que este material derivado del reciclaje mejora las propiedades y facilita algunos procesos de transformación (como la extrusión) de nuevos compuestos.

Es oportuno insistir que, dadas las características de los hules como polímeros termofijos; después de reciclados, jamás se les podrá incluir como polímero base en un nuevo compuesto, en otras palabras:

“Cualquier aplicación del hule de llanta triturado dentro de un nuevo compuesto será como carga o agregado”.

Por lo tanto, prácticamente todas las aplicaciones logradas hasta ahora se han basado en aglutinar con otro polímero las partículas de hule triturado cualquiera que haya sido su tamaño. Lo importante aquí es la búsqueda de uno o varios polímeros que interactúen sin problemas con las partículas de hule y que acepten altas proporciones de carga.

3.4 Características de los principales aditivos.

En este texto se aplica el término “aditivo” a toda aquella sustancia que se incluye en una formulación para modificar las propiedades del polímero base.

Los aditivos se pueden agrupar según su función, como lo indica la siguiente tabla:

Tipo de aditivo	Función
Plastificantes	Impartir flexibilidad. Ayudar en el procesamiento
Estabilizadores	Inhibir degradación
Lubricantes	Mejorar el flujo
Inhibidores de crecimiento Bacteriano	Inhibir la degradación biológica
Piro-retardadores	Retrasar la iniciación y propagación de la flama
Pigmentos	Impartir color
Espumantes	Proporcionar una estructura celular
Absorbedores UV	Proteger contra los rayos Ultra Violeta
Agentes de deslizamiento Y de antibloqueo	Reducir la fricción
Polímeros de Aleación	Obtener propiedades especiales
Modificadores de impacto	Aumentar la resistencia al impacto
Desmoldantes	Evitar la adhesión en los moldes
Fibras	Aumentar propiedades mecánicas
Aceleradores (hules)	Disminuir el tiempo de vulcanización
Retardadores (hules)	Aumentar el tiempo de vulcanización

Importancia de los aditivos

Para muchos fabricantes de productos de hule cobra particular importancia la capacidad de los materiales para soportar o retardar la propagación del fuego. También es relevante poder competir en el mercado con productos más durables y resistentes a las condiciones más rudas que los usuarios pudiesen requerir. La industria llantera representa el mejor ejemplo.

Por lo anterior, los laboratorios especializados ofrecen cada vez más y mejores aditivos para hules, sobresalen los estabilizadores y los piro-retardadores o retardantes de flama. A continuación se profundizará al respecto.

Estabilizadores.

Todos los hules, sean naturales o sintéticos, están sujetos a la degradación o envejecimiento, la regla general es que aquellos polímeros cuyo grado de insaturación es mayor son más susceptibles a la degradación. Es notable saber que los hules predominantes en las llantas: hule natural y SBR en estado puro, son los que envejecen más pronto y hules como el Isobutileno (IIR) y el Etileno-propileno (EPM ó EPDM) son los más resistentes.

Los cambios internos en el SBR y el hule natural durante la degradación se pueden resumir como:

- Rompimiento de cadenas moleculares.
- Entrecruzamiento, más vulcanización.
- Alteración química de las moléculas debido a la introducción de otros grupos funcionales.

En una llanta vieja, el hule natural que contiene se degrada con el rompimiento de cadenas moleculares, dando como resultado material más blando y débil. Al contrario el SBR presente en el compuesto de la misma llanta se degrada formando entrecruzamientos, resultando un material más duro, rígido y quebradizo que el original.

Muy probablemente la presencia de ambos materiales en el mismo compuesto, junto con aditivos adecuados y la propia estructura de las llantas, son las razones de que sean tan resistentes a la descomposición.

Los factores externos que provocan la degradación son:

- Oxígeno, calor y agentes pro-oxidantes.
- Ozono.
- Luz UV.
- Fatiga mecánica.
- Aceites y solventes.

El principal factor de degradación es el oxígeno por lo tanto se han desarrollado sustancias para disminuir su efecto, algunas de ellas al mismo tiempo protegen a los materiales del Ozono y otros factores, a continuación se citan algunas, y un ejemplo de nombre comercial:

- Fenil (alfa o beta) naftil amina; Agerite Powder.
- Derivados de difenilamina; Agerite Stallite o Agerite ISO.
- Derivados de la reacción entre anilina y aldehído; Agerite Resin.
- Derivados de la reacción entre anilina y acetona; Agerite Resin D.
- Derivados de la reacción entre difenilamina y acetona; Agerite Superflex.
- Derivados de p-fenildiamina; Agerite DPPD o Agerite White.
- Fenoles estirenados; Agerite Spar.

Para proteger los compuestos de hule contra la luz UV lo mejor es agregar negro de humo, dado que este material bien disperso absorbe de manera eficiente los rayos UV. Pero para compuestos de color o blancos se recomienda utilizar distintos derivados de benzofenona.

En relación a la protección contra el ozono, los mejores y más empleados son los derivados de p-fenilendiamina, que también son buenos protectores contra la oxidación. Las proporciones usadas comúnmente van desde 0.5 hasta 2.0 partes de antioxidantes y antiozonantes por cada cien de elastómero base.

Piro-retardadores o retardadores de flama.

Todo objeto ubicado en las calles es susceptible de sufrir ataques por parte de los "usuarios"; El vandalismo es una costumbre que afecta relativamente a todas las ciudades del mundo, por lo tanto, los fabricantes consideran este fenómeno sin llegar al extremo de desechar buenos proyectos por su causa.

El fuego es uno de los métodos favoritos de los vándalos para destruir, además el riesgo de fuego existe también en muchos otros contextos de uso. Por eso existen alternativas para amortiguar sus efectos en los productos fabricados con hule.

Si bien, la tremenda mayoría de los polímeros son combustibles, la ciencia de los materiales ⁵⁸ ha desarrollado sustancias que impiden o retardan la propagación del fuego, son los llamados piro-retardadores o retardadores de flama.

Los polímeros se han clasificado en dos grupos por su reacción al fuego:

- 1) Muestras que se queman hasta consumirse totalmente aún después de retirar la flama de prueba, algunas de estas son de: hule butilo, hule etileno-propileno, hule butadieno, hule natural, SBR, etc.
- 2) Muestras que no se queman o que se apagan al retirar la flama de prueba; Por ejemplo: Hule cloropreno, hules clorados o fluorados, nylon, PVC, etc.

A continuación se enlistan algunas observaciones empíricas relativas a la función de los retardadores de flama: ⁵⁹

- La incorporación de halógeno en la composición, ya sea como aditivo o como parte de la cadena molecular del polímero disminuye la flamabilidad.
- La eficiencia de los aditivos halogenados como retardadores de flama aumenta en el orden: F > Cl > Br.
- Las estructuras aromáticas halogenadas son menos eficientes como retardadores de flama que las estructuras alifáticas halogenadas.
- Una combinación de trióxidos de antimonio y compuesto halogenado es más eficiente (sinergismo) que cualquiera de los dos a la misma concentración total.
- La adición de compuestos de fósforo de cierta estructura, tiene un efecto retardador de flama.
- Algunas combinaciones de halógeno y fósforo exhiben sinergismo considerable.
- La efectividad de un retardador de flama depende del polímero utilizado.
- La concentración necesaria de retardador de flama para impartir un cierto grado de “no flamabilidad” depende en gran parte de la forma del producto final (película, perfil extruido, moldeado, etc.).

Algunos de los aditivos que funcionan como retardadores de flama son:

- Trióxido de antimonio.
- Alúmina trihidratada.
- Parafina clorada.
- Borato de Zinc.
- Trioctil fosfato (plastificante).
- Trifenil fosfato (plastificante).
- Tricresil fosfato (plastificante).
- Poli (cloroetil) trifosfonato.

⁵⁸ SHACKELFORD, James F. (1995) Ciencia de Materiales para Ingenieros. 3ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, México, D.F. p. 457.

⁵⁹ RAMOS y SÁNCHEZ. Op. Cit 32. p. 127.

3.5 Mezclado de los componentes.

En la mayoría de las grandes empresas de la industria del hule este proceso se lleva a cabo en mezcladores cerrados de tipo "Banbury"⁶⁰, capaces de mezclar hasta 200Kg de material en un solo paso: el operador únicamente debe vaciar todos los componentes (excepto el sistema de vulcanización) en una tolva y el "Banbury" hará el resto. Al final de este proceso se obtiene una pasta homogénea pero sin laminar y en algunos casos aún sin acelerar (integrar los agentes de la vulcanización). Esto se debe a que en el interior del mezclador a menudo se alcanzan temperaturas cercanas a las de vulcanización (120-150°C).

Para la mayoría de los fabricantes (los llaneros por ejemplo) es necesario manipular el hule sin vulcanizar en forma de láminas cuyos espesores pueden variar entre 2 y 50mm, para esto se toma el material ya mezclado en el "Banbury" y se introduce a un molino de rodillos donde se agrega el sistema de vulcanización y se obtienen las láminas del espesor deseado.

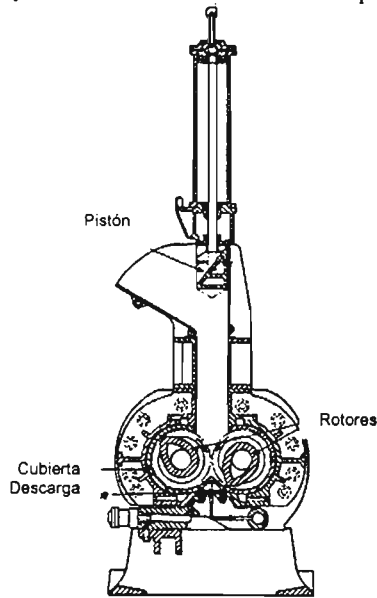


Fig. 3.1 Esquema del mezclador tipo "Banbury".

En las pequeñas empresas del ramo como son la mayoría en México y también en los laboratorios de prueba, todo el proceso de mezcla se realiza en molinos de rodillos.

Este tipo de molino, en síntesis, funciona de la siguiente manera:

El área de masticado se compone de dos rodillos cuyos ejes se alinean horizontalmente. Estos tienen un recubrimiento especial de alta dureza, (generalmente cromo duro) y por lo regular ambos miden lo mismo de diámetro. Mediante un potente sistema de transmisión (reductores, engranajes, rodamientos) se hacen girar en sentidos opuestos, de forma tal, que el material pueda ser literalmente "devorado" desde la parte superior.

El masticado que se define a nivel molecular como un rompimiento de las cadenas entrecruzadas y se logra paulatinamente haciendo pasar muchas veces el material entre ambos rodillos que giran a distintas velocidades.

Lo más usual es una relación 1:1.33, así se imprime una "velocidad de corte" al material, que añadida al aumento de temperatura por la fricción, facilita la incorporación de todos los demás ingredientes.

⁶⁰ VAN VLACK, Lawrence H. (1991) Tecnología de Materiales. Ed. Alfaomega, México, D.F. p. 176.

En el molino de rodillos la temperatura se controla mediante un sistema de enfriamiento muy sencillo: se hace pasar agua fría por dentro de los rodillos que son huecos. Así se evita que el calor pueda pre-vulcanizar la mezcla dentro del equipo.

Para poder conformar láminas de diversos espesores, todo molino de rodillos cuenta con su sistema para graduar la separación entre rodillos. Según algunos operadores, el abrir y cerrar sistemáticamente esta distancia durante el mezclado acelera el proceso de incorporación.

El equipo también cuenta con una charola corrediza bajo los rodillos para facilitar la revoltura y la recolección de los ingredientes.

Este tipo de máquinas es por demás peligroso y debe ser operado por personal especializado.

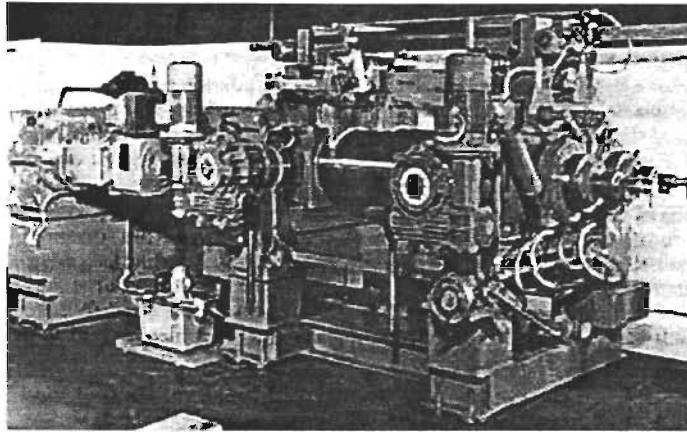


Fig. 3.2 Molino de rodillos. Foto de catálogo, www.santoshrubbermachinery.com

Importancia de la secuencia en el mezclado.

A diferencia de los mezcladores cerrados tipo “Banbury”, en los molinos de rodillos, existe un orden perfectamente definido para lograr un mezclado óptimo:

1) El elastómero. Para empezar se introduce al molino el hule virgen cuya presentación puede variar desde hojuelas (neopreno W), hasta bloques sólidos (EPDM), pasando por hojas (hule crepé natural).

El objetivo es llegar al punto en que las cadenas entrecruzadas son rotas lo suficiente, en el lenguaje local esto es llamado “añejamiento” y se reporta en la práctica cuando el hule hace una “banda” uniforme envolviendo uno de los rodillos.

Cuando se quiere aumentar el “tack” o adherencia del material, los expertos sugieren agregar una resina (por ejemplo brea de pino) y esta se debe agregar desde el inicio junto con el polímero base.

2) La carga, lubricantes y otros aditivos. Una vez que se formó “la banda” es el momento para agregar la carga (en el caso experimental se incluye el hule de llanta triturado) junto con el lubricante, antioxidantes, ayudas de proceso, etc. Para facilitar esto, el operador construye sobre la charola una forma semejante a un cráter con los ingredientes sólidos (polvos) y en el hueco vacía el lubricante (por lo regular un aceite líquido).

Después y con la ayuda de una espátula el experto hace una revoltura hasta lograr una pasta más o menos homogénea que luego empieza a depositar entre los rodillos para su incorporación a la banda.

Se aconseja agregar los pigmentos cuando los anteriores ingredientes estén completamente integrados así se logrará una mejor distribución del color en toda la mezcla.

3) El sistema de vulcanización. Después de una inspección visual mediante cortes transversales a la banda y cuando la pasta es perfectamente homogénea a la vista del operario, es el momento de agregar los aceleradores, retardantes de la vulcanización, donadores de azufre, etc. en conjunto, todas las sustancias que componen el sistema de vulcanización.

En ocasiones cuando el molino ha estado trabajando durante varias horas consecutivas, los rodillos alcanzan temperaturas por arriba de los 100°C, entonces el operario evalúa la situación y decide no agregar el sistema de vulcanización hasta que la temperatura descienda. Con este tipo de medidas se previene una posible pre-vulcanización que traería como consecuencia la pérdida parcial y hasta total del material mezclado.

He presenciado alguna vez este acontecimiento que requiere un enorme trabajo y mucho tiempo para “despegar” el hule inservible de los rodillos.

4) Laminado. La última etapa consiste en graduar la separación de los rodillos para obtener una lámina con el espesor deseado.

3.6 El moldeo por compresión.

Se trata sin duda del proceso de transformación de los hules más utilizado en México, las razones que justifican esta situación se pueden resumir en los siguientes puntos:

- El equipo necesario para “prensar” el hule es relativamente barato.
- Es posible fabricar grandes cantidades de piezas en un tiempo razonable y con bajo consumo de energía (es rentable).
- Los moldes requeridos para este proceso son, por lo regular, muy sencillos y se pueden fabricar con maquinas de uso general.
- La escasa complejidad del equipo para moldear en prensa ha permitido desarrollar tecnología local para su fabricación.
- La demanda de piezas moldeadas en el mercado local es superior a la de otro tipo de productos.
- El universo de aplicaciones que ofrece este proceso únicamente está limitado por la creatividad del individuo interesado y por el equipo disponible.

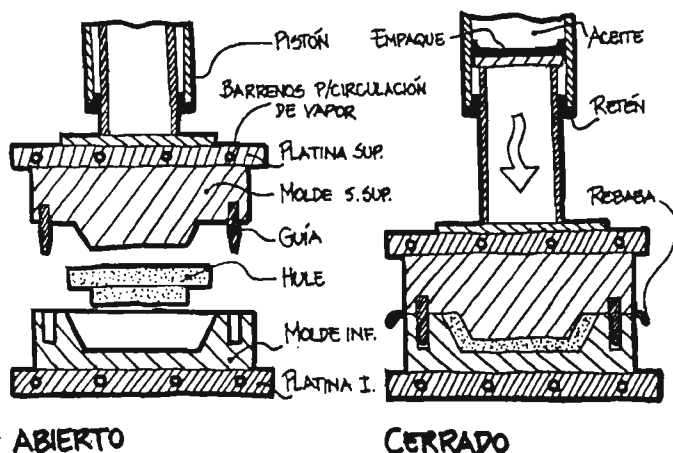


Fig. 3.3 Esquema del moldeo por compresión con un molde típico abierto y cerrado.

Los principios básicos para fabricar piezas de hule prensadas son la aplicación de calor y presión constantes durante un determinado tiempo. De esa manera el hule alcanzará la temperatura ideal para fluir dentro del molde y llenarlo completamente; una vez lleno comenzará el proceso de vulcanización.

Acerca de los moldes.

Es importante remarcar que mediante este proceso se puede transformar la “pasta de hule” en cualquier forma por complicada que parezca, todo depende de la tecnología disponible para fabricar moldes, también se debe recordar que los moldes para prensa deben ser de “cavidad” y que soportarán presiones de 20Kg/cm^2 o mayores y temperaturas arriba de los 150°C .

A causa de la alta presión de trabajo al interior de los moldes, las piezas obtenidas con este procedimiento son impermeables a los líquidos y dependiendo del material usado también pueden serlo a los gases.

La textura de los productos moldeados será una reproducción inversa de la superficie interior del molde, para facilitar el desmolde de las piezas es muy deseable el acabado espejo; aunque los acabados rugosos y texturizados son muy empleados sobre todo cuando se fabrican asas, mangos y tapetes antiderrapantes. También es común moldear en los productos letras, números y logotipos.

Para explicar de manera sencilla los requerimientos básicos de un molde para prensar hule solo basta reflexionar acerca del proceso.

- a) Como el molde deberá soportar presiones cercanas a los 20Kg/cm^2 y temperaturas arriba de los 150°C sin deformarse, quedan descartados los materiales suaves; es ideal utilizar aceros semiduros ⁶¹ aunque para algunos tirajes pequeños suele usarse *cold rolled*, aleaciones de aluminio y hasta moldes desechables de hule duro.
- b) Dado que el molde se prensará entre dos placas planas, la forma externa del molde deberá conservar dos superficies planas paralelas, las cuales son a la vez las zonas de transferencia de temperatura, por ello es importante que estas áreas sean lo suficientemente grandes por el siguiente razonamiento: a mayor superficie de transferencia, menor tiempo de vulcanización. Por lo general los moldes para prensado tienen forma externa de paralelepípedo, o bien de cilindro.

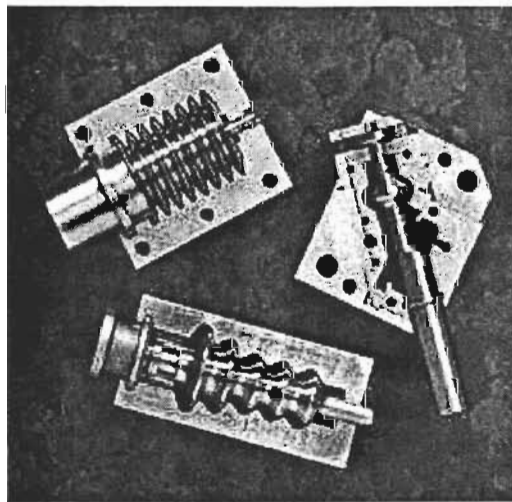


Fig. 3.4 Aspecto de moldes para transformar hule por compresión.
(Foto del autor).

⁶¹ Aceros Fortuna recomienda aceros con un rango de 0.36 a 0.50% de contenido de carbono como el TX10T equiv. AISI 9840 para la manufactura de moldes de compresión.

- c) Se llaman moldes de cavidad, pues la forma externa del producto está determinada por la cavidad interna del molde, la cual puede estar distribuida en más de una sección, esto para facilitar el desmolde aportando distintos ángulos de salida. La capacidad de los hules una vez vulcanizados para soportar deformaciones importantes, a menudo es explotada durante la elaboración de moldes, pues los ángulos de salida pueden incluso ignorarse cuando la prioridad es la forma final del producto o la rapidez del proceso. (Ver figura 3.3 en la pág. 60)
- d) Cuando se cierra cualquier molde para prensar, sus diferentes capas deben ensamblar a la perfección, para esto se emplean barrenos y guías. Estas son en general de forma cilíndrica con el remate cónico.
- e) Es elemental que todo molde de prensado cuente con orificios para la salida de aire, si no existen en los lugares adecuados o, si el diámetro de salida es demasiado pequeño, las piezas saldrán deformes o con burbujas de aire. Esto provoca que para la fabricación de piezas de hule se considere siempre un excedente de material y una fase posterior de rebabeo.
- f) Es relativamente sencillo lograr formas huecas de cierta complejidad, pues los moldes metálicos pueden soportar sin problema “corazones” de fijación con tornillos o de ensamble simple.
- g) Cuando se trata de fabricar altos volúmenes es común hacerlo con la ayuda de moldes múltiples, así se pueden moldear muchas piezas en una misma fase.
- h) Las técnicas más recientes para la fabricación de moldes, como la combinación de estereolitografía y pulvimetalurgia, permiten lograr mediante el moldeo de hule en prensa formas antes impensables.

Acerca de la transferencia de calor.

Para conseguir que el hule adquiera una consistencia suficiente para fluir en el interior del molde se requiere una temperatura entre los 80 y los 110°C; a partir de los 140°C la vulcanización comienza a activarse.

Algunos expertos afirman que la temperatura ideal para este fenómeno son 150°C y al mantenerla constante durante el tiempo necesario garantizará la obtención de piezas correctamente “curadas”.

Las máquinas antiguas empleaban vapor como medio para calentar las platinas y transferir ese calor a los moldes. En México, a causa del relativo atraso tecnológico y de los precios moderados de los combustibles, en algunas fábricas se sigue utilizando el vapor, aunque lógicamente con equipo más moderno.

El medio más empleado en la actualidad para aportar la temperatura al equipo es el uso de resistencias eléctricas. Las diferencias entre uno y otro método se pueden resumir en lo siguiente:

Con el uso de vapor:

- Se requiere de un generador de vapor, con frecuencia una caldera, que mediante la combustión de un hidrocarburo, calienta agua y proporciona el vapor demandado.
- Es necesaria una instalación de tubería y mangueras para llevar el vapor a las placas.
- Las placas o platinas deben estar acondicionadas para que el vapor fluya en su interior y pueda extraerse fácilmente el agua condensada.
- Es posible prensar y vulcanizar hule sin energía eléctrica.
- No se requiere instalación eléctrica especial.
- Según los expertos, la temperatura ideal para la vulcanización (150°C) con vapor se mantiene prácticamente estable, lo que evita que las piezas se sobre-vulcanicen y se endurezcan en extremo.
- Al quemar combustibles se generan emisiones contaminantes.

Con el uso de resistencias eléctricas:

- Se requiere una instalación eléctrica especial, capaz de aportar la potencia necesaria para el consumo que, por lo regular, es muy alto.
- Las platinas pueden ser fácilmente acondicionadas para alojar las resistencias.
- Son imprescindibles termostatos precisos y otros aparatos costosos.
- El tiempo y la temperatura de trabajo deben ser correctamente controlados, cualquier variación incide en la calidad del producto.
- La planta depende del suministro eléctrico, los apagones provocan la inminente suspensión de actividades.
- No hay emisiones contaminantes.

Mecanismos para generar presión.

El propio nombre del proceso de “prensado” indica que mediante la aplicación de presión es como se logra transformar el material, en este caso, hules. Para que los moldes cierren correctamente se considera un estándar de 20Kg/cm^2 ó 300lb/pul^2 .

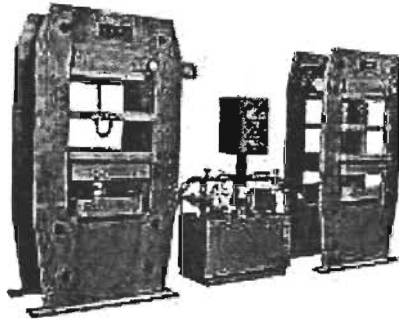


Fig. 3.5 Típicas prensas hidráulicas para moldear piezas de hule. (Cat. www.rubberimpex.com).

Para lograr la presión necesaria una prensa clásica elaborada a principios del siglo XX estaba provista de un “husillo” que el propio operador se encargaba de girar con ayuda de una palanca.

Años después se mejoraron las condiciones al introducir pistones hidráulicos de operación manual. La forma y la manera de manipularlos son muy semejantes a lo que conocemos como “gato hidráulico de botella”.

Los pistones hidráulicos evolucionaron hacia los actuales pistones automáticos de doble acción, que funcionan con ayuda de una bomba hidráulica de alta potencia y una válvula direccional. Esta cuenta con una palanca de dos posiciones, si se empuja el pistón subirá y cerrará las platinas; si se jala, el pistón bajará y liberará el molde.

También existen pistones de acción sencilla cuyo precio es más accesible, la diferencia es que la palanca solo tiene una posición que corresponde con el “cierre” de la prensa. Se emplea la fuerza de gravedad y una palanca para abrirla. Es común también encontrar prensas que funcionan con un interruptor sencillo para activar la bomba.

Los instrumentos indispensables en los sistemas hidráulicos son los “manómetros” que a través de una carátula análoga despliegan la presión que se va generando al interior del equipo, tanto en Kg/cm^2 como en Lb/pul^2 . También se necesitan válvulas tipo “check” y válvulas de paso.

El procedimiento para generar presión es sencillo: un motor eléctrico de por lo menos 3HP hace girar la bomba que absorberá el fluido de un depósito lleno de aceite, éste pasa a través de la válvula check que permite el paso pero no el retorno, así el aceite comienza a llenar el pistón.

De manera semejante a una jeringa este tipo de pistones cuenta con un empaque hecho a menudo de poliuretano o de hule con trama de lona. Así el aceite desplaza el empaque y el émbolo, esta presión es conducida a las platinas y a su vez hasta los moldes.

Las válvulas direccionales permiten graduar la presión que se desea aplicar, una vez que alcanzada, el aceite es canalizado automáticamente de regreso al depósito de aceite.

Un equipo en buenas condiciones mantendrá la presión invariable por varias horas, aunque no abundan los productos que requieren tanto tiempo de vulcanización.

Ya finalizado el tiempo de moldeado, se permite el regreso del aceite hacia el depósito, ya sea por la acción de la fuerza de gravedad o con la ayuda de una válvula direccional de doble acción.

Sin presión en las platinas, es posible extraer el molde y abrirlo para sacar la pieza.

Como datos adicionales una prensa nacional nueva con platinas de 60X60cm, con sistema hidráulico completo se puede comprar en alrededor de 40,000 pesos (agosto de 2005).

Una caldera pequeña capaz de abastecer tres prensas como la anterior se puede conseguir nueva hasta por 30,000 pesos mexicanos.

El típico procedimiento de moldeado en México.

Una vez que se ha laminado el material para moldear (ver paso 4 de la secuencia de mezclado. Pág. 60), se debe esperar un poco para que la lámina baje de temperatura y pueda ser manipulada. Después será posible transportarla al sitio donde se encuentra la prensa y el molde. Si la distancia al local es grande o si se desea almacenar hasta su uso, es aconsejable una envoltura de polietileno.

Lo ideal para optimizar tiempo y energía durante la “carga” de los moldes, es hacer una serie de medidas y “cortes experimentales” a fin de obtener una lista de las diferentes “piezas” y sus dimensiones, para cortarlas con anticipación e incluso hacer un acomodo con estas piezas “crudas” que facilite la carga, e incluso se optimice el “desperdicio”, (aunque como se sabe en esta propuesta el desperdicio se volverá a reciclar).

Así pues, se procede a cortar la lámina en tiras y otras formas para facilitar la carga, generalmente al mismo tiempo que se realiza esta operación también se acondiciona la caldera (o las resistencias eléctricas de la prensa) para que las platinas alcancen los 150°C de temperatura con una presión de vapor que oscila alrededor de los 6Kg/cm². Cuando las platinas están listas, se introduce el molde para que también se caliente y se le aplica presión de cierre con el pistón hidráulico.

La manera práctica para comprobar que el molde está lo suficientemente caliente, es semejante que con una plancha para ropa: se moja un dedo con saliva y se hace contacto, si hay evaporación el molde está casi listo. La forma correcta es utilizar un termómetro de precisión.

Hay algunas formulaciones que incluyen sustancias desmoldantes desde la mezcla. De no ser así es necesario aplicar periódicamente en el interior de los moldes una película de silicón diluido en agua, o alguna otra sustancia que simplifique la extracción de las piezas del molde.

Lo siguiente es cargar el molde con aquel acomodo elaborado previamente, entonces se coloca el molde dentro de la prensa y se somete a una presión alrededor de los 20Kg/cm² que aporta el pistón. La práctica indica que el hule debe salir desparramado por las salidas programadas, si no lo hace, lo más probable es que se necesite más hule. Cuando sucede lo anterior y no se procede a abrir el molde para agregar más material, se corre el riesgo de que la pieza moldeada salga incompleta.

El cálculo del tiempo necesario para una correcta vulcanización, es una situación práctica, puede variar dependiendo del equipo disponible e incluso de la temperatura ambiente. Hay personal con mucha experiencia que solo necesita mirar el molde para sugerir un tiempo aproximado. Cuando no se posee esta capacidad se procede a prensar en periodos breves y cada cinco minutos se destapa el molde y se verifica el estado de la pieza hasta encontrar el tiempo ideal.

A continuación se debe supervisar que las condiciones de temperatura y presión se mantengan en un rango adecuado durante cada moldeada. Transcurrido el tiempo previsto, con ayuda de guantes, se abre el molde para extraer la pieza y cargar el molde de nuevo.

Por el tipo de moldes que se emplean al prensar hule, cada pieza debe ser sometida a “rebabeo”, que no es otra cosa más que recortar las partes excedentes generalmente formadas entre las capas del molde o por las salidas de aire.

Para el rebabeo manual se utilizan tijeras y cuchillas. La mayoría de las grandes plantas “huleras” llevan a cabo el “rebabeo” dentro de máquinas acondicionadas para este efecto. Algunas de ellas requieren hielo seco para “cristalizar” los excedentes muy delgados que después son removidos mediante fricción.

3.7 La extrusión de hules.

Puede decirse que la extrusión de perfiles ocupa el segundo lugar en importancia entre los fabricantes mexicanos que transforman elastómeros. A continuación se citan las principales razones.

- Mediante la extrusión pueden obtenerse formas continuas de largo indefinido pero con idéntica sección, como son: mangueras, cables, molduras, etc. Sería casi imposible fabricar dichos perfiles mediante otro proceso.
- La demanda de piezas extruídas ocupa el segundo puesto en volumen, detrás de las moldeadas.
- El equipo requerido, aunque es más complejo y caro que las prensas, sigue siendo accesible para los pequeños inversionistas.
- Los dados de extrusión son, por lo regular, elementos muy sencillos para maquinar o para elaborar con técnicas típicas artesanales.

La manera de entender el proceso de extrusión es compararlo con la elaboración de los tradicionales “churros”, o con los adornos de los pasteles que se hacen con “dulla”.

El procedimiento es muy sencillo, el principio básico es hacer pasar el material a través de una boquilla o “dado” que se encargará de impartir la forma final del perfil.

El equipo para la extrusión de hules es ligeramente diferente al que se emplea para los termoplásticos. Precisamente es el carácter termofijo de los hules el que determina las diferencias.

Una extrusora típica para hules:

- Posee una tolva que no es otra cosa más que la abertura por donde se introduce el hule.
- Tiene una cámara adecuada para controlar la temperatura del hule y lograr el flujo correcto a través de la boquilla. Para este efecto, la cámara tiene un sistema “enchquetado”, que se puede explicar como una doble pared. Cuando se requiere bajar la temperatura generada por la propia fricción se hace circular entre las paredes agua fría; cuando se necesita más calor se introduce vapor, o bien, se calienta por medio de resistencias eléctricas.
- Para facilitar el intercambio de boquillas, se tiene una sección conformada por tornillos y molduras llamada “portados”.

- Cuenta con un sistema de engranes y/o poleas para aumentar la potencia de un motor eléctrico, el propósito es impulsar la masa de material hacia la boquilla.
- La finalidad del sistema de impulso es hacer girar el “husillo” o tornillo cuyo diámetro exterior ajusta con precisión en el interior de la cámara. Para mantener fijo el husillo, éste es sujeto por una serie de chumaceras y un cojinete de balas cónicas, ideal para soportar la presión en el sentido paralelo al eje del husillo.
- La forma definitiva del perfil es impartida por el dado. Como ya se dijo se obtienen formas continuas, pero la variedad y la riqueza formal de los perfiles únicamente está limitada por las dimensiones y capacidad del equipo disponible, así como la habilidad para elaborar dados, ya sea con maquinaria o con pura creatividad artesanal.

Acerca de los dados o boquillas.

Existen una serie de requerimientos básicos para que los dados funcionen correctamente:

- Es básico que el dado sea fabricado en una pieza metálica cuyas dimensiones ajusten sin problemas en el portadazos.
- Existe una dimensión mínima recomendada con la forma definitiva (sin conicidad) que oscila alrededor de los 18mm, la omisión de lo anterior puede causar irregularidades en el perfil. Lo ideal es que la superficie salga tersa. A esto se le llama “planchado”. Se recomienda un acabado pulido al interior de cualquier dado.
- Cualquier textura que se desee extruir será paralela al eje del husillo; es imposible crear rasgos perpendiculares.
- Es posible generar texturas con la adición de gránulos sólidos a la pasta.

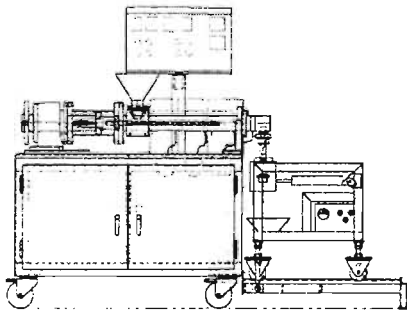


Fig. 3.6 Esquema de una extrusora.

Para que el perfil salga uniforme a todo lo largo, es importante mantener constante la temperatura del hule dentro de la recámara, para que fluya de manera semejante al moldeado, se requiere el mismo rango entre los 80 y los 110°C.

Si se llegara a alcanzar dentro de la cámara temperaturas cercanas a la vulcanización, es posible que el material se cure dentro y provoque la pérdida de ese material y de un período de tiempo para desmontar el dado y sacar la pasta inservible.

Vulcanización de perfiles.

Hasta ahora se ha hablado de la extrusión, pero habrá que recordar que los perfiles al salir del dado aún continúan sin vulcanizar, por lo tanto, si no se tiene cuidado se pueden deformar o romper. Para evitar este posible daño, se emplean mesas largas, charolas, rodillos embalados, bobinas y otros accesorios.

Hay, por otro lado, algunos productos que para su elaboración contemplan extrusión, recorte y deformación controlada, como son las mangueras curvas que se usan para drenaje de lavadoras.

Cuando se trabaja con hules muy adherentes, se debe cuidar que los perfiles extruidos no se adhieran entre sí, por ello a la salida del dado es importante impregnarlos con alguna solución como silicón diluido en agua. Después podrán acomodarse o embobinarse sin ningún riesgo de este tipo.

Para vulcanizar los perfiles de hule se utiliza generalmente un equipo conocido como “autoclave” que opera de manera semejante a una “olla express”. El principio es el mismo: Se introduce al material a curar, se cierra herméticamente con ayuda de empaques especiales, se introduce vapor saturado con presión entre los 3 y los 7Kg/cm².

Algunos trabajadores expertos recomiendan cubrir el material con algún textil no sintético como manta o lona, para que el vapor directo no afecte las superficies durante la vulcanización.

La forma y las dimensiones de los autoclaves varía según los requerimientos de fabricación, los hay de forma cúbica, cilindros largos, cortos, etcétera. La condición fundamental es que sea posible acomodar la mayor cantidad de material extruido sin daño alguno. En este renglón son muy prácticos los “racks” para montar charolas y bobinas.

En las plantas más modernas se vulcaniza con hornos eléctricos, que funcionan con resistencias y los más recientes con microondas; lógicamente, estos tienen la ventaja de no requerir calderas o generadores de vapor. La otra variante son los hornos de “túnel” que tienen la ventaja sobre los hornos estacionarios de vulcanizar de manera continua.

3.8 Otros procesos de transformación.

Además del moldeado en prensa y de la extrusión existen otros métodos de producción, aunque son menos empleados en México también es importante describirlos: el calandrado, el formado por inmersión y la inyección.

También existen otros métodos que emplean técnicas artesanales, como el recubrimiento manual de rodillos, que tras la vulcanización son rectificadas con ayuda de máquinas.

El calandrado.

El proceso mediante el cual se adhieren dos sustratos diferentes, por ejemplo: un textil con un hule se llama calandrado.

El equipo requerido para este método es la “calandradora”, de ahí el nombre de calandrado o calandreado, que básicamente se compone de un juego de rodillos intercambiables con ejes paralelos, con la opción de poder manipular la distancia entre ellos y su temperatura.

Esta clase de equipos son bastante especializados y caros. La demanda en México por productos calandrados es comparativamente menos elevada.

Los productos de este proceso son láminas con la longitud deseada, pero con el ancho limitado por el largo de los rodillos. Por ejemplo: cortinas y tapetes.

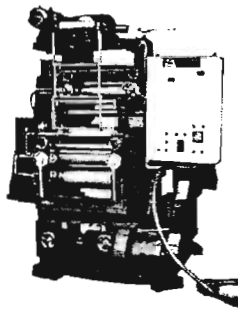


Fig. 3.7 Máquina calandradora. www.rubberimpex.com

El calandrado esencialmente ofrece las siguientes posibilidades:

- Láminas compuestas por uno o más materiales superpuestos. La fabricación de materiales aislantes tipo “sandwich” en los que se ofrece una variedad de acabados aparentes es ideal mediante este proceso.
- La obtención rápida de láminas texturizadas con opciones ilimitadas. También es posible grabar caracteres.
- Se alcanzan altas velocidades de producción.
- Con equipos regulares se requiere que tras el calandrado las piezas obtenidas sean vulcanizadas en autoclave.
- Con equipos mas recientes y caros es posible vulcanizar dentro de la misma máquina, pues el último rodillo aporta el calor durante el tiempo suficiente. Otras máquinas están provistas de hornos continuos que curan el material conforme va saliendo de los rodillos.

El formado por inmersión.

Al hablar de la fabricación de guantes y preservativos (condones) de látex, nos estamos refiriendo concretamente al proceso de inmersión.

Para efectuar cualquier acto de inmersión, es necesario un medio líquido, por lo tanto, el material por excelencia para este método es la solución de látex, en la que se encuentran dispersos alrededor de 70% de sólidos de hule isopreno generalmente de origen natural. También se encuentran disueltos agentes vulcanizantes, pigmentos y otros aditivos.

La esencia de este método estriba en la consistencia adherente del hule látex. Cuando se sumerge cualquier cuerpo en esta sustancia, al extraerlo estará recubierto con una película cuyo espesor puede aumentar en función del tiempo que se prolongue la inmersión; pero esta película es relativamente frágil y deformable porque aún no está vulcanizada.

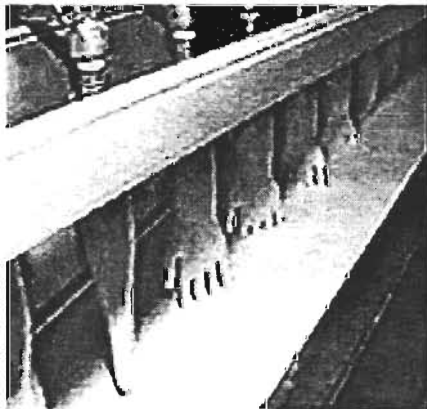


Fig. 3.8 Imagen de la fabricación de guantes de látex que ilustra claramente el método de formado por inmersión. (Fuente: www.innovativegloves.net)

El “curado” de los productos de látex fabricados por inmersión se lleva a cabo en hornos, que logran vulcanizarlos en breves períodos gracias a su espesor tan delgado. Una vez vulcanizados los productos son retirados de los moldes como si se les quitara la piel; por esto son importantes las consideraciones formales y las sustancias desmoldantes para evitar daños al producto y al molde.

El método de formado por inmersión:

- Es ideal para fabricar piezas de hule muy delgadas: guantes, globos y preservativos son los mejores ejemplos.
- Requiere de moldes machos metálicos que soporten el uso continuo y la temperatura del horno sin alteraciones.
- Necesita que las superficies de los moldes sean muy pulidas y con formas redondeadas que faciliten el constante desmolde.
- La superficie externa de las piezas puede sufrir irregularidades, producto del goteo del material.
- No es sencillo lograr texturas, pues los moldes suelen “atrapar” las piezas, además se debe recordar que la superficie externa del macho formará el interior del producto.
- Algunas fábricas han perfeccionado la doble inmersión, donde se posibilita la superposición de capas con diferentes colores, durezas y hasta han logrado la impresión (con otros medios) de texturas ligeras.
- Resulta complicado como proceso para reciclar hule de llanta, por la naturaleza líquida del material requerido sería necesario agregar polvo muy fino y en pequeños porcentajes.

La inyección de hules.

Es muy común el proceso de inyección de termoplásticos que se basa precisamente en la cualidad de estos de fusionarse al alcanzar cierta temperatura y poder fluir con cierta facilidad hasta llenar los moldes.

Con los hules que tradicionalmente son termofijos este proceso no es tan sencillo, pues las temperaturas de ablandamiento se contemplan en un rango menor y al ser rebasadas comienza la vulcanización.

En los inicios la idea principal fue disminuir los tiempos de producción que se logran con el proceso de moldeado, pues son mayores comparados con la inyección, por esto comenzaron a evolucionar las técnicas disponibles. Al principio la tendencia fue trabajar con pastas de hule con un bajo porcentaje de agentes vulcanizantes, de esa manera se controlaba el fenómeno.

Otra técnica consistió en trabajar con pastas reblandecidas con solventes. De cualquier forma había que vulcanizar las piezas inyectadas dentro de hornos o autoclaves.

El éxito para inyectar hules llegó por la vía de la modificación de los materiales, al buscar las cualidades finales de los hules pero con las virtudes de procesamiento de los termoplásticos.

Así surgieron los hules termoplásticos, también conocidos por sus siglas en Inglés TPE (*Termoplastic Elastomers*), que hoy en día cubren una amplia gama de aplicaciones. Es posible encontrar en el mercado materiales con las propiedades del Neopreno, EPDM, SBR, etcétera; todos ellos inyectables.

En los tiempos actuales se aprecia además de la velocidad de proceso de los TPE inyectables la virtud de ser fácilmente reciclables, pues es suficiente calentarlos a la temperatura adecuada para fundirlos y transformarlos en nuevos productos.

Aunque los TPE todavía son muy caros en comparación con los tradicionales (aprox. 500% más) los costos se abaten durante el proceso, ya que se evita la fase de vulcanización junto con todo el tiempo y el equipo necesario para ejecutarla.

Las máquinas para inyección de plásticos pueden utilizarse sin problemas para procesar hules termoplásticos. El proceso en general es exactamente el mismo.

Una máquina común para inyección de hules termoplásticos:

- Cuenta con una tolva para introducir el material que se adquiere en forma de “pellets” (igual que los termoplásticos). Algunas veces ya viene pigmentado y con los demás aditivos integrados.
- Tiene varias cámaras con diferentes temperaturas generadas por medio de resistencias eléctricas que son controladas con termostatos.
- Posee una boquilla intercambiable para poder introducir el flujo correcto a los moldes.
- Cuenta con un husillo especial con diferentes “pasos”, dependiendo de la fase y la cámara correspondiente.
- El husillo es impulsado por un sistema de engranajes, poleas o ambos que se puede graduar para variar la velocidad de giro, según el material y el volumen de material que se pretende inyectar. Un motor eléctrico con la suficiente potencia es el encargado de mover el sistema y el husillo.
- Algunos modelos automatizados cuentan con sistemas de cierre y apertura de moldes, así como botadores y todo lo necesario para optimizar los tiempos de producción.

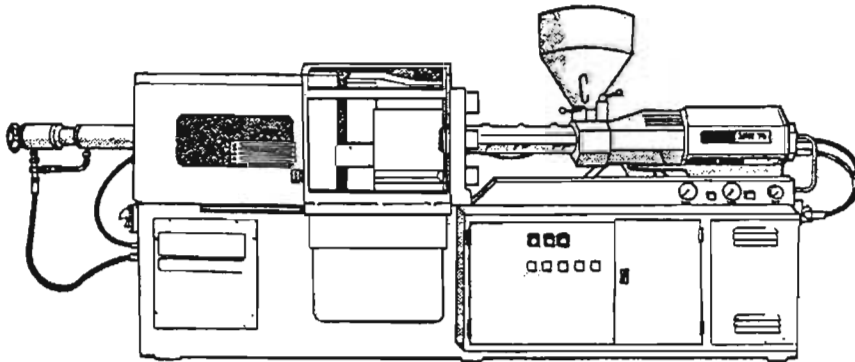


Fig. 3.9 Dibujo que muestra una máquina convencional para inyección.

También es posible inyectar hules termoplásticos con máquinas rústicas de pistón, en las que el material es introducido, calentado y desplazado al interior del molde mediante el movimiento de un pistón, que puede ser impulsado por dispositivos hidráulicos o neumáticos, incluso con la fuerza humana y la ayuda de palancas.

Los moldes para inyección de hules, poseen las mismas características que los usados para plásticos, con cavidades, guías, venas de distribución, botadores y orificios para la salida de aire.

Para cualquier referencia detallada bastará revisar algo de la extensa bibliografía dedicada a los moldes para inyección.

Una cuestión importante es que este proceso puede ser hasta cierto punto discriminado para fabricar piezas con hule reciclado, pues los costos y los procedimientos usuales lo convierten en una opción no viable por lo menos a corto plazo.

Ya finalizada la revisión de los distintos procesos para transformar los hules, se debe recalcar la importancia de los dos primeros como las opciones más apropiadas para materializar nuevas aplicaciones de hule de llanta reciclado, aunque por esto no debe desecharse ninguna otra alternativa.

El capítulo que aquí termina brinda un panorama general acerca de la fabricación de objetos de hule. Las nuevas aplicaciones del reciclado de llanta estarán hasta cierto punto determinadas por los procesos arriba descritos, de ahí su importancia.

CAPÍTULO IV, BÚSQUEDA Y PROPUESTA DE UNA NUEVA FORMULACIÓN

A partir de aquí el texto se dedica a describir el camino recorrido para encontrar una formulación balanceada que integra el hule de llanta reciclado y que posee las características suficientes para ser empleada en la fabricación de nuevos productos con utilidad práctica.

4.1 Metodología y discriminación.

Con la seriedad que demandó esta investigación, me di a la tarea de registrar toda información que documentara la integración de hule de llanta en nuevos compuestos para su uso posterior. Los resultados de la búsqueda no fueron alentadores, pues en las fuentes consultadas (en idiomas castellano, inglés y alemán), los pocos datos de utilidad fueron algunas patentes.

A pesar de que es evidente la existencia de aplicaciones novedosas con este tipo de material, los individuos y las empresas que se atribuyen la autoría, han sido muy cuidadosos de no difundir explícitamente las formulaciones que utilizan. La anterior situación me condujo a iniciar la experimentación como si se tratara de algo completamente nuevo, pasando por la elaboración de muchas muestras que evolucionaron mediante el método de prueba y error.

Para comenzar elaboré un programa de pruebas, donde fue posible la discriminación de variables desde el inicio y de esa manera detectar la ruta más corta, incluso antes de iniciar la fase de pruebas.

Bajo la premisa de encontrar un material balanceado, modificable y útil para los diseñadores y profesionales en general se estableció un punto de partida.

El material (la formulación) ideal deberá:

- Integrar el hule de llanta reciclado en un nuevo compuesto.
- Aglutinar la mayor cantidad posible de triturado de llanta.
- Soportar diferentes tamaños de partículas trituradas.
- Evitar cualquier incompatibilidad entre los materiales del compuesto.
- Ser completamente reciclable.
- Resultar lo más barato posible.
- Poseer la mayor resistencia al desgarre y la abrasión.
- Ser resistente a la intemperie (ozono, oxidación, humedad, rayos UV, etc.) y ser modificable según la aplicación.
- Ser resistente al fuego.
- Tener las características necesarias para ser procesado mediante el moldeado en prensa y la extrusión.
- Poseer cualidades agradables a los sentidos.
- Explotar su apariencia de material compuesto.

La lista de los posibles hules que pudiesen integrar al material reciclado se elaboró en base a la disponibilidad en el mercado mexicano, al final fue conformada por diez diferentes opciones que a continuación se presentan:

- 1.- Hule natural (NR)
- 2.- Hule estireno butadieno (SBR).
- 3.- Hule butadieno (BR).
- 4.- Hule nitrilo (NBR).
- 5.- Hule cloropreno (CR, Neopreno*).
- 6.- Hule silicón (Q)
- 7.- Hule etileno propileno (EPM, EPDM)
- 8.- Hule fluoro-elastómero (FKM-CFM, Vitón*)
- 9.- Hule uretano (AU, Adipreno)
- 10.- Hule polietileno cloro-sulfonado (CSM, Hypalon*)

* Son marcas registradas de DuPont.

Solo bastó la revisión de los precios en el mercado mexicano para eliminar cuatro opciones de la lista inicial, estos fueron:

- Hule silicón.
- Hule cloropreno o Neopreno.
- Hule Vitón.
- Hule Adipreno.

El siguiente filtro consistió en poner a prueba la compatibilidad de los hules vírgenes con el triturado de llanta. Tras la elaboración de una pequeña muestra de hule, se eliminaron de la lista los siguientes:

- Hule butadieno.
- Familia de hules EPDM.
- Hule polietileno clorosulfonado
- Hule nitrilo.

De esa manera, partiendo de una cantidad considerable de variables posibles para la experimentación, la lista se redujo únicamente a dos, precisamente se trata de los hules contenidos en las típicas formulaciones para fabricar llantas.

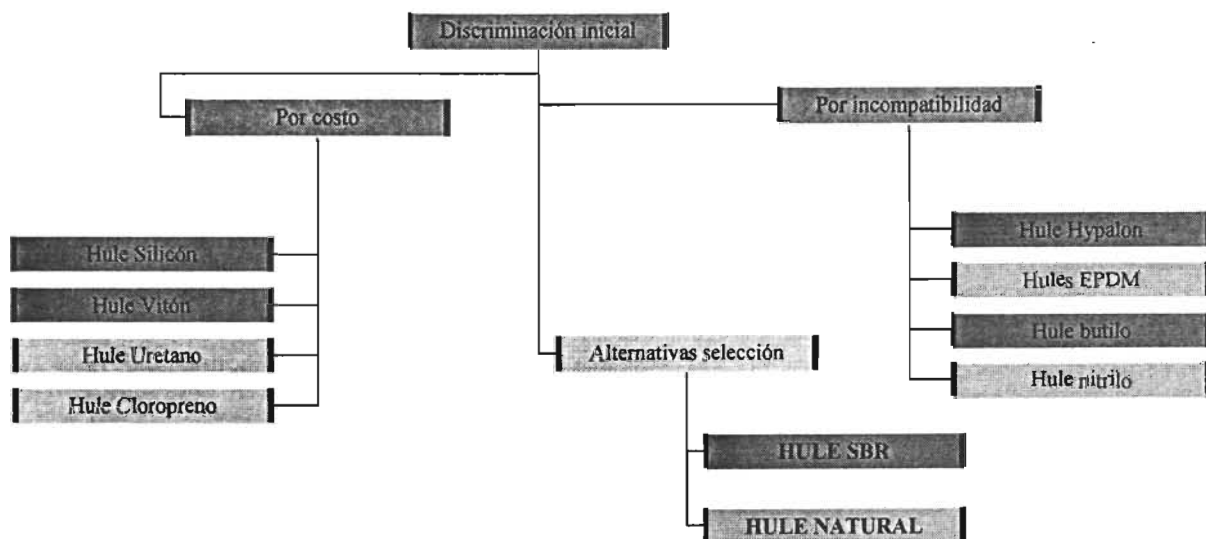


Figura 4.1 Diagrama de discriminación inicial.

4.2 Primera fase experimental.

El terreno para comenzar la experimentación estuvo casi listo al saber que la formulación perseguida debía contener hule natural o SBR (adelante se verá que incluyó ambos).

El siguiente paso consistió en elaborar una formulación como punto de partida que contuviera la mayoría de los aditivos necesarios para obtener un hule balanceado. Para este fin, la bibliografía especializada en la materia resultó muy útil, pues algunos proveedores ofrecen para cada elastómero una formulación básica, que el fabricante puede variar dependiendo de las propiedades necesarias para su producto. La formulación básica (también llamada “guía de selección”) del SBR difiere ligeramente de la que corresponde al hule natural, por lo tanto decidí utilizar la misma para todas las pruebas.

Las únicas variaciones sobre la fórmula original del proveedor consistieron en cambiar el negro de humo por carbonato de calcio y añadir óxido de hierro rojo como pigmento. La razón principal fue la necesidad de observar el comportamiento de las partículas en la superficie del producto terminado. Este examen es mucho más sencillo si se elimina la carga reforzante negra y se compensa con carga blanca, agregando a la vez un poco de pigmento que al mismo tiempo funciona como ayuda de proceso.

A continuación se presentan las sustancias y los porcentajes:

Formulación para pruebas. (Partes por cien):

SBR o hule natural	100
Ácido esteárico	1.5
Antioxidante	1.5
Óxido de Zinc	3
Magnesio	1
Carbonato de Calcio	20
Óxido de hierro rojo	2
Aceite mineral IEQ 305	20
MBTS (1)	2
TMT (2)	2
Azufre	2
Hule triturado	(variable según prueba)

(1) Sulfuro de mercapto benzotiazol (acelerante).

(2.) Tetrametil tiuramio (acelerante)

Por otro lado la decisión se orientó a utilizar en todas las pruebas el mismo tamaño de partícula de hule triturado que oscila entre los 2 y 2.5mm, de esa manera se mantiene una dimensión constante y solo varía la cantidad.

El siguiente paso consistió en elaborar un plan de trabajo, que contemplara una secuencia lógica para determinar la cantidad máxima de triturado de llanta que cada uno de los hules es capaz de soportar. El siguiente diagrama resume dicho plan.

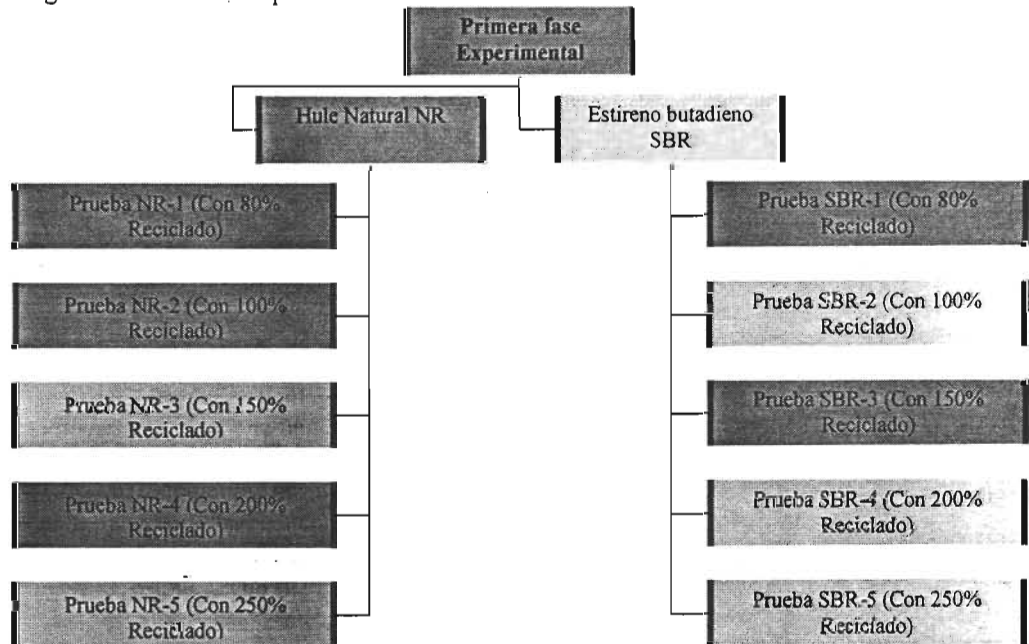


Figura 4.2 Diagrama de la primera fase experimental.

Para evaluar el comportamiento de cada muestra de hule se realizaron tres diferentes fases de observación:

- Durante el mezclado de los componentes.
- Durante el moldeado de piezas experimentales.
- Durante un período de 30 días posteriores a la vulcanización.

Con el objetivo de mantener constantes todos los elementos que intervinieron durante las fases de observación y únicamente variar la cantidad de triturado de llanta se tomaron las siguientes consideraciones:

- 1.- Para el mezclado de los componentes.
 - Se realizó un cálculo previo de las cantidades de los distintos materiales requeridos para toda la fase experimental. Después se adquirió en conjunto todo el material necesario para evitar cualquier variación de calidad entre lotes diferentes y para prevenir cualquier cambio obligado por la posible escasez de alguna sustancia en el futuro.
 - Se determinó que la manera más sencilla de mantener la formulación constante fue también mantener las cantidades invariables y únicamente cambiar el contenido de reciclado. Aunque al final cada mezcla tuviera un peso total diferente.
 - Todas las mezclas se llevaron a cabo en el mismo molino de rodillos y por el mismo operario, bajo mi supervisión. Así se asegura el mismo procedimiento para todas las muestras.
 - Todas las pastas obtenidas fueron laminadas al mismo espesor de 19mm, dimensión que permite medir con exactitud cualquier cambio dimensional de la lámina y también observar el comportamiento superficial del triturado. Para cualquier referencia detallada consultar el apartado sobre el mezclado de hules en el capítulo anterior.

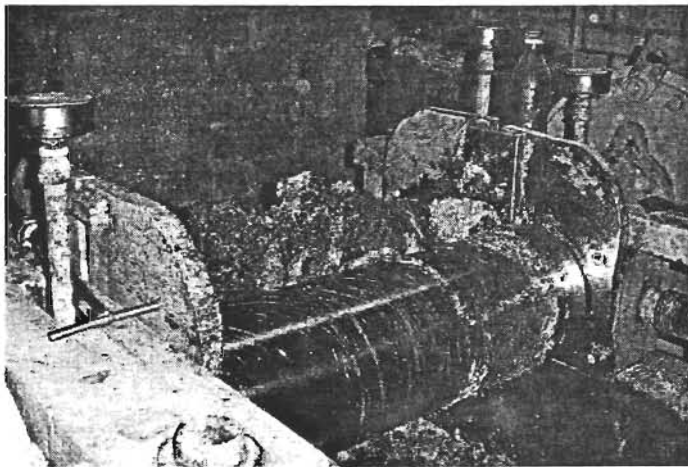


Figura 4.3 Mezcla de SBR con hule reciclado dentro del molino de rodillos. (Fotografía del autor).

- 2.- Para el moldeado de piezas experimentales:
 - Fue seleccionado un molde ya existente, cuya forma y dimensiones facilitarían la vulcanización y desmolde de las piezas.
 - La forma parecida a una tapa cilíndrica permitió observar en las piezas el comportamiento superficial del agregado, tanto en superficies planas como en curvas.
 - Se procuró en lo posible seguir el mismo procedimiento de recorte en crudo para la carga del molde en cada muestra.

- Todas las piezas experimentales fueron moldeadas en la misma prensa hidráulica que cuenta con dos platinas de 30X30cm calentadas con vapor a una presión de 6Kg/cm², la presión de cierre fue 15.81Kg/cm² (225lbs/pul²) y el tiempo de vulcanización fue de 10 minutos a una temperatura constante de 150°C.
 - Se elaboraron dos piezas de cada muestra de material. (Para más información revisar en el capítulo anterior el apartado sobre moldeado en prensa).
- 3.- Para examinar las piezas vulcanizadas:
- Se utilizó un durómetro analógico de punción para medir la dureza "Shore A" de cada muestra una hora después de su vulcanización.
 - Se emplearon los residuos vulcanizados de cada muestra para observar comportamientos sobre flamabilidad, elasticidad, resistencia al desgarre, a solventes, etc.
 - Una de las dos piezas de cada muestra fue almacenada con mucho cuidado, la otra fue sometida a la intemperie. Después de 30 días se hizo una comparación entre ambas.
 - Algunas piezas experimentales continúan después de medio año expuestas a la intemperie.
 - Con el objetivo de optimizar recursos, solo se sometieron a exámenes de laboratorio las muestras con cualidades más sobresalientes.
 - Se etiquetó cada muestra y se registró toda la información.

Resultados de la primera fase experimental.

Este primer acercamiento con los materiales resultó muy productivo, pues se alcanzaron cabalmente los principales objetivos. De aquí se obtuvo información muy útil sobre la tolerancia máxima de triturado agregado y acerca del comportamiento durante los distintos procesos.

Toda esta información resultó fundamental para planear y ejecutar la segunda fase de experimentos.

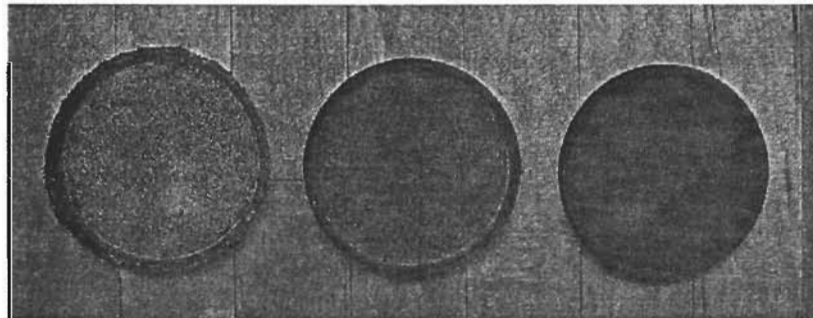


Figura 4.4 Muestras moldeadas durante la primera fase. (EPDM, hule natural y SBR).

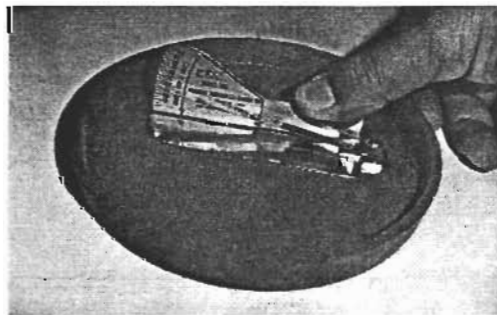


Figura 4.5 Medición de la dureza Shore A en una muestra. (Fotografías del autor).

Los datos más sobresalientes de esta primera fase se pueden sintetizar en lo siguiente:

- El hule natural soporta sin problemas la adición de 200 partes de hule de llanta triturado por cada 100 de hule virgen.
- El hule SBR no soporta 200 partes de triturado de llanta, su límite máximo oscila abajo de las 180.
- El hule natural es más difícil de procesar durante la mezcla, la ruptura de los enlaces cruzados lleva más tiempo, pero al final integra muy bien todos los ingredientes. Tras el laminado el material se dilata alrededor del 150% en su espesor.
- El hule SBR se mezcla mucho más fácil y rápido, se obtiene una lámina muy uniforme que casi no se “hincha”.
- Las muestras vulcanizadas de hule natural se mantienen en un rango de dureza entre 45 y 50 Shore A.
- Las muestras vulcanizadas de SBR se endurecen en función del aumento de material reciclado hasta 55 Shore A.
- El color de las piezas vulcanizadas de hule natural, se torna pardo después de unas horas.
- Las piezas de SBR mantienen un color estable, superficie brillante y muy suave al tacto.
- Las muestras de hule natural soportan mayor deformación antes de la ruptura que las de SBR.
- Las piezas de hule natural se deterioran menos ante los agentes de la intemperie.
- Las muestras de SBR pierden rápidamente el olor penetrante típico del hule vulcanizado. Las de hule natural lo mantienen por tiempo indefinido.
- Todas las muestras son flamables.

4.3 Segunda fase experimental.

Al fin definidas las principales características de los materiales, se diseñó la segunda etapa con dos objetivos claros: experimentar con el proceso de extrusión y observar el comportamiento de ambos materiales con un contenido de reciclado cercano al límite de tolerancia junto con diferentes aditivos para modificar las siguientes cualidades:

- Reducir la flamabilidad.
- Enmascarar el olor.
- Aumentar su volumen, mediante agentes esponjantes.

Pruebas con agente esponjante.

El aditivo más fácil de adquirir fue el agente esponjante para hules, pues se trata de una materia prima con suficiente demanda en el mercado nacional para ser encontrado a la venta en los comercios especializados. El esponjante seleccionado tiene como base el bicarbonato sódico y es producido por la empresa Micro. Se comercializa bajo el nombre de “Microceler”.

Con la intención de experimentar solo con una variable nueva, se realizaron las siguientes pruebas:

Prueba SBR-6 (SBR+ 100% de hule reciclado + esponjante)

Se fijó el contenido de hule de llanta triturado en 100 partes; la fórmula coincide con la prueba SBR-2 y se agregaron 15 partes del agente esponjante para examinar el comportamiento de este compuesto al ser esponjado.

Prueba SBR-7 (SBR+ 150% de hule reciclado + esponjante)

Esta ocasión el contenido de hule de llanta triturado se fijó en 150 partes; la fórmula coincide con la prueba SBR-3 y se agregaron igualmente 15 partes de agente esponjante para comparar el comportamiento de este compuesto con el anterior.

Prueba NR-6 (Hule natural + 150% rec. + esponjante)

El siguiente paso consistió en adicionar la misma fórmula de la prueba NR-3 (contenido de 150 partes de hule reciclado por cada 100 de hule virgen) con Microceler en una proporción de 15 partes, se trata del mismo aditivo y la misma proporción que se agregó a la prueba SBR-6, esto con el objetivo de analizar su reacción al ser esponjado y comparar su comportamiento con el de SBR.

Prueba NR-7 (Hule natural + 200% rec. + esponjante)

El objetivo de esta prueba fue examinar si el hule natural en una formulación cercana a su límite de tolerancia al reciclado (200%) puede ser esponjado, por lo tanto se tomó la formulación NR-4 más la adición de Microceler en la misma proporción de la anterior prueba: 15 partes.

Comportamiento de las muestras con el agente esponjante.

Es curioso recordar que para aquellos tiempos cuando recién se hicieron las pruebas, que el esponjado parecía ser una opción viable para el hule natural, (no así con SBR) pues el comportamiento durante el mezclado y el vulcanizado fueron muy favorables y más aún, las piezas obtenidas tuvieron un aspecto muy atractivo, y se expandieron alrededor de 150% en sus dimensiones; pero esta apariencia se fue modificando al paso de los meses y la opción de utilizar esponjantes se canceló.

Los hules esponjados son muy utilizados por la industria, pero se parte siempre de esponjar materiales 100% vírgenes, el hecho de incluir partículas de hule reciclado definitivamente incidió en que las piezas vulcanizadas después de tres semanas recuperaran casi el mismo tamaño de una pieza sin esponjar. Partiendo de esta experiencia se concluye que “este tipo de materiales no son aptos para ser esponjados”.

Dentro de ese período de tres semanas en el que las piezas vulcanizadas con esponjante mantuvieron un incremento en sus dimensiones se elaboraron otras pruebas, en que se adicionó un aromatizante.

Pruebas con aromatizantes.

Para lograr disimular el intenso olor del hule, recibí una recomendación por parte del operario del molino de rodillos que procesó las anteriores mezclas, el afirmó que para estos casos algunos fabricantes emplean un aromatizante para alimentos muy comercial dado que soporta la temperatura del proceso. Por lo tanto en una tienda de las comúnmente conocidas como abastecedoras de “materias primas” adquirí 200ml del producto con aroma a “azahar” por \$14.00.

Para entonces las muestras esponjadas parecían mantener de manera permanente el incremento dimensional, por lo tanto la siguiente prueba incluyó tanto el agente esponjante como el aromatizante recomendado.

Prueba NR-8 (Hule natural + 150% de reciclado + esponjante + esencia de azahar).

Para este experimento se tomó la misma fórmula de la prueba NR-6, pues mostró a primera vista buenas propiedades durante el proceso de mezclado y vulcanización. La única variación significativa fue añadir a la pasta durante el mezclado cerca de 100ml de esencia de azahar. Otra variante fue utilizar un pigmento azul para comenzar a apreciar el material con diferentes apariencias.

Formulación (partes por cien):

Hule natural (SGR 5L)	100
Ácido esteárico	1.5
Antioxidante	1.5
Óxido de Zinc	3
Magnesio	1
Carbonato de Calcio	20
Pigmento azul	2
Aceite mineral IEQ 305	20
MBTS (1)	2
TMT (2)	2
Azufre	2
Hule triturado	150
Microceler (3)	15
Aromatizante (4)	10

(1) Sulfuro mercapto benzotiazol (acelerante).

(2) Tetrametil tiuramio (acelerante)

(3) Agente esponjante

(4) Concentrado para alimentos (esencia de azahar)

Mientras se incorporaba el aromatizante durante el mezclado, el área de trabajo se impregnó de ese agradable olor muy distinto al acostumbrado. Una vez laminada la pasta el aroma perduró con mucha intensidad.

Las piezas vulcanizadas poco después de su fabricación mantuvieron el aroma a azahar, pero este fue disminuyendo al paso de los días, tres meses después el aroma permanece ligeramente y compite con el olor a "hule" original.

A causa de la anterior experiencia donde se concluyó que los aromatizantes preparados para los alimentos, desaparecen con el tiempo y no representan una opción para ser empleados con materiales elastómeros.

Después de varios intentos logré ponerme en contacto con la empresa Diseños Aromáticos (Disarom) S.A. de C.V.⁶² Se trata de un laboratorio dedicado a surtir aromatizantes principalmente a la industria productora de limpiadores y detergentes domésticos aunque recientemente se han incorporado a la industria de los plásticos.

La inquietud de los representantes de este laboratorio por incursionar en la industria de los hules favoreció el intercambio de información y material. Por esa razón recibí muestras de los aromatizantes que ellos han desarrollado para plásticos y que son resistentes a altas temperaturas (entre 120 y 160°C). Dichos productos se denominan comercialmente de la siguiente manera: PROEXP 2446 VAINILLA TERMO con un precio de \$191.00 cada Kg. y PROEXP 2465 COCO TERMO que se vende a \$127.00 el Kg.

Para aquellas fechas se había comprobado la inviabilidad del esponjado de estos materiales, por lo tanto en la siguiente prueba me limité a incluir la sustancia aromatizante.

Prueba NR-9 (Hule natural + 150% de reciclado + aromatizante).

El aromatizante seleccionado fue el PROEXP 2465 COCO TERMO, todas las demás variables se mantuvieron igual que la prueba NR-8, incluso se añadió la misma proporción de aromatizante, lógicamente tampoco se añadió el agente esponjante.

⁶² Proveedor: Diseños aromáticos S.A. de C.V. Baja California 11, col. México Nuevo, Atizapán de Zaragoza. Estado de México. Tel. 5822 5824.

Como se esperaba el comportamiento del material durante el mezclado y la vulcanización fueron excelentes, lo sorprendente fue que el aroma a coco sigue presente aún después de medio año de realizada la prueba. Este producto para enmascarar aromas funciona cabalmente en este tipo de hule.

Pruebas con retardantes de flama.

Para atender la cuestión de la flamabilidad, la búsqueda de aditivos retardantes de flama disponibles en el mercado mexicano a precios razonables me llevó a dos principales distribuidores de este tipo de sustancias: Ferro Mexicana y Charlotte Chemical.

Ferro⁶³ es una empresa transnacional de capital norteamericano con sede en Hammond, Indiana, que cuenta con varias divisiones, entre ellas química (Keil Chemical Division), que se dedica a surtir a la industria manufacturera en general.

El producto que ellos desarrollaron como retardante de flama se llama “Kloro 60-50”, frecuentemente empleado por la industria de los plásticos como plastificante secundario. En el ambiente industrial este tipo de sustancias son conocidas como parafinas cloradas. (La hoja técnica puede consultarse en el glosario).

Charlotte Chemical Inc.⁶⁴ es una empresa transnacional con sede en Houston, Texas dedicada al desarrollo de resinas, aditivos para polímeros, PVC, pinturas, adhesivos, tintas, lubricantes, cosméticos, etc. El producto de línea que ellos manejan casi exclusivamente como retardante de flama para hules es el que llaman “Parafina Clorada S-52” (los datos técnicos se encuentran en el glosario).

Prueba NR-10 (Hule natural + 150% de reciclado + aromatizante + Kloro 60-50).

Dado que la prueba NR-9 tuvo éxito, se reprodujo de nuevo la misma formulación; la única excepción fue añadir la sustancia retardante de flama que produce la empresa Ferro, llamada “Kloro 60-50” en una proporción de 20 partes por cada cien de hule virgen.

Prueba NR-11 (Hule natural + 150% de reciclado + aromatizante + Parafina clorada S-52).

Con el objetivo de comparar los resultados de los dos agentes retardantes de flama disponibles, de manera simultanea a la anterior, se elaboró esta prueba que difiere de aquella solo por la sustitución de “Kloro 60-50” por “Parafina clorada S-52”. La proporción añadida se mantuvo invariable.

Resultado de las pruebas con retardantes de flama.

Una vez que se dispuso de los materiales mezclados y laminados se procedió a moldear las piezas experimentales y como se hizo con anterioridad las rebabas del producto sirvieron para hacer las pruebas; en esta ocasión correspondió a la flamabilidad.

La función que cumplen estas sustancias examinadas es precisamente retardar la combustión del compuesto, pero después de unos minutos, en ambos casos las muestras terminaron carbonizadas.

Para comprobar el comportamiento de la flama con más profundidad, se decidió acercar la flama al cuerpo de la pieza y no solo a la rebaba, entonces se observaron conductas diferentes. De aquí se concluye que:

⁶³ Proveedor: Ferro Mexicana S.A. de C.V. División químicos. Oriente 171 No. 450, Col. Aragón Inguarán. México, D.F. Tel. 5760 6100.

⁶⁴ Proveedor: Charlotte Chemical Inc. Homero 432-PH, México, D.F. Tel. 5203 6434

- La forma del producto es definitiva para acelerar o retrasar la combustión. Partes muy delgadas y pequeñas como son las rebabas se queman pronto. Partes gruesas y grandes tardan mucho en consumirse, incluso llegan a extinguir la flama.
- El material en que es embebido el reciclado de llanta puede ser completamente anti-flama, pero cada partícula de hule de llanta es muy combustible. Por esta razón cualquier material que integre partículas de llanta será combustible.
- Los agentes retardantes de flama solo retrasan la combustión, no la detienen.
- El hecho de que este material sea combustible no es suficiente razón para detener su empleo en aplicaciones interesantes.
- El empleo de agentes retardantes de flama en estos materiales solo se justifica en aplicaciones específicas, pues eleva parcialmente los costos del compuesto.

Pruebas con extrusión.

Al paralelo de las pruebas con esponjantes, aromatizantes y retardantes de flama comencé a experimentar con los materiales resultantes sometiéndolos al proceso de extrusión.

La extrusión de materiales, como es sabido, produce formas continuas cuya longitud solo es limitada por las dimensiones del equipo que se emplea en su proceso (bobinas, autoclaves, mesas de trabajo, etc.), lo cual posibilita generar piezas muy largas con una sección común.

Para extruir mis muestras utilicé una máquina extrusora “casera” impulsada por un motor eléctrico de 3 caballos de fuerza. El husillo mide 8cm de diámetro y gira a 32 revoluciones por minuto. El calentamiento del material se consigue solo con la fricción y el enfriamiento es mediante circulación de agua.

Con la consigna de agilizar estas pruebas se emplearon dos “dados de extrusión” existentes, ambas herramientas útiles para fabricar manguera de sección circular de 5 y 2cm de diámetro.

El equipo para vulcanizar las muestras de material extruido es un autoclave de manufactura “casera”, la forma es cilíndrica con dimensiones de 50cm de diámetro y 60cm de largo. El vapor para la vulcanización se reguló alrededor de 3kg/cm^2 y fue suministrado por una caldera calentada con gas.

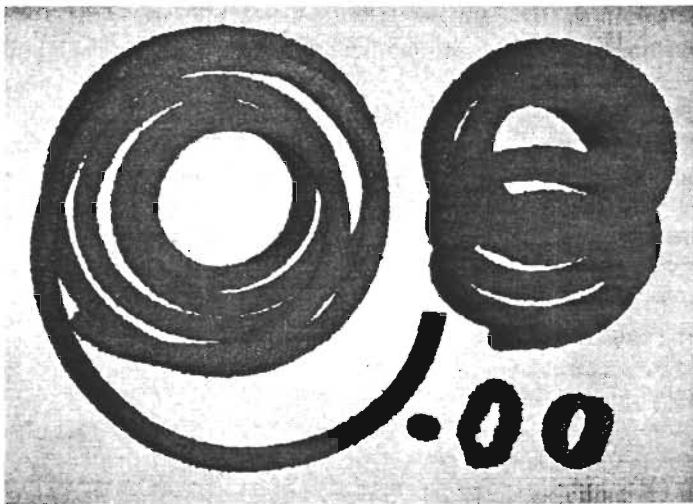


Figura 4.6 Resultado de las pruebas de extrusión con diferentes formulaciones. (Fotografía del autor).

Se llevaron a cabo varias pruebas de extrusión con los distintos hules de las pruebas elaboradas. En general todos los materiales probados fueron extruidos y vulcanizados sin problemas. Tras las múltiples pruebas se concluyó lo siguiente:

- Los compuestos con SBR presentan mejor calidad en los perfiles extruidos que los que contienen hule natural.
- El carácter del hule de llanta como material “compuesto”, es exaltado durante el proceso de extrusión, dando como resultado superficies irregulares pero con texturas sumamente interesantes y explotables, más aún, si el hule virgen es pigmentado con colores que contrastan con las partículas de llanta los efectos en la percepción son cada vez más atractivos.
- Debido a que durante la extrusión la presión que compacta al material a través del “dado o boquilla” es mucho menor que en un proceso de moldeo cerrado, las piezas obtenidas son porosas, (ya se ha dado el ejemplo de la manguera “porous pipe”, que explota esta cualidad) lo que aumenta su ligereza, su capacidad como “amortiguador de impactos” y sus virtudes como aislante térmico, acústico y probablemente eléctrico. Todo esto gracias a la formación de celdas de aire al interior del material.
- Una ventaja de este proceso por sobre los demás, es el prácticamente total aprovechamiento del material, no hay rebabas, si llegan a presentarse fallas superficiales en la pieza durante la extrusión, el tramo se recorta y se vuelve a introducir a la máquina. El único desperdicio relativo es el material que queda dentro de la cámara de compresión de la extrusora, que en realidad no lo es, ya que puede emplearse después en la elaboración del siguiente lote.
- Los anteriores comentarios convierten a la extrusión como el proceso más rentable, ya que los costos de producción se reducen al existir una merma mínima, se elimina la fase de “rebabeo” y por último la incorporación del aire dentro del material en forma de celdas provoca la disminución de la densidad del material, lo que redundará en el mayor rendimiento del material, por así decirlo, el mismo material “crece”.
- Como desventajas habrá que reconocer que este proceso impide la elaboración de productos con secciones que incorporan detalles pequeños, la misma naturaleza del material provoca contornos relativamente burdos e irregulares.
- La introducción de perfiles extruidos de diferentes secciones, dimensiones y colores a un contexto artesanal puede incidir en objetos bellos, resistentes y sobre todo novedosos, solo basta imaginar un trabajo de “cestería” elaborado con largas tiras de hule extruido.
- Potenciales aplicaciones con este proceso: Cestos, jaulas, tapetes, partes de protección contra impacto, asientos, etc.

Conclusiones de la segunda fase experimental.

Las pruebas elaboradas en esta etapa fueron suficientes para cancelar algunas otras, como las de flamabilidad en SBR, pero sobre todo fueron muy útiles para llegar a las siguientes conclusiones:

- Los materiales específicos referidos en esta investigación no son susceptibles de ser esponjados, a menos que contenido de reciclado se reduzca considerablemente, o quizás, pulverizando finamente las partículas de llanta.
- Existen en el mercado mexicano sustancias muy útiles para “enmascarar” el olor a hule, con precios y circunstancias accesibles.
- Los agentes retardantes de flama no detienen la combustión de los materiales tratados en este trabajo, solo la retrasan. Si es necesario fabricar productos muy expuestos al fuego, además de agregar retardantes habrá que tener consideraciones en cuanto a la forma.
- Los compuestos de hule resultantes hasta esta etapa son totalmente extruibles, lo que incide en un amplio abanico de posibilidades para su aplicación.

4.4 Tercera fase experimental.

Después de todos los experimentos realizados con la integración de partículas de llanta en nuevos compuestos se obtuvo mucha información valiosa acerca de los hules, los aditivos y los procesos de transformación, pero también quedó una cantidad importante de materiales para seguir probando con otros procesos de fabricación. Este material sobrante de las anteriores etapas sirvió para alcanzar un importante logro para consolidar la aportación de este trabajo.

Para el comienzo de esta etapa se conocía lo siguiente:

- Los compuestos con hule natural superan a los de SBR en resistencia al desgarre.
- El hule natural soporta la adición de mayores proporciones de reciclado que el SBR.
- El hule natural en condiciones normales es más barato.
- El SBR supera al hule natural en cuanto a la incorporación de los otros ingredientes y aditivos durante el mezclado.
- Las piezas extruidas de SBR presentan mejores características superficiales que las de hule natural.
- Las piezas elaboradas con SBR permanecen con mejor apariencia después de periodos largos de exposición a la intemperie, aunque la estructura interna del hule natural permanece por más tiempo.
- El hule natural y el SBR son muy compatibles. El mejor ejemplo son las propias llantas.
- Algunas formulaciones de hule de llanta aprovechan en un mismo compuesto lo mejor del hule natural y del SBR, dando como resultado materiales muy resistentes y perdurables.

Teniendo a la mano muchos paquetes de hule sin vulcanizar basados algunos en hule natural y otros en SBR, productos todos de formulaciones ligeramente diferentes, la tercera fase experimental consistió simplemente en mezclarlos.

Los resultados fueron muy alentadores combinando cualidades de ambos elastómeros. Así se consolidó la siguiente fórmula básica.

Formulación (partes por cien):

Hule natural (SGR 5L)	50
SBR	50
Ácido esteárico	1.5
Antioxidante	1.5
Óxido de Zinc	3
Magnesio	1
Carbonato de calcio	20
Pigmento	2 a 8
Aceite mineral IEQ 305	20
MBTS (1)	2
TMT (2)	2
Azufre	2
Hule triturado	150 a 200
Aromatizante (3)	10
Retardante de flama (4)	15 a 20

- (1) Sulfuro mercapto benzotiazol (acelerante).
- (2) Tetrametil tiuramio (acelerante)
- (3) Proexp 2465 coco termo (opcional)
- (4) Parafina clorada S-52 (opcional)

Conclusiones de la tercera fase experimental.

El logro más importante de esta fase es la consolidación de una formulación definitiva para este trabajo de investigación, que permite perfectamente comenzar a experimentar con aplicaciones; además la formulación arriba descrita cumple con los requerimientos planteados desde el inicio; También se trata de un material completamente transformable con los métodos más utilizados en México y todos los componentes son adquiribles en el mercado nacional.

4.5 Análisis de costo – beneficio.

Para comenzar a evaluar la viabilidad para explotar la formulación obtenida en la fase experimental, es necesario hacer una revisión de los precios de los diferentes materiales que forman parte de dicho compuesto.

A continuación se enlista cada una de las sustancias contenidas en la formulación para alrededor de 20 Kg. de material y su costo en pesos mexicanos (enero 2005)⁶⁵. Abajo se agrega el precio comercial por la mezcla en molino o “molienda”.

⁶⁵ Proveedor: Suministro de especialidades. Calle 4 No. 216-4, Col. Granjas San Antonio, México D. F.

Sustancia	Cantidad	Precio Kg.	Costo
Hule Reciclado	10.0	4.0	40.0 ⁶⁶
Hule natural SGR	6.66	18.03	120.07
Ácido esteárico	0.10	12.66	1.26
Antioxidante	0.10	23.13	2.31
Óxido de Zinc	0.20	16.50	3.30
Óxido de Magnesio	0.06	42.67	2.56
Carbonato de calcio	1.32	7.08	9.34
Óxido de hierro rojo	0.06	18.84	1.13
Brea de pino	0.06	11.87	0.71
Aceite IEQ 305	1.6 (litros)	8.69 (litro)	13.90
MBTS	0.13	34.05	4.42
TMT	0.13	30.35	3.94
Azufre	0.13	4.63	0.60

Cantidad total 20.55 Kg. Costo de las sustancias 204.17

A este precio habrá que agregarle el costo del proceso de “molienda”. En la zona metropolitana se cobran en promedio \$4.00 pesos por Kg. de mezcla, por lo tanto al procesar 20.0 Kg. se pagan \$80.00 pesos.

Cantidad total 20.55Kg. Costo total de la mezcla 284.17

Precio por Kg. \$14.20

De lo anterior es digno de resaltar el importante incremento al costo total (cerca del 30%), que significa el hecho de pagar por la maquila de “molienda”. Esos \$4.00 pesos por cada Kg. se vuelven más importantes cuando se produce en grandes volúmenes. Lo que hace inevitable la adquisición de equipo propio para abatir los costos y competir en cuestión de precios.

Entonces la cantidad de \$14.20 pesos podría convertirse en \$12.20 pesos mexicanos o menos (considerando gastos diferidos). Este es el cálculo por cada Kg. de material listo para ser transformado.

La cuestión más importante al recuperar materiales desechados como es el hule de llanta, es la invaluable contribución al equilibrio ecológico. Tal vez podrá evaluarse la utilidad que representa un objeto para una comunidad o para una empresa privada, pero al final la función principal de los productos elaborados con hule reciclado es la descontaminación del medio ambiente.

Algunas organizaciones han encaminado esfuerzos para que los nuevos productos sean diseñados bajo consideraciones en beneficio del medio ambiente. En este contexto se maneja el concepto de “Ecoeficiencia”,⁶⁷ que se puede expresar como un coeficiente resultado de dividir el valor de un producto o servicio entre el impacto ambiental del mismo producto a lo largo de su ciclo de vida.

Aunque todavía es muy relativa la manera de asignar valores numéricos para evaluar el impacto ambiental, donde se incluyen acciones desde la obtención de materias primas, producción, distribución, uso y retiro, la sola visualización de esta fórmula resulta interesante.

⁶⁶ Proveedor: Neoprenos Industriales. Oriente No.7, Col. Independencia. Valle de Chalco, Estado de México.

⁶⁷ Capuz y Gómez. Op. cit. 35. p. 52.

$$\text{ECOEFICIENCIA} = \frac{\text{Valor del producto o servicio}}{\text{Impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida}}$$

Bajo esta perspectiva, a pesar de no contar con indicadores acertados para introducir en la fórmula, se puede anticipar que cualquier objeto fabricado con hule de llanta reciclado tendría un alto valor de “ecoeficiencia” por el solo hecho de convertir en objetos útiles un material de desecho.

Con la obtención de una fórmula definitiva para este trabajo, y la información suficiente acerca de los procesos de transformación más utilizados en México, el siguiente paso es comenzar a diseñar aplicaciones.

Sería en verdad satisfactorio que algunos lectores de este trabajo al llegar a esta etapa comenzaran a proyectar o siquiera imaginar alguna manera ingeniosa de explotar este material. Si esas ideas se llevaran a cabo, entonces eso se convertiría en el verdadero aporte de esta investigación.

4.6 Datos técnicos del nuevo material.

Con el apoyo del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) y el laboratorio de pruebas mecánicas del Departamento de Ingeniería Mecánica, ambas instituciones de la UNAM, fue posible someter el material resultado de esta investigación a una serie de pruebas para determinar sus principales propiedades físicas.

Propiedad	Valor
Densidad	1.39g/cm ³
Dureza Shore A	50
Deformación máxima antes de ruptura	6mm/mm*
Elongación máxima	600%
Deformación máxima (envejecido 2 sem.)	560%**
Deformación máxima (envejecido 4 sem.)	556%**
Resistividad eléctrica	1e+015 ohm-cm**
Conductividad térmica	0.14 W/m-K**

* La gráfica de esta prueba se encuentra en el anexo II al final del documento.

** Son resultados preliminares para confirmarse con pruebas posteriores.

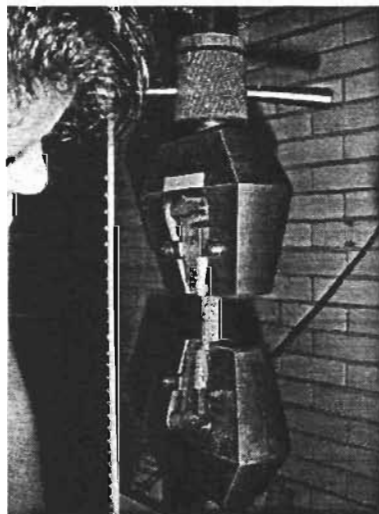


Figura 4.6 Fotografía tomada durante las pruebas de tensión en la Facultad de Ingeniería. (Foto del autor).

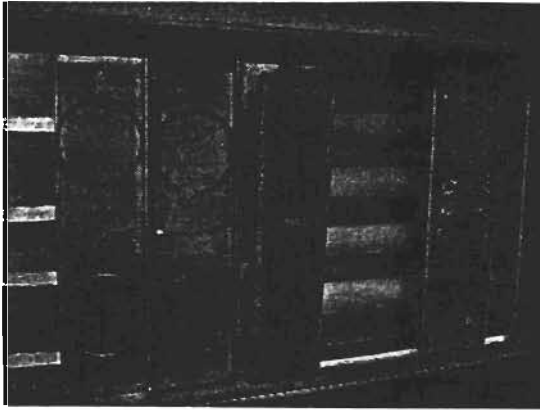


Figura 4.8 Muestras de hule de llanta reciclado después de 4 semanas dentro del Fadeómetro del Instituto de Investigaciones en Materiales. (Fotografía del autor).

4.7 Otras alternativas de reciclaje.

Para mantener el control sobre el curso de esta investigación tuve la necesidad de tomar decisiones que ayudaran a delimitar el campo de acción acerca de los materiales y en cierta forma de las aplicaciones a generar.

En estas disyuntivas se quedaron en el camino algunas opciones interesantes para recuperar el hule de llanta para emplearlo en la elaboración de nuevos productos.

Arranque de viruta.

Este proceso se visualiza para sustituir la trituración de las llantas viejas. La idea principal es recuperar el hule de la banda de rodamiento en forma de tiras; para esto basta comparar lo anterior con el proceso de torneado de un material blando como el aluminio de donde se pueden obtener virutas muy largas con sección uniforme.

Las virutas de hule obtenidas mediante este método podrían utilizarse como fibras para reforzar otros sustratos, o bien, para generar tejidos útiles en distintas aplicaciones.

El principal inconveniente es que en México la gran mayoría de llantas son desechadas cuando auténticamente muestran las cuerdas de la estructura interior, es decir, cuando casi se ha terminado el hule de la banda de rodamiento. Un segundo inconveniente es que de cualquier manera habría que triturar los residuos restantes de cada llanta.

Empleo como relleno.

Una manera de utilizar el hule de llanta tal como sale de la trituradora es como relleno para muebles, cojines y acolchonamientos deportivos sustituyendo la borra o las espumas de poliuretano. Así se explota la cualidad para amortiguar cargas e impactos que aún conserva cada partícula de hule.

Con esta alternativa se hace innecesario mezclar el reciclado con otros materiales vírgenes y utilizar energía proveniente de otras fuentes. También se optimiza el volver a reciclar estas fibras cuando la funda que los contenga sufra algún daño.

La principal desventaja es el olor penetrante que conservan las partículas de hule, por ello se necesita depositarlas en fundas o contenedores herméticos. Por otra parte es posible concebir lo difícil de una escena doméstica cuando se derrame en la sala una cantidad considerable de hule finamente triturado.

Formulaciones para “curar” a temperatura ambiente.

Una de las rutas más atractivas que decidí dejar pendientes es la mezcla del triturado de llanta con otras sustancias para conseguir compuestos que no requieren temperatura ni presión aplicadas mecánicamente.

Tras una visita de campo a la empresa Bayer de México, el ingeniero encargado de guiarnos por las instalaciones nos mostró algunos productos fabricados con materiales desarrollados en aquella planta; entre estos vimos una muestra en forma de tapete que aglutinaba partículas de llanta triturada. El ingeniero respondió que la sustancia era un “isocianato especial” que Bayer había desarrollado de manera exclusiva para un cliente, por lo tanto, no estaba disponible para el mercado general. Después de unos intentos me fue imposible obtener una muestra del material.

Más adelante mis esfuerzos me llevaron a la empresa Henkel de México que desarrolla adhesivos entre otros productos. El personal de dicha empresa me apoyó haciéndome llegar una muestra de un material fabricado en Canadá que se utiliza para sellar juntas constructivas de concreto y se basa también en poliuretano. Llevé a cabo algunas pruebas con el método de “vaciado” y los resultados fueron interesantes.

Mi decisión de abandonar aquella ruta se apoyó en la idea de no promover la generación de productos que, si bien, integran materiales reciclados al finalizar su ciclo de vida se convierten en objetos de difícil reciclaje pues son conformados por “materiales compuestos”.

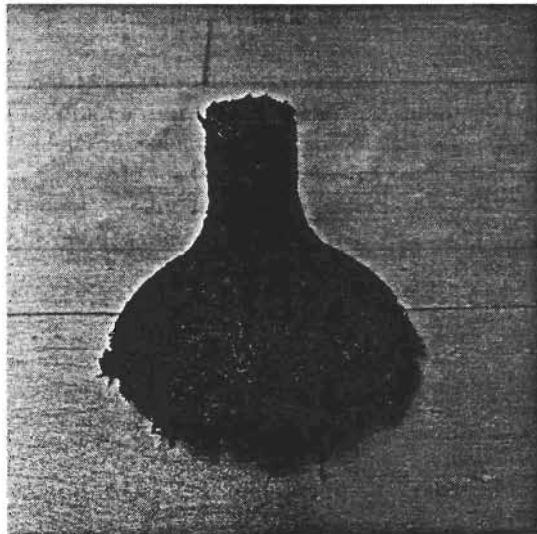


Figura 4.7 Aspecto de una prueba “vaciada” que integra el triturado de llanta con una resina base poliuretano. (Fotografía del autor).

Modificaciones a la fórmula propuesta.

Es lógico pensar que la fórmula descrita en la página 84 es modificable según los requerimientos del producto; por ejemplo, con la adición de negro de humo se pierden cualidades visuales pero se ganan propiedades químicas como la resistencia a la degradación con rayos UV y es posible aumentar la dureza del compuesto vulcanizado.

Otra modificación interesante es la mezcla de material virgen con hule vulcanizado producto de varias mezclas anteriores. Así es posible la combinación de diferentes colores y dimensiones de partículas trituradas.

CAPÍTULO V, LOS OBJETOS TRADICIONALES MEXICANOS, UNA RICA FUENTE PARA NUEVAS APLICACIONES.

Este último capítulo comienza explicando varias razones por las cuales decidí orientar el desarrollo de prototipos basándome en objetos tradicionales mexicanos. Al final se presenta una galería de aplicaciones logradas.

Al llegar a esta etapa de la investigación lo único restante fue comprobar que en realidad el hule derivado del reciclaje de llantas puede servir para fabricar nuevos productos.

El diseño, la metodología, la estética y demás parámetros susceptibles de ser evaluados en los productos que resultasen de este trabajo, desde mi punto de vista muy personal, son aspectos secundarios; pues, la verdadera aportación es definitivamente el material logrado junto con las alternativas económicas y ambientales que pudieran derivarse de su uso, sin olvidar el estímulo a los diseñadores para emplear esta clase de materiales.

El presente es un trabajo desarrollado dentro del área tecnológica del posgrado en diseño industrial y por lo tanto, es oportuno tener presente las principales cualidades del nuevo material:

- Puede procesarse con los medios tecnológicos disponibles en México.
- Tiene propiedades físicas y químicas suficientes para distintas aplicaciones.
- Posee cualidades visuales y táctiles explotables.
- Es original (logrado empíricamente).
- Permite abrir nuevos ciclos económicos sobre todo a nivel PYME.
- Contribuye a la descontaminación con llantas de desecho.
- Es un material explotable para los diseñadores industriales.

Una vez aclarada la aportación de esta tesis es fácil asimilar que las aplicaciones originales que se realicen con este material, no son más que entidades que apoyan dicha aportación y que cualquier propuesta, por más novedosa que sea, surgida de este contexto, debe ser ubicada en segundo plano.

A manera de introducción de este último capítulo y como argumento para lanzarme a la aventura de diseñar, basándome en este tipo de objetos ancestrales, he preparado el siguiente ensayo, cuyo contenido ha sido fruto de la concurrencia de mis últimas indagaciones con los conocimientos adquiridos hacia el final de este posgrado.

5.1 aspectos relevantes de la tradición prehispánica de hacer objetos. El diseño al rescate de la diversidad.

Cerca de completarse los primeros cinco años del siglo XXI, la disciplina del diseño industrial, cuya concepción de Buchanan⁶⁸ como el “nuevo arte de la cultura tecnológica” ajusta perfectamente a las condiciones actuales, ha respondido al llamado de los países industrializados; uno de sus empleos más extendidos ha sido servir como herramienta comercial muy efectiva para contribuir a la reproducción de las sociedades de consumo. Dicho modelo, bajo el esquema de la globalización, pretende ser llevado hasta las comunidades mas aisladas.

⁶⁸ BUCHANAN, Richard. (Primavera de 1992) “ Wicked Problems in Design Thinking”. En Design Sigues, Vol. VII, No. 2. p. 3.

Así los diseñadores industriales que han encontrado sitio dentro de organizaciones con el poder suficiente para exportar sus productos al mundo, son en buena medida responsables de la generación de objetos, muchos de ellos carentes de una función práctica real (también llamados *gadgets*), concebidos sin las mínimas consideraciones a favor del equilibrio ecológico, y además, han sido creados con la intención de ser aceptados en el mercado global, es decir, que el mismo objeto —por ejemplo una vajilla—, tenga la misma aceptación (altas ventas, por supuesto) en Australia, en Colombia y en Marruecos.

El hecho de que un producto pueda ser adoptado de igual manera, tanto por consumidores insertos en sociedades industrializadas, como por usuarios pertenecientes a sociedades en desarrollo y, más aún, por individuos de comunidades tradicionales, es un fenómeno muy complejo que involucra:

- Grandes inversiones en publicidad y medios masivos de comunicación.
- Políticas comerciales (tanto locales como internacionales).
- Características psicológicas de los individuos.

Pero existe un aspecto que no ha sido examinado con la suficiente atención: “el papel del diseñador para conseguir que los objetos puedan insertarse en culturas tan diferentes”.

Podría hablarse de los excelentes estudios que las empresas transnacionales llevan a cabo en sus mercados meta, como el caso de la comercialización en territorio mexicano de imágenes de la Virgen de Guadalupe fabricadas en China o por obreros chinos en aguas internacionales. Pero seguramente el éxito de estas imágenes no es el mismo aquí que en Yemen.

La relevancia del caso apunta hacia una homogeneización de los gustos, aspiraciones, estilos de vida, etcétera; y los objetos de uso diario son un vehículo muy importante para esos fines, ya que actúan como agentes alienantes que se infiltran en todas las culturas, desplazando poco a poco los objetos que cada sociedad utilizaba tradicionalmente, y de esta misma forma se tiende a extinguir la diversidad y la identidad cultural en pos de una auténtica “aldea global”.

Tal vez existan partidarios de la homogeneización extrema, de la eliminación sistemática de las diferencias entre las culturas del mundo. Creo firmemente que una de las fuentes de la verdadera riqueza humana reside en la diversidad, como bien lo señala Edgar Morin⁶⁹.

Todavía en nuestros días sobreviven sociedades que han resistido los embates de la filosofía y la política neoliberalista, que si bien han sido mermadas, aún tienen mucho que ofrecer al mundo como expresiones estéticas, valores, tradiciones, y concretamente algo que nos atañe en particular: bases para el diseño de productos.

México es una nación diferente a las demás por causa de sus orígenes y sus tradiciones; precisamente la diversidad que contiene en su interior, expresada en función de los variados grupos étnicos, eleva su potencial de aportación en muchos campos del conocimiento y bajo un tratamiento especial podría conducir el diseño mexicano a niveles insospechados.

Es oportuno citar a la India como un ejemplo de nación con altísimo contenido de riqueza cultural basada en la tradición, que ha realizado importantes esfuerzos para resistir la ola de “occidentalización”, como la llama Uday Athavankar⁷⁰ en sus ensayos; e ir más allá comenzando a aportar diseño propio para su sociedad y para el mundo.

⁶⁹ MORIN, Edgar (1999) “Los siete saberes necesarios para la educación del futuro”. UNESCO. Paris. pp. 25-28.

⁷⁰ ATHAVANKAR, Uday. (Verano de 2002) En “Design Issues”, Vol. 18, No. 3. MIT Press, Cambridge, Mass. pp. 43-57.

Precisamente el objetivo de este ensayo es incentivar a propios y extraños, a colegas diseñadores y a educadores, ingenieros, físicos, biólogos y demás, para percibir de manera diferente la información disponible acerca de las culturas tradicionales mexicanas y además valorar su enorme potencial para generar conocimiento y diseño totalmente contemporáneo.

Las entidades que me atañen como diseñador industrial en este ejercicio son los objetos, por ello he decidido hacer un recorrido, alrededor de cuatro aspectos en torno a su elaboración dentro de las sociedades prehispánicas, que bajo mi punto de vista pueden convertirse en fundamentos muy interesantes para apoyar el diseño de productos en el estudio de los objetos tradicionales mexicanos.

Existen variadas manifestaciones como la arquitectura, con exponentes como Barragán y Legorreta, que han logrado sintetizar el carácter estético de las formas prehispánicas en obras que pueden percibirse como contemporáneas; en el campo de las bellas artes Tamayo consiguió trasladar a sus lienzos y esculturas formas y detalles de origen y esencia puramente indígena. Orozco y Nishizawa hicieron lo propio en sus murales. Ejercicios de este tipo son muy poco comunes en el diseño de productos, pienso que serían productivos; aunque el objetivo del presente ensayo no pretende la simple reproducción de elementos perceptibles por los sentidos (estéticos), sino fomentar la profundización en el estudio de la manera de vivir, la visión de nuestros antepasados indígenas de sí mismos y su comportamiento en relación con el universo.

Este análisis está muy lejos de mostrar solo una miscelánea o antología de objetos, sino más bien pretende tocar áreas sensibles de la tradición original mexicana de crear objetos; aborda la semiótica, la ética, la ontogenia (o memoria cultural) y, termina planteando que la exploración del diseño en base a estas tradiciones representa valiosas oportunidades empresariales.

Semiótica.

Al establecer el hombre un “puente” que vincula el aspecto material de un objeto cualquiera con una función específica, sea práctica, estética o espiritual; le atribuye un significado, por lo tanto se crea una “relación semiótica”.

Los estudiosos coinciden al reconocer que las culturas originales mexicanas más sobresalientes (azteca, maya, olmeca, etc.), otorgaban a los objetos una enorme carga de “significación”; el más evidente es el ámbito religioso.

El universo material prehispánico estuvo fuertemente impregnado de simbolismos y significados; como ya se mencionó la mitología religiosa ocupó un sitio privilegiado, pero como es natural, la generación y evolución de los objetos elaborados en estas culturas obedeció también a la satisfacción de necesidades cotidianas.

Los materiales y las técnicas disponibles en la mesoamérica antigua lógicamente fueron muy diferentes a los desarrollados durante el mismo periodo histórico en Europa, y aunque las necesidades básicas eran prácticamente las mismas: beber, comer, dormir, asearse, etcétera, los objetos que surgieron como satisfactores de estas necesidades resultaron muy distintos en cada uno de los dos “mundos”.

De igual manera las necesidades “espirituales” también exigieron la transformación de los materiales en objetos “sagrados” o “mágicos”. En Europa la fe cristiana llevó a muchos artesanos a construir iglesias, crucifijos, reproducciones de la Biblia, incluso instrumentos de tortura. Algunos de estos objetos al inscribirse en las sociedades mesoamericanas, al principio fueron sujetos a interpretaciones ambiguas, o simplemente, jamás se comprendieron.

La conquista resultó ser una época difícil, en la que el vencedor trató de imponer a la fuerza su sistema de vida y sus creencias, pero el resultado fue una fusión cultural, que si bien suprimió el desarrollo de muchas manifestaciones, creó otras tantas derivadas del sincretismo entre ambas raíces.

Nuestra nación al paralelo con otras, sufrió un período crudo de colonización, pero en términos de la semiótica nos heredó una comprensión dual de la naturaleza y de los objetos artificiales; un ejemplo se puede observar a través del lenguaje: palabras como molcajete, petate o guaje, provienen directamente del náhuatl pero, para facilitar su pronunciación en castellano, sufrieron pequeñas variaciones, aún así el significado y la decodificación de dichos objetos y sus funciones, a inicios del siglo XXI todavía son vigentes para la mayoría de los mexicanos.

Por otra parte, nuestra herencia cultural tras la conquista nos permite comprender sin complicaciones la manera europea de pensar y de vivir, así como el significado de los objetos y la forma de utilizarlos.

A estas alturas del año 2005, la mayoría de los mexicanos somos víctimas inconscientes de una nueva conquista, más o menos semejante a la anterior; pero esta ocasión los grandes monopolios transnacionales, están despojándonos de lo que queda de nuestras tradiciones e identidad, que desde luego abarcan una vasta cultura material y semiótica.

La estrategia que siguen los imperios capitalistas, es inundar el mundo entero de productos homogéneos, porque así son más sencillas las prácticas de producción de bienes y la manipulación del consumo. A costa incluso de que los productos sean comprendidos parcialmente o de plano, no lo sean.

Ezio Manzini⁷¹ detecta esta clase de fenómenos y la denomina “contaminación semiótica”, que se desencadena cuando la capacidad de los individuos para “decodificar” la información contenida en los objetos es rebasada.

De esta manera y a causa del vertiginoso avance tecnológico, el mundo entero está cada vez más inmerso en un mar de objetos, que los consumidores adquieren pero, a menudo ni siquiera comprenden.

El primer paso es reconocer que los objetos tienen gran capacidad de comunicar, pero también son herramientas efectivas para transformar y manipular sociedades enteras. Después es necesario desvelar nuestras propias capacidades para codificar y decodificar la información contenida en los objetos.

Para el diseñador industrial conciente de esta batalla con fondo ideológico, debe resultar interesante que al interior de las culturas tradicionales, existen armas para defender su propia identidad y ¿por que no? sus propios mercados.

De autores como Negrin y Fornari⁷², podemos retomar algo de su clasificación de funciones semióticas, como la “función expresiva de los objetos” que dentro de la macro función informativa, su labor es aportar datos acerca de su emisor (en este caso el diseñador o el productor), su identidad, personalidad, situación social, ideología actitud. Si se consigue desentrañar a fondo este tipo de información de objetos tradicionales y traducirla a un lenguaje actual, es posible obtener ventajas importantes.

⁷¹ MANZINI, Ezio. (1995) “Prometeus of the Everyday”. En BUCHANAN, Richard y MARGOLIN, Victor. “Discovering Design, Exploring in Design Studies”. The University of Chicago Press. Chicago. p. 223.

⁷² NEGRIN Rostan, Chel Y FORNARI Menoni, Tulio. (1992), “Semiótica del Producto”. UAM Azcapotzalco CYAD, México, D.F.

Otra función que los mismos autores citan, gira en torno a “la propuesta del autor”, se trata de la función influenciadora de los objetos que deriva en dos subfunciones:

- De significación de la intención instructiva del emisor. En la cual claramente se pretende enseñar al receptor nuevos valores, hábitos o actitudes y reforzarlos.
- De significación de intención inductora de conductas del emisor. El comportamiento general de los individuos dentro de las sociedades es “modelable” a través de la correcta “codificación” de programas informativos en los objetos.

Estas funciones de los productos son materia cotidiana para los monopolios industriales: el conocido reproductor de música llamado “iPod”, claramente es un objeto que induce conductas en los usuarios.

Lo interesante sería que los diseñadores mexicanos empleáramos estas funciones semióticas de los objetos para instruir e inducir positivamente a los usuarios, para así contrarrestar el consumo de productos alienantes.

Donald Norman ⁷³ cita: “Los objetos bien diseñados contienen pistas”, un ejercicio interesante, a mi parecer, será analizar los objetos prehispánicos que aún sobreviven, con la intención de evaluar la calidad en su diseño y encontrar esas pistas, no solo en torno a la función, sino también acerca de cuestiones tecnológicas y sobre todo psicológicas.

El principal reto será rebasar la riqueza perceptual de esos objetos, en otras palabras, lo más sencillo es embelesarnos con las propiedades visuales y táctiles para después conformarnos con su transferencia a objetos nuevos. Un análisis más profundo traerá como consecuencia el empleo conciente de elementos formales y conceptuales originales más trascendentales.

Ética.

Cualquier investigador contemporáneo, por más esfuerzo que realice para ser objetivo, estará bajo la influencia de principios morales que han contribuido en la formación de su personalidad y sus estructuras mentales básicas. Para un mexicano indagar y hablar acerca de los valores éticos que ostentaban sus antepasados prehispánicos, será una experiencia interesante, pero también será inevitable hacer juicios de valor que afecten su percepción en torno a los hábitos, creencias, actitudes y acciones de los sujetos estudiados.

Habrán quienes se refieran a los aztecas como individuos sanguinarios que no otorgaban valor alguno a la vida humana y que, sin miramientos, sacrificaban “semejantes” en honor de sus dioses. Bajo estas condiciones no podrían tener otro calificativo menor que “malvados e incluso demoníacos”.

Una aseveración como la anterior, que no puede considerarse equivocada pero tampoco acertada, (mas bien relativa) está fuertemente influida por los valores morales que viene arrastrando la civilización occidental desde la Grecia clásica con pensamientos como: “El hombre es la medida de todas las cosas”⁷⁴, que derivaron después en el humanismo del renacimiento, y a su vez inspiraron al movimiento de la Ilustración con filósofos tan influyentes como Francis Bacon y Rousseau. Estos consideraban al “ser humano” como el centro del universo y, por lo tanto, el dueño por “derecho divino” de las decisiones sobre todo el mundo inanimado, que según las creencias de aquellos tiempos también incluye plantas y animales por su carencia de “espíritu”.

⁷³ NORMAN, Donald A. (1990), “La psicología de los objetos cotidianos”. Ed. Nerea S.A. Madrid. p.16.

⁷⁴ LESOURD, Jean B. Y SCHLIZZI, Steven G. M. (2001) “The Environment in Corporate Management”. MPG Books, Cornwall, U.K. p.50.

Es interesante revisar el enunciado de Bacon sobre el progreso:

“El progreso de toda la humanidad se conseguiría mediante el dominio del hombre sobre la naturaleza gracias a medios mecánicos”.⁷⁵

Prácticamente todo el desarrollo tecnológico se ha derivado de ideas semejantes a la anterior, pero, de igual manera se les atribuye el creciente desequilibrio ecológico y ambiental que está llevando a la humanidad a una crisis global.

Adorno y Horkheimer⁷⁶ culpan también a las ideas de la ilustración como las responsables de engañar a los individuos, bajo la promesa de “progreso”, al respecto uno de los instrumentos utilizados en la actualidad por los monopolios comerciales es hacer creer a los consumidores que son “capaces de elegir” entre la gran variedad de productos disponibles, que bajo un análisis detallado, resultan ser prácticamente iguales y cumplen su función de manipular y homogeneizar el comportamiento de los individuos.

De manera conciente o no, los individuos que hemos sido formados dentro de modelos educativos inscritos en el desarrollo capitalista, consideramos al ser humano —y más concretamente al “yo”— como la entidad más importante, y así, la mayoría de decisiones y juicios de valor son orientados al supuesto “progreso del yo”.

Para los antiguos mexicanos el hombre no se ubicaba ni remotamente como el “centro del universo”; El cosmos entonces, era compartido por seres humanos, seres mitológicos y deidades. La naturaleza, el cielo y particularmente el Sol, representaban el hogar de los dioses o los dioses mismos.

Por lo tanto, una prioridad en sus actividades fue mantener el orden cósmico para garantizar la vida de todos los seres sobre la tierra y más allá, porque todas las entidades: humanos, plantas, animales e incluso objetos tenían su razón de ser y cumplían su papel en el equilibrio universal.

Los sacrificios tuvieron siempre esta intención. Además no solamente se ofrecían vidas humanas o animales para preservar el equilibrio sino también “objetos”, solo basta recordar la ceremonia del “Fuego nuevo”, cuando los individuos se desprendían de sus pertenencias, mucho más preocupados por asegurar la estabilidad del universo para las generaciones venideras que por su propio bienestar.

Las condiciones ambientales para la vida actual, han llevado a muchos filósofos y teóricos como Ezio Manzini⁷⁷ a la búsqueda del cambio de manera de pensar en las sociedades enteras, que coincide con la idea de transferir la importancia centrada en el ser humano (Antropocentrismo) a otra entidad más trascendental que es el medio ambiente (Eco-centrismo), justamente para asegurar el orden cósmico que garantice la vida en este planeta. El mismo objetivo que siempre pretendieron los antiguos mexicanos.

Así pues, muchas de las actividades cotidianas de nuestros ancestros indígenas, estuvieron orientadas para mantener el equilibrio beneficioso para todos. La organización social, la política, la religión e incluso la elaboración de objetos, (las artesanías y algunos procesos que pueden considerarse industriales) se ejecutaban con conciencia plena de que el hombre solo era una parte del Universo.

⁷⁵ Publicado en 1624 en “New Atlantis”. Citado en SHELDRAKE, Rupert. (1990) “La presencia del pasado”. Ed. Kairós, Barcelona. p.77.

⁷⁶ HORKHEIMER, Max y ADORNO Theodor W. (1945) “Dialéctica de la Ilustración, fragmentos filosóficos”. Editorial Trotta, Madrid. pp. 165-212.

⁷⁷ MANZINI, Ezio (1995) “Artefactos, hacia una ecología del ambiente artificial”. Capítulo 5 “Ecología de lo artificial y decisiones de proyecto”. Ed. Artefatti. Madrid.

Así que la toma de decisiones, los juicios de valor, lo bueno y lo malo, dependían en gran medida de lo que resultara mejor para todos.

Alain Findeli ⁷⁸ reporta la urgencia de nuevos paradigmas para la generación de diseño y de conocimiento en general, dado que los presentes han resultado insuficientes para hacer frente a la problemática de inicios del siglo XXI, sobre todo en cuestiones de ética.

En apoyo a esta declaración propongo un vehículo interesante, que surgiría tras desenterrar los principios morales que ostentaban los antiguos mexicanos en su vida cotidiana, principalmente para la educación y la generación de objetos, seleccionar lo más adecuado y diseñar un programa prospectivo para adaptar estas formas educativas y de comportamiento a la realidad de las instituciones mexicanas. Un buen comienzo sería su implementación en las universidades que imparten la carrera de diseño industrial.

Ontogenia o memoria cultural de los mexicanos.

Desde las ciencias naturales, con la intención de estudiar al ser humano como un ente biológico, los chilenos Maturana y Varela ⁷⁹ han alcanzado importantes logros a nivel de investigación; uno de los más interesantes va relacionado con la manera con que el humano percibe y aprende de su medio ambiente en función de su historia como especie (filogenia) y de su historia como individuo socio-cultural (ontogenia).

El punto de partida de las ideas de Maturana y Varela es la teoría de la evolución de las especies de Darwin, que desde sus orígenes derribó paradigmas y lo sigue haciendo hasta nuestros días.

La Filogenia se puede explicar de manera sintética tomando como origen el primer conjunto celular que logró auto reproducirse (autopoiesis) y que puede considerarse como la primer forma de vida sobre la tierra. Se considera que a partir de estos primitivos conjuntos celulares, bajo condiciones ambientales diversas, comenzaron a surgir diferentes organismos vivos, algunos derivaron en bacterias y hongos, otros en vegetales, otros más en animales que, sometidos a la selección natural, fueron evolucionando en formas cada vez más complejas alcanzando su punto más importante con la especie humana.

En base a lo citado, cada ser humano lleva en su interior, dentro de su código genético, información generada hace mucho tiempo incluso antes de que se concibiera como primate o siquiera mamífero; esto puede confirmarse con la presencia de una estructura cerebral totalmente normal llamada cerebro reptil que, según los estudiosos, regula la parte del comportamiento humano cuando este requiere el instinto (supervivencia, reproducción, etc.). Esta clase de memoria que rebasa los límites incluso de la propia especie como tal, es producto de la "filogenia".

La filogenia pues, es en gran medida responsable, por ejemplo, de que los humanos tengamos "vista estereoscópica" a través de dos ojos ubicados al frente de la cabeza y que podamos percibir la luz siempre y cuando su frecuencia no rebase los umbrales hacia los rayos infrarrojos o los ultravioletas. El hecho de que algunos humanos puedan percibir "diferentes frecuencias" que la mayoría de los demás, es un hecho explicable bajo los anteriores términos: su filogenia es un tanto distinta.

⁷⁸ FINDELI, Alain (verano de 1994). En "Design Issues", Vol. 10, No. 2. MIT Press, Mass. pp. 49-68.

⁷⁹ MATURANA, Humberto y VARELA, Francisco. (1984), "El árbol del conocimiento". Ed. Lumen, Buenos Aires. 172 pp.

Ahora bien, la filogenia de la especie humana ha conseguido que la mayoría de los seres humanos, aún de diferentes razas, nazcamos con un “equipamiento” en general muy similar, lo que trae como consecuencia que todo humano que se desarrolle bajo un ambiente “normal” podrá percibir el mundo y aprender en él, de la misma manera que todos los demás; pero ¿En que grado percibimos “igual” los mexicanos y los mongoles, ó los esquimales y los zulúes?, la respuesta está en la ontogenia.

Es una realidad, que un mismo hecho acontecido en el mismo lugar y al mismo tiempo, es percibido de diferente manera por individuos que fueron “educados” o “formados” en diferentes culturas, debido a que cada uno de ellos convierte en “significativos” diferentes elementos del fenómeno. Quizás el sabor “amargo” de un limón en una ensalada resulta insoportable para un japonés, mientras que la misma ensalada no puede ser ingerida por un hindú pues el aderezo contiene pedacitos de carne.

Fenómenos como el anterior pueden incluso reportar diferencias perceptivas entre personas que crecieron en distintas zonas de la misma ciudad. Entre más similar es el campo de desarrollo de dos individuos, su percepción en general será más semejante. Las palabras clave son “ontogenia” y “cultura”.

La ontogenia es en otras palabras la “memoria cultural” de los individuos, y es fácil de comprender partiendo de la idea de que los seres humanos necesitamos desarrollarnos en grupo y, es precisamente el grupo donde cada individuo crece y se desarrolla, el que se encarga de transmitirnos una serie interminable de valores, hábitos, aspiraciones, gustos, etc. (con la idea de hacerlos permanentes), estos grupos humanos son las culturas.

Así pues, la ontogenia podría calificarse como la “memoria individual” y comprende todo lo que hemos aprendido desde el nacimiento, y más allá, hay quienes sostienen que desde la etapa de gestación.

De manera lógica este cúmulo de información aprendida por el individuo influirá de manera importante en la manera de entender el mundo y de vivir en él, si se trata de un diseñador industrial es un hecho que el producto de su trabajo (métodos, formas, texturas, objetos, sistemas, etc.), estará fuertemente influenciado por su memoria cultural u ontogenia.

La cultura, o mejor dicho, la serie de culturas que se manifiestan hoy en día dentro del territorio mexicano, contienen en su interior gracias a la tradición una tremenda carga de valores, simbolismos y objetos materiales que los diferencian de las demás, muchas de ellas mantienen aún el legado casi intacto de culturas prehispánicas; otras han variado su desarrollo por el sincretismo provocado por la conquista, algunas más se han enriquecido por la llegada de inmigrantes en tiempos más recientes.

Toda esa riquísima información se encuentra al interior de los individuos. La mayoría nos encontramos confundidos dentro de la sociedad de consumo y a menudo nos dejamos llevar por el discurso “globalizante”, difundido por los medios masivos de comunicación, el cual muestra como preferible el “progreso” representado por la posesión de objetos vacíos de carácter cultural y que a menudo solo son satisfactores de necesidades creadas y superficiales.

Creo honestamente que el rescate de esta clase de información (simbólica, formal, material, espiritual, etc.) todavía contenida al interior de los mexicanos, es una fuente importante para fortalecer o construir la llamada “identidad cultural del diseño mexicano”, sin la intención declarada de ganar competitividad en los mercados globales, sino más bien, de hacer perdurable nuestro “carácter cultural”, y sobrevivir como grupos distintos dentro de la aldea global donde paulatinamente se está diluyendo esa diversidad.

Oportunidades empresariales.

La teoría de los sistemas emergentes⁸⁰, enuncia que la interacción entre los elementos básicos, por muy elemental o primitiva que sea su conducta, incidirá en la evolución de estos comportamientos haciéndolos más complejos, lo que garantiza la emergencia del sistema completo.

Esta hipótesis ha sido probada empíricamente en organizaciones sociales de insectos (hormigas y termitas), así como en algunas sociedades humanas.

En un sistema económico la emergencia puede ser traducida como desarrollo, y se basa en las unidades más pequeñas. Este es el fundamento por el que he decidido dirigir una parte de mi investigación a las áreas productivas conocidas como pequeñas empresas de la Ciudad de México. Creo que el crecimiento económico de nuestro país no depende de las grandes empresas mexicanas, mucho menos de las transnacionales. Sostengo que las pequeñas y medianas empresas (que conforman más del 80% de la planta productiva nacional), merecen un tratamiento muy especial para asegurar el desarrollo y emergencia de todo el sistema.

Conceptos como innovación y organización empresarial en los pequeños “changarros”, son de capital importancia en sociedades como la nuestra y así ha sido desde antes de la colonia. En aquellos tiempos civilizaciones como la azteca o la maya, ya contemplaban la organización sistemática de los “gremios” productores, para asegurar el abastecimiento local y el excedente para el comercio.

La figura del taller familiar ya existía en las culturas prehispanicas, pero en aquellos tiempos los objetivos de la producción distaban mucho del modelo capitalista; por lo que se sabe, los medios de producción eran fundamentalmente artesanales, pues a través de estos procedimientos se tenía la capacidad de satisfacer la demanda sin afectar demasiado los ciclos naturales y la ya citada estabilidad del universo. La artesanía y la pequeña producción merecen ser revalorados en todos los sentidos.

Según datos del INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática)⁸¹ las empresas dedicadas a la producción de artículos de hule natural o sintético, se encuentran agrupadas para su estudio junto con las industrias llanteras y aquellos negocios dedicados a la renovación de llantas. Las vulcanizadoras están excluidas.

El INEGI reportó que el censo económico de 1999 registró 1459 empresas dedicadas a la fabricación de artículos de hule natural o sintético, 807 negocios por arriba de la cifra recopilada por el censo de 1994. Los datos actualizados al 2005 aún no son publicados, pero suponiendo que el crecimiento del ramo se mantenga en la misma tendencia es posible calcular que actualmente operan arriba de 2000 negocios dedicados a estas actividades.

En el mismo reporte se considera que 27.8% de todos los negocios dedicados a transformar hule (excluyendo llanteros y renovadores) a nivel nacional están asentados en el área metropolitana de la Ciudad de México.

Se calcula, por otra parte, que la participación de la industria hulera aporta aproximadamente 3.2% del Producto Interno Bruto a nivel nacional y que ocupa a casi 50,000 empleados.

Si del total de empresas del ramo hulero 90% son pequeñas empresas, estamos hablando de un sector muy importante de la industria mexicana y además, los censos demuestran que es un área en crecimiento.

⁸⁰ JOHNSON, Steven. (2001) “Sistemas emergentes”. Turner Ediciones, Madrid. 258 pp.

⁸¹ INEGI (2000), “Perfil económico de la industria de productos de hule”. Editado por el INEGI. Aguascalientes, México. 51 pp.

Personalmente pienso que con el apoyo de profesionales del diseño este sector podría ser más efectivo. Lo anterior sin considerar la enorme contribución al equilibrio ecológico si se le inserta la cultura del reciclaje.

Toma cada vez más importancia convertir la innovación en un requerimiento casi obligado para las empresas a todas escalas y en todas las áreas, así los beneficios económicos podrían distribuirse mejor.

Un detalle importante es que en México, la mayoría del personal responsable de la generación de conocimiento científico, tecnológico y filosófico, es incapaz de mirar hacia las raíces comunes que, —insisto—, son una rica fuente de innovación. A partir de lo anterior es muy difícil esperar que el micro-empresario, cada vez más desarraigado, pueda reconocer por sí mismo que el pasado es fuente de innovación.

Estas son muy buenas razones para que los diseñadores no despreciemos las expresiones artesanales y la producción de pequeños volúmenes, porque son vehículos para impulsar nuestros talleres y pequeñas empresas.

5.2 Galería de aplicaciones.

A partir de aquí presento algunos objetos de diseño original para apoyar la hipótesis original de esta tesis: “el hule de llanta reciclado es un material altamente aprovechable para el diseño de productos”.

Al final he conseguido elaborar buena cantidad de objetos basados todos ellos en algún aspecto de la tradición prehispánica de hacer objetos y, que a primera vista son productos de la artesanía siendo esa la intención. Pero todos y cada uno de esos objetos bajo una revisión y un tratamiento especial son susceptibles a ser fabricados mediante procesos en serie.

Lámpara “Hulama”.

Este prototipo se basa principalmente en el proceso empleado por los antiguos olmecas y demás culturas mesoamericanas para la fabricación de las pelotas de hule que se utilizaban en el tradicional y sagrado juego.

El proceso básico consistía en obtener láminas delgadas de látex, formar un núcleo compacto y comenzar a envolverlo con las láminas, procurando mantener la forma esférica, al alcanzar el diámetro deseado se continuaba rodando la esfera en una piedra lisa, para así eliminar cualquier deformación y conseguir la forma más cercana a una esfera.

Posteriormente cada pelota era sumergida a una solución de agua hirviente, que según algunos estudiosos contenía ya algunos agentes para la vulcanización en base a azufre.

Para elaborar este prototipo utilicé el mismo material bajo la mejor formulación tras las pruebas, pero esta ocasión pedí al operador del molino de rodillos que elaborara una lámina de aproximadamente 3mm de espesor.

Ya con la lámina fría sobre la mesa de trabajo, procedí con una cuchilla a eliminar los bordes irregulares de la lámina y a cortar una buena cantidad de tiras de más o menos 20 milímetros de ancho por la longitud que permitiera cada lámina.

Decidí utilizar madera de pino de sección circular de 38mm de diámetro para conformar la estructura de tres postes dispuestos como un trípode para fotografía.

Para facilitar el ensamble fijé los tres postes a una base de madera mediante clavos. Entonces comencé a envolver la unión de los tres postes tratando de mantener la forma de esfera, cuando determiné que el diámetro alcanzado era suficiente suspendí la operación.

Para conformar los regatones de los postes corté otros tramos de madera de la misma sección y comencé a envolver los extremos con tiras de hule hasta que consideré necesario.

La pantalla fue fabricada con las mismas tiras, pero esta vez el procedimiento fue entretelar una pequeña malla tomando como matriz la misma estructura de tres postes donde fue elaborada la primera pelota.

Una vez conformadas las partes de hule, se procedió a envolverlas con tiras de manta, esto es con la intención de durante la vulcanización ninguna pieza sufra deformación pues con el vapor directo al interior del autoclave el material se reblandece.

Tras la vulcanización en autoclave, cuando las piezas se enfriaron se ensamblaron junto con un herraje y las partes eléctricas.

El aspecto final es muy agradable, se aprecia una pieza artesanal única con carácter definitivamente prehispánico.



Fig. 5.1 Elaboración de la lámpara "Hulama". (Fotografía del autor).



Fig. 5.2 Aspecto final de la lámpara "Hulama". (Fotografía del autor).

Cuando se fabrican en serie objetos de hule cuyo molde incluye injertos o corazones, incluso para recubrir rodillos, es común realizar la operación de “envolver” de manera semejante a la arriba descrita, la parte removible del molde, por eso puede decirse que no es una acción desconocida en el gremio hulero, lo que si es novedoso es que las tiras envueltas permanezcan aparentes al no recibir otro tratamiento de acabado (rectificado, prensado en molde, etc.) esto abre un abanico extenso de posibilidades y aplicaciones.

Portarretratos Yóllotl.

El vocablo yóllotl proviene del náhuatl “corazón”, y es propuesto como nombre e inspiración por el carácter intrínsecamente sensible de la utilización de este tipo de objetos, puesto que lo más común es colocar retratos de la gente querida para que permanezcan a la vista.

La frase “*In itli, in yóllotl*” “la cara, el corazón” simbolizan el concepto educativo de los aztecas, el ideal supremo de la educación, la fisonomía moral e intelectual del hombre: la cara y el corazón son los órganos a los que atribuían el dinamismo de la voluntad y los atributos supremos de la vida, el desarrollo del sentido de la obligación y la responsabilidad (dar firmeza a la voluntad).

Este diseño se ha basado en aprovechar la cualidad del hule para recuperar su forma original. Se trata de una sencilla disposición de dos láminas y dos “ligas”, todas ellas fabricadas con hule de llanta reciclado.

Para obtener las láminas se elaboró un marco de 40X40cm construido con solera de cold rolled de 4.5mm de espesor, la dimensión obedece a la necesidad de aprovechar las dimensiones de la prensa hidráulica.

Como se ha explicado en reportes anteriores para “prensar”, únicamente se carga con hule ligeramente excedido el marco que servirá de molde y se procede a prensar durante unos 7 minutos.

Cuando se enfrían las láminas, se cortan a las dimensiones deseadas.

Para fabricar las ligas se cortan tiras de 12mm de ancho de una lámina de 3mm de espesor, se calcula el largo adecuado y se aprovecha la adhesividad del material para cerrar en forma de anillo. Si es posible se envuelven en un tubo metálico, se recubren con tela de manta y se vulcanizan en autoclave por 30 minutos.

Así se elaboraron esta ocasión, aunque para fabricación en serie es mucho más simple y barato elaborar un molde sencillo para prensar.



Figura 5.3 Portarretratos “Yóllotl”. (Fotografía del autor).

El ensamble definitivo es de lo más sencillo, se sujetan las láminas al interior de las ligas y se colocan en la posición y con la forma deseada; la textura y la consistencia del material evitan que la estructura sufra movimientos.

Ya lograda la estructura se sujetan las fotografías, una en cada cara, mediante las mismas ligas.

El aspecto final denota la hechura a mano. La conformación permite utilizar la parte superior del objeto como portalápices o contenedor de accesorios (ej. teléfono celular). Además, dado que no existen uniones permanentes es posible encontrar nuevas combinaciones de forma y posición de los componentes.

Porta-discos compactos “Mecapal”.

La idea original surge del objeto prehispánico llamado “*mecapal*”, útil para transportar alimentos, semillas, etc. trasladando la carga hasta la frente del usuario por medio de una banda. El proyecto pasó por diversas configuraciones y al final es un objeto muy sencillo que explota las características del hule.

Tras el análisis de la necesidad de contener determinada cantidad de discos compactos dentro de su estuche, se encontró que el problema principal es mantener una disposición ideal para que el usuario retire uno o más discos y el espacio que ocupaban quede disponible para devolverlos.

En otros porta-discos que tienden a minimizar el uso de materiales los discos que no son seleccionados se desordenan y la función principal queda insatisfecha.

El único requerimiento para que este objeto funcione es que permanezcan en su posición original por lo menos dos de los veinte discos que es posible almacenar, esto es porque el par de bandas de hule permanecen en tensión constante.

El objeto es sencillo, consiste de un segmento de manguera de hule de llanta reciclado que en su interior aloja una barra de latón de 3mm que le aporta rigidez, dos bandas también de hule reciclado, una lámina de 6mm del mismo material y un recorte de contrachapado de madera de 3mm de espesor.

En resumen el proceso de extrusión para obtener la manguera, es mediante la introducción de material sin vulcanizar a una máquina extrusora que a través de un husillo impulsa el hule para hacerlo salir a presión por una boquilla o dado de la forma deseada. Como la manguera es una forma continua debe ser enrollada en una bobina para después recubrirla con tela de manta e introducirla al autoclave para su vulcanización.

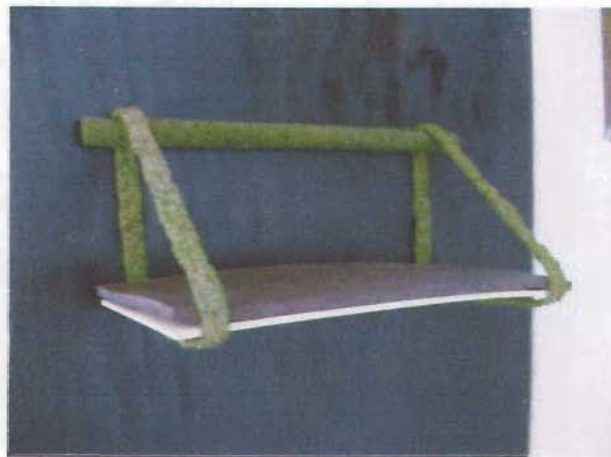


Figura 5.4 Imagen que muestra el ensamble del porta-discos “Mecapal” (Fotografía del autor).



Fig. 5.5 Porta-discos “Mecapal”. (Fotografía del autor).

Las bandas no son otra cosa que anillos formados al recortar tiras de una lámina de hule de 3mm de espesor y cerrados empleando presión (con pinzas) y la adherencia natural del hule sin vulcanizar.

Como arriba ya se explicó la lámina se obtuvo tras prensar hule dentro de un marco de 6mm que hace las veces de molde, después se recortó de la forma y las dimensiones deseadas.

El contrachapado se recorta con ayuda de una sierra caladora.

El ensamble es muy simple, no existen uniones permanentes pues las bandas en tensión son los elementos que mantienen unida toda la estructura. La lámina de hule se coloca sobre el contrachapado ambos tienen las mismas dimensiones, se rodean por los extremos con las bandas, después se introduce la manguera con el latón en su interior y se colocan dos discos en los extremos.

La elasticidad de la manguera y de la lámina que funciona como piso para los discos junto con la tensión de las bandas evita que los estuches se muevan aunque no tengan soporte a los lados. Después de terminar este prototipo, dado su desempeño, lo he empotrado en mi habitación, solo bastó barrenar el latón e introducir pequeños tornillos para fijarlo al costado de madera de un mueble.

Una de las consideraciones más importantes en casi la totalidad de estos proyectos es la inexistencia de uniones permanentes entre materiales diferentes, esta disposición permitirá en el futuro, cuando algún componente se dañe, pueda ser fácilmente repuesto, o bien, cuando termine la vida útil del producto entero pueda ser desarmado y reciclado sin mayor complicación.

Porta-herramientas Tlapalli.

El vocablo “tlapalli” proviene del náhuatl y equivale a la voz castellana de “pintura”, y es precisamente la sustancia pigmentada que los antiguos mexicanos aplicaban como recubrimiento final a las paredes de sus habitaciones.

La raíz de este vocablo sobrevive todavía en nuestros días, castellanizada y transformada en la palabra “Tlapalería” y se trata en realidad del establecimiento donde se venden al menudeo pinturas, solventes y una gran cantidad de accesorios y herramientas útiles para la construcción y mantenimiento de los espacios de trabajo y vivienda de los mexicanos.

Prácticamente todo hogar requiere de una dotación mínima de herramientas para solventar cualquier reparación o instalación pequeña, es decir, siempre será bueno contar con un juego de destornilladores, pinzas de electricista, pinzas mecánicas, un martillo, llaves españolas y estriadas, por mencionar algunas; y es una excelente costumbre que cada herramienta tenga un sitio determinado para poder localizarla en poco tiempo cuando sea necesario.

Cuanto más herramientas se posean se requerirá más tiempo en encontrar la deseada, a menos que todas permanezcan en su sitio y en perfecto orden. Son los talleres mecánicos, las carpinterías y sobre todo las tlalpaleras cuyos trabajadores se conducen con las mejores costumbres y ponen el ejemplo, pues siempre que terminan su labor o dejan de utilizar una herramienta o accesorio lo devuelven a su lugar.

Este objeto es un organizador de pared, concepto que no es nuevo, pues facilita una disposición práctica de los objetos ordenados sin ocupar mucho espacio. Además emplea las paredes como elemento estructural.

En pocas palabras se puede describir este portaherramientas como un plano formado por un tejido ortogonal de tiras de hule de llanta reciclado, donde el propio tejido deja huecos de diferentes dimensiones ideales para colocar distintas herramientas.

Para la fabricación se requiere una lámina de hule de llanta reciclado de 3mm de espesor, pero si se desea enriquecer el carácter visual del objeto será deseable maquilar dos láminas del mismo espesor pero de colores contrastantes, en esta ocasión son el verde y el café. También es necesario un segmento de bastón de madera de sección circular de 19mm de diámetro y 50cm de largo, o bien un tubo de aluminio de las mismas dimensiones.

La primera operación fue recortar tiras de la misma lámina (verde) con diferentes anchos: 18, 20, 22, 24, 28, 30 y 35mm, por un largo de 70cm. En total son 14, dos de cada ancho.



Figura 5.6 Procedimiento de entretejido del porta-herramientas "Tlalalli". (Foto del autor).

De la segunda lámina (café) se recortan 20 tiras de 24mm por 50cm de largo.

Sobre la mesa de trabajo se ordenan las catorce tiras comenzando con las más anchas por el centro y en orden decreciente hacia los extremos.

Después se comienza a entretejer transversalmente una tira café y luego otra más, aprovechando la adhesividad natural del hule sin vulcanizar.

La tercera tira es la primera que conformará los huecos pues las partes de esta que pasan por la cara superior se dejan holgadas, la cuarta tira se manipula de manera semejante.

La quinta y la sexta tiras se deben apretar para mantener estable la forma del producto, después se repite la operación con las demás tiras para mantener una alternancia rítmica.

Cuando se han entretejido todas las tiras, se toman los extremos y se doblan sobre el tubo, para adherirse consigo mismas por la otra cara. Para terminar se recortan todos los bordes sobrantes.

La vulcanización se lleva a cabo en autoclave. Para este tipo de tejidos planos, he puesto en práctica el sistema de vulcanización a sol directo, los resultados serán reportados en el documento tentativo de tesis.

El aspecto definitivo del porta-herramientas es muy semejante a un tapiz artesanal. El producto tiene la ventaja de ser totalmente lavable, cualidad muy deseable pues las herramientas se ensucian fácilmente con grasa y el manejo de estas se hace comúnmente con las manos sucias.

Una configuración semejante puede emplearse para fabricar módulos con la función de contener zapatos u otros objetos bajo el mismo formato.



Figura 5.7 El porta-herramientas "Tapalli" en uso. (Fotografía del autor).

Maceta de pared "Jonote".

Este producto nace del esfuerzo por conformar un objeto de hule que combine la riqueza de un tejido con la transformación de un plano en una superficie curva.

El experimento se llevó un tiempo considerable, pero el resultado es un objeto sencillo pero bello. Su nombre se debe al parecido de esta estructura con los contenedores elaborados con una fibra llamada Jonote por los artesanos de las etnias que habitan la sierra de Puebla.

El proceso de fabricación está basado en la capacidad del hule para tomar la forma de una matriz o preforma. El material de esta matriz debe soportar los 150°C del interior del autoclave, se puede utilizar cerámica, madera o metales, aunque para esta experiencia elaboré una preforma con plastilina epóxica y los resultados fueron favorables.

Después de la experimentación previa, determiné la forma definitiva del producto y procedí a elaborar la matriz con forma de media pera. Posteriormente recorté un rectángulo de 20x15cm de una lámina de hule de llanta reciclado de 3mm de espesor.

Luego recorté tiras de 20mm del mismo material.

Sobre la mesa de trabajo coloqué el rectángulo y sobre él la matriz de plastilina epóxica ya endurecida. Después sobre el rectángulo y la matriz comencé a entretejer las tiras de manera que generaran una transición desde el plano hacia la "protuberancia" que provocara la forma de media pera.



Fig. 5.8 Procedimiento de ensamble antes del vulcanizado. (Fotografía del autor).

Ya terminada la operación se recortaron los sobrantes y se aplicó presión sobre el tejido para mejorar la adhesión entre las tiras componentes. Luego se introdujo el conjunto (hule y matriz) al autoclave para efectuar la vulcanización. En esta ocasión experimenté sin recubrir la pieza con tela de manta, la única consecuencia es una ligera decoloración. Todo lo demás se mantuvo normal.

Esta combinación de hule de llanta reciclado con “preformas” abre un amplio horizonte de posibilidades, pues se pueden fabricar piezas prácticamente en serie sin perder el carácter único y valioso de las artesanías.



Fig. 5.9 Maceta de pared “Jonote” en uso. (Fotografía del autor).

Bolsa de mano “Marchantita”.

Una experiencia tan cotidiana dentro de los mercados de la Ciudad de México, que a veces pasa desapercibida es que los comerciantes lo llamen a uno “marchante” o “marchantita” para ofrecer su mercancía. Esta folklórica manera de dirigirse a los clientes inspiró el nombre de la presente bolsa de mano.

Este proyecto demuestra que la investigación de mercados y tendencias es una fuente interesante para la configuración de nuevos productos.

A últimos tiempos es notable que las mujeres europeas que se pasean por tierras mexicanas adquieren como reliquias (y a un precio bajísimo de aprox. \$15.00 pesos) esas clásicas bolsas “para el mandado” fabricadas con malla de plástico para el cuerpo y con tubitos de plástico remachados para las asas.

Por esa razón me dispuse a hacer una bolsa de mano, combinando el proceso de tejido ortogonal con manguera extruida, ambos de hule de llanta reciclado.

Para que el mango adquiriera rigidez y mantuviera la forma, fue necesario introducirle segmentos de barra redonda de latón con 3mm de diámetro.

Ya con camino recorrido en el tejido de tiras de hule, dediqué un rato a recortar tiras de 3cm de ancho, 3mm de espesor y el largo máximo que permitió la lámina original, tanto color verde como café.

Tomando una caja de cartón de 30X15X50cm como soporte para entretejer las tiras sin perder la forma y la referencia me llevé cerca de una hora en terminar la operación.

El último paso es envolver parte de las asas con las mismas tiras y presionar la unión hacia la parte interior de la bolsa. También en este producto estoy ensayando la vulcanización a Sol directo, aunque el éxito de esto supondría quizás añadir mayores cantidades de aceleradores de la vulcanización, lo que a su vez implicaría en la nula posibilidad de almacenar material por tiempo prolongado pues podría vulcanizarse antes de conformar los productos.

El diseño de bolsas, contenedores y estuches protectores es un campo de aplicación amplio, pues podrían explotarse las cualidades de impermeabilidad y amortiguamiento a los impactos que posee el hule. Además la interminable posibilidad de añadir colores y combinaciones enriquece las opciones visuales.



Figura 5.10 Bolsa de mano “Marchantita” terminada. (Fotografía del autor).

Maceta colgante “Guaje”.

Son conocidos los frutos secos llamados “guajes”, cuyo nombre proviene de la voz náhuatl “Oaxe” que también dio origen al nombre de Oaxaca, región donde aún en nuestros días todavía se emplean los tradicionales guajes para transportar líquidos.

Su forma alargada comúnmente es semejante a la de una pera y no es difícil mirarlos pender de los árboles. La forma y el carácter “colgante” de estos frutos, contribuyeron al concepto y al nombre de esta maceta.

De nueva cuenta se explota la manera de dar forma al hule mediante el recubrimiento de un modelo. En esta ocasión se utilizó una forma de pera torneada en madera.

La preparación consistió en cortar varias tiras de 20mm de una lámina de hule de llanta reciclado de 3mm de espesor con el mayor largo posible.

Con el objetivo de crear cierta estructura que ayudara a conformar el cuerpo uní dos tiras que se cruzan en la parte que corresponde al fondo de la maceta, una de las dos tiras solo rebasa por unos centímetros la línea que limita el borde superior, mientras la otra tira es mucho más larga y formará el tensor de donde penderá el cuerpo, por esa razón se cierra mediante presión y con la ayuda de la adherencia del material.

Comenzando desde el fondo se va envolviendo la matriz en forma de espiral ascendente, cuando se llega al límite marcado para el borde superior, se procede a cortar la tira.



Figura 5.11 Enrollado de hule en el modelo de madera. (Fotografía del autor).

Después se recortan los bordes que sobresalen, se recubre el conjunto completo con tela de manta y se vulcaniza dentro del autoclave.

El producto final recuerda las formaciones naturales, pues a pesar de poseer una forma de revolución, se aprecian las irregularidades propias de lo orgánico que se acentúa con la textura rugosa del hule reciclado.



Fig. 5.12 La maceta colgante “Guaje” en función. (Fotografía del autor).

Marranito multiusos “Colimote”.

Experimentando con láminas de un espesor de 4.5mm de hule previamente vulcanizado en prensa con la ayuda de un molde de solera de cold rolled en forma de marco, encontré que no es complicado recortar figuras con una cuchilla adecuada.

Un detalle interesante es la posibilidad de alterar superficies planas por medio de calados regulares sin arrancar las partes perfiladas y después aprovechar la cualidad del hule para tolerar deformaciones y torceduras sin sufrir daño. De esa forma visualicé la posible aplicación de este material y esta técnica en la elaboración de pavimentos con textura para delimitar espacios abiertos con detalles especiales diseñados para este fin.

También pudiera explotarse una técnica similar a la anterior para fijar instalaciones eléctricas o hidráulicas dentro de tuberías parcialmente aparentes, tanto en pisos, paredes y hasta techos; Lo anterior se logra generando elementos que funcionen a manera de clips.



Fig. 5.13 Experimentando con recortes. (Foto del autor).

Continuando con estas técnicas conseguí concebir una figura zoomorfa basada en los famosos “perritos” de cerámica hallados en el estado de Colima que fueron empleados como contenedores de agua, incensarios, como juguetes o simplemente como figuras de ornato.

Aunque ciertamente mi abstracción animal se asemeja más a un cerdo que a un perro, el sentido permanece; la diferencia es que este objeto resulta útil para soportar discos compactos, papeles, lápices, etc.

En este caso para tratar de mantener la exclusiva utilización de hule, decidí deformar la hoja de hule ya recortada empleando ligas, aunque puede acentuarse aún más la inspiración prehispánica atando mecates o cualquier lazo de fibra natural.

El aspecto final es divertido y, por otro lado, la exposición superficial de las partículas de hule de llanta en contraste con el color uniforme de el hule aglutinante recuerdan un tanto la textura irregular de una arcilla o la piedra.

Es importante recordar que no existe desperdicio pues todos los residuos derivados del recorte pueden ser nuevamente triturados para conformar una nueva lámina u otro producto.



Figura 5.14 El marranito multiusos “Colimote”. (Fotografía del autor).

Es posible imaginar que mediante un cambio de escala y otras tantas adaptaciones, se pueden construir figuras como esta para ser instaladas en parques infantiles. Así se explota la cualidad de este material para amortiguar los impactos y evitar el daño a los pequeños durante el juego.

Cesto "Caracol"

Como primera aproximación a las técnicas tradicionales de cestería, pero esta ocasión tejiendo un perfil de hule reciclado extruido, el producto obtenido se reveló una de las aplicaciones originales con mayor potencial.

El material "básico" es una manguera obtenida por extrusión durante la fase experimental de esta investigación, el diámetro de la sección es de 2cm y el diámetro del hueco es de 4mm. Bastaron poco más de 10m de dicha manguera.

Solo para esta ocasión utilicé rafia sintética para tejer. Resultaría más adecuado utilizar un lazo de fibra natural, o bien, otro tipo de cuerda sintética más resistente en caso de que el cesto vaya a ser expuesto a la intemperie.

La técnica es muy sencilla: comencé atando 6 fragmentos de rafia muy cerca de un cabo; después, tomando como centro este cabo, se empieza a enrollar la manguera sobre sí misma con la única condición de ejecutar un nudo cada vez que el rollo corresponda a una de las 6 posiciones de la rafia; de esta manera se va amarrando una estructura plana con un dibujo de forma radial.



Fig. 5.15 Tejido del cesto "Caracol". (Foto del autor).

Para cambiar la orientación del tejido y comenzar a formar el contorno del cesto basta montar la primera vuelta del contorno sobre la última de la base y apretar los nudos correspondientes; a partir de aquí el enrollado se hace en sentido vertical.

Con la intención de evocar formas ancestrales, comencé a generar una forma cónica unas vueltas antes de rematar el tejido. Este remate se asegura con varios nudos al final de cada rafia para evitar que se deshaga el trabajo.



Fig. 5.16 Cesto "Caracol" terminado. (Foto del autor).

Con el objetivo de poner a prueba este prototipo, lo he colocado como "basurero" justo al lado de mi área de trabajo. Ahí ha permanecido funcionando sin ningún problema, es fácil de limpiar, soporta líquidos aunque no puede contenerlos por el tejido abierto y, contrario a lo que imaginé su estructura y su forma permanecen sin alteración.

Este prototipo sugiere que objetos de similar manufactura pueden ser utilizados en casas habitación, oficinas, e incluso en espacios públicos vigilados como son las estaciones del metro.

Por otra parte es posible mejorar la construcción de estos cestos modificando la sección del perfil extruido en su forma y dimensiones. Habrá que recordar que el prototipo se hizo con simple manguera.

Otra posible modificación resultaría de enrollar el perfil aún sin vulcanizar sobre una matriz y así aprovechar la adherencia natural del material. De esa forma será posible formar cestos sin necesidad de tejer con otro material.

Si además se desea que el cesto pueda contener un poco de líquidos (basura orgánica) existe la posibilidad de adaptar un fondo vulcanizado en prensa que obviamente resulta impermeable.

Bloque "Adobe".

El siguiente prototipo fue el más complejo y, lógicamente requirió mucho más tiempo y recursos que los anteriores. La principal referencia prehispánica fue la técnica constructiva con bloques de adobe.

El objetivo básico de este proyecto fue la fabricación real de un producto elaborado exclusivamente con el material resultado de las anteriores prácticas, el cual es una mezcla de hule de llanta reciclado en una proporción de 150-200 partes por cada 100 de hule virgen y además experimentar con el moldeo en prensa. Otro objetivo fue analizar la resistencia del material bajo circunstancias normales de uso: intemperie, humedad, interacción con usuarios, etc.

En referencia al diseño, he proyectado un módulo básico modificable y otro complementario, cuya esencia es la posibilidad de ensamblar entre sí una cantidad ilimitada de módulos, a semejanza de los conocidos "bloques de Lego" y, de esa manera configurar combinaciones y formas únicamente limitadas por la cantidad de módulos disponibles y por la imaginación del "constructor".

Es importante resaltar que esta aplicación se ha desarrollado con la intención de utilizar la mayor cantidad posible de material reciclado, para así acelerar el proceso de "descontaminación", de ahí proviene la propuesta de fabricar módulos para crear con ellos estructuras de longitud indefinida. Cada módulo posee dimensiones semejantes a un "Bloque de adobe" (36X18x8cm).

Dado que no existe un límite a las formas que se pueden lograr con estos módulos, de la misma manera pueden encontrarse tantas funciones como necesidades puedan satisfacerse con "cuerpos" de tales características, donde resaltan las cualidades de elasticidad y resistencia a la intemperie.

Las funciones básicas que sugiero son la construcción de bancas para parques, protecciones para árboles y postes ubicados en lugares con riesgo de ser impactados por vehículos automotores y, por último, protecciones para estacionamientos.

El proceso de manufactura que corresponde a una pieza de estas características y de este material es el moldeo por compresión que, como ya se mencionó, se trata del proceso para hule más practicado en la Ciudad de México y en el país entero, por lo cual este proyecto toma especial relevancia.

El equipo disponible para la fabricación de los módulos es una prensa hidráulica con dos platinas de 40X40cm, calentadas mediante vapor generado en una caldera.

Por tratarse de un estudio experimental y no de fabricación en serie donde un molde de estas dimensiones cuesta arriba de los \$10,000 pesos mexicanos, decidí elaborar moldes de bajo costo (menos de \$1,000 pesos) que me posibilitaran hacer modificaciones y elementos intercambiables, para esto utilicé partes sujetables con tornillos y secciones de tubo maquinado.



Fig. 5.17 El bloque "Adobe". (Fotos del autor).

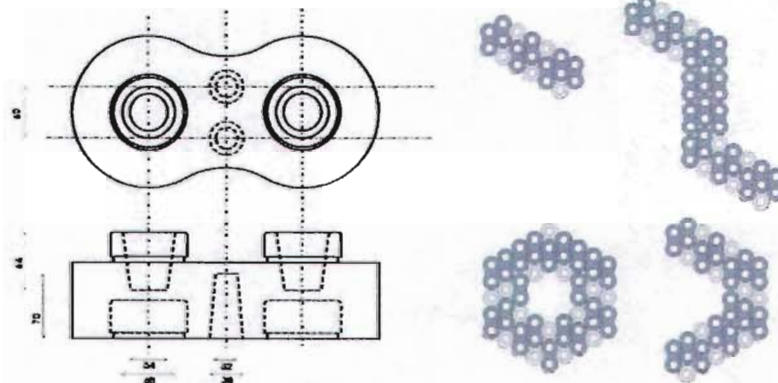


Figura 5.18 Vistas generales y algunas configuraciones posibles con módulos "Adobe"

Como se mencionó mediante el ensamble de estos módulos es posible obtener combinaciones ilimitadas para muchas aplicaciones. En la figura 5.18 se muestran cuatro alternativas para armar bancas para parques.

Otra opción que aún solo he explorado superficialmente es el ensamble para apilar los módulos de costado.

Después de varias experiencias interesantes y cambios en el molde original, fabriqué ocho módulos básicos y dos modificados que resultaron suficientes para mis objetivos, pues con ellos practiqué varias combinaciones. Una de las más prácticas fue la siguiente.

Se trata de una banca individual que desde que fue armada forma parte del mobiliario de mi casa. Sus características se resumen en:

- Comodidad para sentarse sobre ella o para descansar los pies.
- Estabilidad
- Solidez visual y física.
- Apariencia semejante a la piedra.
- Aspecto muy agradable.
- No tiene olor desagradable. (por el enmascarado con olor a coco).
- Buenas propiedades de resistencia en general.



Figura 5.18 Aspecto de la banca individual ensamblada con ocho módulos básicos “Adobe” y dos modificados.

5.3 Diseños a nivel conceptual.

Es sencillo imaginar que durante el proceso para diseñar y fabricar los prototipos arriba expuestos, varias ideas interesantes se quedaron en el nivel conceptual; entre las razones se encuentran las limitantes del equipo disponible para pruebas, los costos a generarse y el tiempo necesario para su construcción.

A continuación se describen brevemente los tres conceptos más significativos.

Pavimento “Sacbé”.

Una de las sorpresas más agradables en mi primera visita a la zona arqueológica de Cobá, fue recorrer aquellos caminos que comunican las diferentes plazas y edificios importantes. Para entonces desconocía que los mayas también habían desarrollado tecnología para construir caminos, donde muestran una manera estupenda de aprovechar los recursos disponibles como madera, piedra caliza, etcétera, para facilitar el traslado de personas, materiales de construcción y mercancías.

Estos caminos reciben el nombre de “Sacbé”. Para algunos estudiosos estas construcciones tenían cierto carácter sagrado. Lo cierto es que ponen en evidencia la gran capacidad técnica de esta cultura prehispánica.

Por otra parte, tomé como referencia el módulo geométrico llamado “*Canamaité*” que los mayas utilizaron en muchas obras arquitectónicas y que, según la tradición, fue una interpretación de los rombos que configuran la piel de “Kukulkán”, la deidad maya equivalente a la serpiente emplumada de los aztecas.

La conjunción de esta idea de hacer caminos y el uso de un módulo geométrico de origen maya me pareció un argumento suficiente para diseñar baldosas fabricables con hule de llanta reciclado.

La experimentación con la retícula bidimensional de rombos que corresponde al *canamaité*, rindió frutos interesantes uno de los más sobresalientes es el se muestra en la figura siguiente.

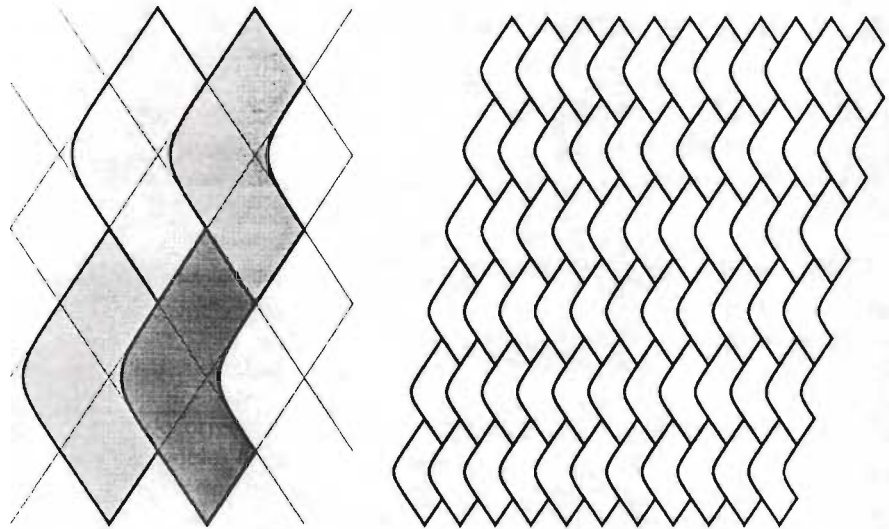


Figura 5.19 La obtención de un módulo sencillo a partir de la retícula romboidal.

Dado que se trata de un módulo fácil de ensamblar, propongo la fabricación de baldosas con esta forma; las dimensiones extremas son 30x60cm y un espesor de 3cm. La capacidad del material para amortiguar impactos hace viable su aplicación en pistas atléticas.

La instalación básicamente requiere una base de concreto y un adhesivo de poliuretano para garantizar una vida útil de por lo menos cinco años.

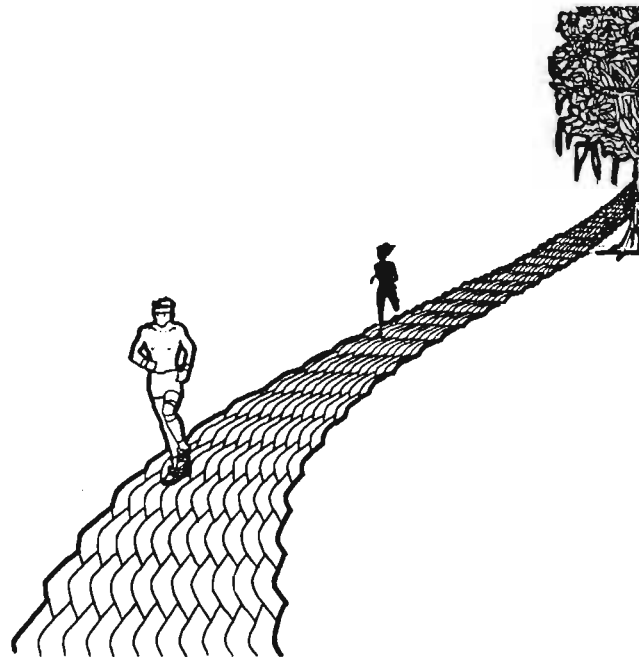


Figura 5.20 Bosquejo de aplicación del pavimento "Sacbé" en una pista atlética.

Protecciones para árboles "Nik nak".

Los antiguos mayas siempre respetuosos de los ciclos naturales tenían una palabra para designar "lo que florece" esta era "nik nak".

En el contexto ciudadano actual es cada vez más difícil ver algo que florece, incluso miramos como muchos árboles jóvenes plantados por el gobierno capitalino o por cualquier otra organización, mueren víctima de ataques por parte de peatones y automovilistas inconscientes.

Los árboles adultos no están exentos de sufrir daños, generalmente producto de los impactos de coches conducidos sin precaución. Lógicamente los árboles más expuestos son los ubicados en estacionamientos, avenidas e incluso parques ecológicos.

Con la intención de mantener sanos muchos de estos árboles y disminuir los daños de los propios autos en caso de impacto, propongo una aplicación muy sencilla. Se trata de fabricar módulos con hule de llanta reciclado para ser ensamblados en los troncos de manera radial.

Los módulos disponen de la forma óptima para alojar dos cinturones que pueden ser fabricados con un plástico reciclado resistente (por ejemplo ABS) y de esa manera mantener sujeto el conjunto; aquí se aprovecha la flexibilidad del hule para ceder el espacio necesario durante el crecimiento del árbol por lo menos cuatro años, después será posible cambiar o ajustar los cinturones de plástico insertando más y nuevos módulos de ser necesario.

Este tipo de protecciones también pueden ser empleadas en postes y estructuras de semáforos que se encuentran demasiado expuestos a los impactos.

La forma y dimensiones de cada módulo (8x10x90cm) permiten la posibilidad de fabricarlos mediante el moldeo por compresión; en una prensa típica con platinas de 100x100cm será posible vulcanizar en un molde múltiple, hasta 6 piezas en una sola fase, lo que hace el proceso más rentable.

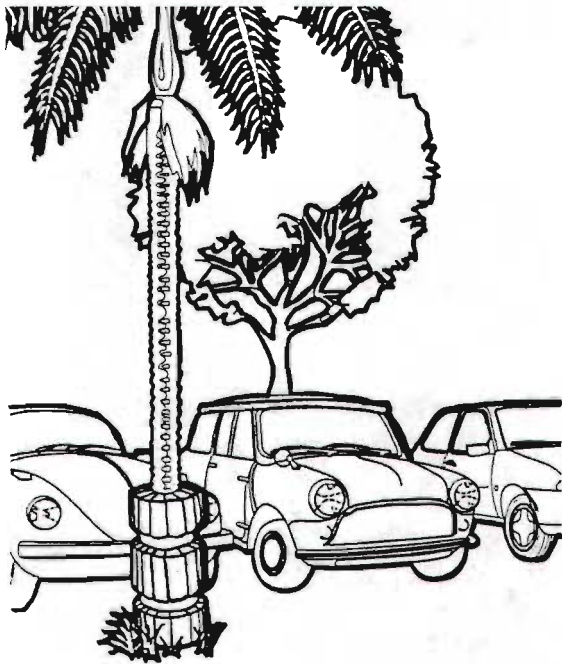


Figura 5.21 Dibujo que muestra la protección para árboles "Nik nak".

Esta aplicación al igual que la anterior está planeada para utilizar de manera eficiente gran cantidad del material derivado del reciclaje de llantas. Las necesidades son reales y la potencial aplicación es masiva.

Cesto para basura "Xux".

La demanda de la población capitalina y de toda República Mexicana por contenedores de basura es enorme. **Parques, escuelas,** oficinas de gobierno, paradas de autobús, etcétera, se mantienen habitualmente sucias; una parte de la responsabilidad es de los usuarios y transeúntes, la otra recae en los gobiernos y municipios pues la ausencia de cestos de basura es un mal nacional.

Es evidente que hace falta educación formal e informal al respecto en gran parte de la población, pero por más esfuerzo que se haga en este sentido, resulta inútil si no existen los elementos físicos para consolidar esta cultura.

Por lo tanto, es urgente la necesidad de encaminar más recursos económicos para colocar en los lugares adecuados los contenedores de basura necesarios.

Este trabajo de investigación tiene como fondo proponer alternativas de solución a un problema concreto de contaminación y no podía desatenderse esta cuestión tan importante. El objetivo es fabricar contenedores de basura con hule de llanta reciclado.

En esta ocasión la contribución al diseño por parte de una expresión prehispánica surge **precisamente** de la tradición oral maya que aún perdura en parte de la población de la península de Yucatán. Formalmente la **construcción** se basa en el "*Pazel*" palabra maya para designar cierto tipo de cabañas.

Existe una frase muy coloquial entre la población mexicana cuando se requiere un máximo de atención hacia una situación determinada: "Ponerse avispa" ó "estar avisgado". Precisamente necesitamos alcanzar ese estado para comenzar a disminuir los problemas ambientales que nos aquejan.

Se cree que el origen de esta expresión se encuentra en la cultura maya pues la frase arriba citada continúa viva incluyendo la palabra "xux" que significa avispa o avispero. Así es que no debe distraerse todo aquel que escuche: "ponte xux". Por otro lado, la configuración del producto asemeja un avispero.

Para fabricar este producto propongo la extrusión de un perfil romboidal hueco que permita la conformación en espiral de un cono truncado. En esta operación sugiero que se envuelva el perfil recién extruido en un molde de lámina; así se aprovecha la adherencia del material para asegurar una estructura compacta. Después se procederá a la vulcanización en autoclave. (Ver capítulo 3)

El proceso ideal para fabricar el fondo y la tapa es el moldeado por compresión. Aunque es posible generar un ensamble hermético entre el cono y la base ya vulcanizados, propongo que éstas dos sean ensambladas con un adhesivo.

El aspecto sobresaliente de la tapa es que se explota la cualidad del hule para recuperar su forma y posición; de esa manera se generan dos compuertas abatibles ideales que no requieren herrajes ni ensambles. Formalmente, la tapa retoma el aspecto de la techumbre de una cabaña maya.



Figura 5.22 Ilustración ambientada del cesto para basura "Xux".

Conclusión.

Ha llegado el momento de dar por concluido este documento de tesis que sintetiza un largo trabajo de investigación; se ha demostrado que el hule de llanta reciclado es un material noble y puede ser explotado por sus cualidades. La mejor manera de probar lo anterior ha sido mediante la propuesta y fabricación de una serie de objetos.

Por otra parte, mis esfuerzos por encontrar fundamentos poco explorados en la tradición prehispánica de hacer objetos han dado frutos, pues he conseguido extraer de algunas expresiones ancestrales, herramientas sutiles pero convincentes para el diseño de productos.

No me cabe la menor duda de que nuestras sociedades actuales pueden encontrar alivio a muchos males —los problemas ambientales entre ellos—, a través del rescate de algunos conceptos filosóficos y prácticos de las culturas originales mexicanas.

Otro objetivo no menos importante de este trabajo ha sido despertar la imaginación y la voluntad de los diseñadores, productores y profesionales en general, para experimentar con el material derivado del reciclaje de llantas.

Mi sensación personal es de satisfacción, pues considero que después de explorar nuevas posibilidades para el manejo de este material, he abierto nuevas puertas. También he vivido en carne propia la amargura de abandonar senderos de investigación que siguen esperando ser recorridos. Pero, aclaro que las decisiones que tomé oportunamente han rendido buenos resultados.

Debo decir que esta etapa termina, pero puedo garantizar que seguiré buscando por convicción nuevos procesos y aplicaciones para el hule de llanta reciclado.

Existen llantas desechadas de sobra que son una fuente importante de material para reciclar y para aprovechar. Y no solo hay llantas, también hay plásticos textiles, metales, y demás materiales de los cuales somos responsables. En la medida en que prestemos atención a los desechos que generamos tendremos más posibilidades de sobrevivir como especie. Solo basta asimilar que este planeta seguirá con vida con ó sin seres humanos.

Lo mejor es que agudicemos nuestra conciencia de lo que producimos y consumimos. Los diseñadores industriales, en particular, tenemos mucho que hacer al respecto.

Gracias.

Rodrigo Sánchez Marín. Noviembre de 2005.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA.

- ARANA, Federico. (1983). "Ecología para principiantes". Ed. Trillas, México, D.F.
- ATHAVANKAR, Uday. (Verano de 2002) En "Design Issues", Vol. 18, No. 3. MIT Press, Cambridge, Mass.
- AUSTIN, George T. (1992), Manual de procesos químicos en la industria. Ed. Mc Graw Hill. México.
- BAUDRILLAR, Jean. (1977), Crítica de la economía política del signo. Ed. Siglo XXI. México.
- BHOWMICK, Anil K. y STEPHENS, Howard L. (2001) "Handbook of Elastomers". M. Dekker Ed. Nueva York.
- BUCHANAN, Richard. (Primavera de 1992) "Wicked Problems in Design Thinking". En Design Studies, Vol. VII, No. 2.
- BUCHANAN, Richard y MARGOLIN, Victor. (1995) "Discovering Design, Exploring in Design Studies". The University of Chicago Press. Chicago.
- CAPUZ, R. Salvador y GÓMEZ, N. Tomás. (2004). "Ecodiseño, Ingeniería de ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles" Ed. Alfaomega. México
- CATALÁN Fernández, Albert y CATANY Escandel, Miquel. (1996). "Educación ambiental en la educación secundaria" Ed. Miraguano, Madrid.
- DAVIS, Wade. (1996) "One river, Exploration and Discoveries in the Amazon Rainforest". Ed. Simon and Schuster. N.Y.
- DEFFIS CASO, Armando. (1994) (1ª Edición), *La basura es la solución*. Editorial Árbol. México.
- FINDELI, Alain (invierno de 2001). En "Design Issues", Vol. 17, No. 1. MIT Press, Mass.
- FUAD-LUKE, Alastair. (2002), Manual de Diseño Ecológico. Ed. Cártago. Barcelona
- GODET, Michel, (1996) "De la anticipación a la acción: manual de prospectiva y estrategia". Editorial Alfaomega. México, D.F.
- HELLER, Agnes. (1978), Teoría de las necesidades en Marx. Ed. Península. Madrid.
- HORKHEIMER, Max y ADORNO Theodor W. (1945) "Dialéctica de la Ilustración, fragmentos filosóficos"
- INAH. (1986). El juego de pelota. INAH, México.
- INEGI (2000), "Perfil económico de la industria de productos de hule". Editado por el INEGI. Aguascalientes, México.
- JOHNSON, Steven. (2001) "Sistemas emergentes". Turner Ediciones, Madrid.
- KAMINSKI, W. (1987) "Recycling durch Pyrolyse", Z. Entsorgung Praxis.
- LESKO, Jim. (2004) "Diseño Industrial. Guía de materiales y procesos de manufactura". Ed. Limusa. México.
- LESOURD, Jean B. Y SCHILILZZI, Steven G. M. (2001) "The Environment in Corporate Management". MPG Books, Cornwall, U. K.
- LIVONNIERE, Hughues de. (1992). Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques No. 719. ISSN 1154, Editorial Sete. Paris.
- LOVELOCK, James E. (1994) "The ages of Gaia: A Biography of our living Earth". Bantam Ed. Nueva York.
- MANZINI, Ezio. (1993) "La materia de la invención". Ediciones CEAC, Barcelona.
- MANZINI, Ezio. (1995) "Prometheus of the Everyday. The Ecology of the Artificial and the designers responsibility". En BUCHANAN, Richard y MARGOLIN, Víctor. Discovering Design. The University of Chicago Press, Chicago.
- MARK, Herman. (1983). "Moléculas gigantes". Time-Life Books, México. D.F.
- MARK, James E., BURAK, Erman y ERICH, Fred. (2005) "Science and Technology of Rubber". Elsevier Academic Press. Nueva York.

- MATURANA, Humberto y VARELA, Francisco. (1984), "El árbol del conocimiento". Ed. Lumen, Buenos Aires.
- MOJICA SASTOQUE, Francisco, 1991 (1ª Edición), "La prospectiva. Técnicas para visualizar el futuro". Legis Editores S.A. Bogotá, Colombia.
- MORIN, Edgar (1999) "Los siete saberes necesarios para la educación del futuro". UNESCO. Paris.
- MURTY, V.; Gupta, B. and De S. K. (1985). *Plast. Rub. Proc. Appl.*
- NEGRIN Rostan, Chel Y FORNARI Menoni, Tulio. (1992), "Semiótica del producto". UAM Azcapotzalco CYAD, México, D.F.
- NORMAN, Donald A. (1990), "La psicología de los objetos cotidianos". Ed. Nerea S.A. Madrid.
- ODUM, Eugene P. y SARMIENTO, Fausto O., (1998), *Ecología, el puente entre ciencia y sociedad*, Ed. Mac Graw Hill Interamericana. México, D.F.
- ORTÍZ, P. y RODRÍGUEZ, M. (1994). "Los espacios sagrados olmecas: El Manatí, un caso especial", en *Los olmecas en Mesoamérica*. Clark, J. (ed). Citibank, México.
- RAMOS de Valle L. Francisco y SÁNCHEZ Valdes Saúl (1999) *Vulcanización y formulación de hules*. Editorial Noriega – Limusa, México, D.F. SAHAGÚN B. de. (1979). *Historia general de las cosas de la Nueva España*. Ed. Porrúa, México.
- SCHMIDT, U. y REINKE, D. (1991) "Wiederverwertung von Altgummi, Status und Tendenzen in der Gummiindustrie" VDI Verlag, Düsseldorf.
- SEYMOUR, Raimond y CARRAHER, Charles. (1995). "Introducción a la química de los polímeros". Ed. Reverté, Barcelona.
- SEYMOUR, Raimond. (1990). *Giant Molecules*. SPE, New York.
- SHACKLEFORD, James F. (1995) *Ciencia de materiales para ingenieros 3ª*. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, México, D.F.
- SHELDRAKE, Rupert. (1990) "La presencia del pasado". Ed. Kairós, Barcelona.
- SLATER, Philip. (1978), *Paseo por la tierra*. Ed. Kairós. Barcelona.
- VAN GIGCH, John P. (1981) *Teoría general de los sistemas aplicada*, Ed. Trillas. México, D.F.
- VAN VLACK, Lawrence H. (1991) *Tecnología de materiales*. Ed. Alfaomega, México, D.F.
- VÁZQUEZ, F., SCHNEIDER, M., PITH, T. y LAMBLA, M. (1996). *Polymer International Magazine*. Vol. 41, 1. John Wiley and Sons Ed. Nueva York.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- ASTM (1992) "Rubber Products Industrial Specifications and related Test Methods. Gaskets and Tires." American Society for Testing and Materials Ed. Philadelphia Penn.
- BILLATOS, Samir B. (1997). "Green Technology and Design for the Environment", Taylor and Francis Ed. Washington D.C.
- CALVINO, Italo. (2001). "Seis propuestas para el próximo milenio". Ediciones Siruela, Madrid.
- FREIDEL, D. (1993). *Maya Cosmos*. William Morrow Ed., New York.
- PAPANEK, Víctor. (1977). "Diseñar para el mundo real". Editorial Blume, Barcelona.
- RIERADEVALL, Joan y VINYETS, Joan. (1999) "Ecodiseño y ecoproductos", Editorial Rubes, Barcelona.
- RUIZ, Rosaura y AYALA Francisco J. (1998) "El método en las ciencias, epistemología y darwinismo". Fondo de cultura económica. México, D.F.
- SHOENING, Arturo. (1997) "La fábrica de ideas". Editorial Trillas. México, D.F.
- SOUSTELLE, Jaques. (1982) "El universo de los aztecas". Fondo de cultura económica. México, D.F.

FUENTES ELECTRÓNICAS.

www.andellac.com
www.btminternational.com.uk
www.cemexmexico.com
www.cnca.gob.mx/mayas/chinkul.html
www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales
www.e-local.gob.mx
www.ecostarinc.com
www.elnorte.com/novedades/articulo/001507
www.elsevier.com
www.erdwich.de
www.erre-team.de
www.fao.org/docrep/meeting/009/j458e.htm
www.fiskars.com
www.funprojal.org.mx/proyectos/forestales/11/04rhule.htm
www.gerbertltd.com
www.goodyear.com
www.guanabios.com
www.innovativegloves.net
www.porouspipe.uk
www.recycle.utoledo.edu/oss/events.htm
www.royalmat.com
www.rubberimpex.com
www.sanpedro.gob.mx/Prensa/Detail_Noticia.asp?ver=1&folio=697
www.santoshrubbermachinery.com
www.tiresafety.com/french/construction/const_nav2.htm
www.tireschool.com

PROVEEDORES.

ACEROS FORTUNA CARPENTER S.A. DE C.V.
CHARLOTTE CHEMICAL INC. Homero 432-PH, México, D.F.
DISEÑOS AROMÁTICOS S.A. DE C.V. Baja California 11, col. México Nuevo, Atizapán de Zaragoza. Estado de México.
FERRO MEXICANA S.A. DE C.V. División químicos. Oriente 171 No. 450, Col. Aragón Inguarán. México, D.F. Tel. 5760 6100.
NEOPRENOS INDUSTRIALES S.A. DE C.V. Oriente No.7, Col. Independencia. Valle de Chalco, Estado de México.
SUMINISTRO DE ESPECIALIDADES S.A. DE C.V. Calle 4 No. 216-4, Col. Granjas San Antonio, México D. F.

Glosario de términos.

Acelerante.- Sustancia que aumenta notoriamente la velocidad de vulcanización de un compuesto. Elemento esencial del sistema de vulcanización de un compuesto de hule.

Álcali.- Nombre genérico dado a los óxidos e hidróxidos de los metales alcalinos. Por ejemplo los álcalis cáusticos son la potasa y la sosa.

Alifático.- Nombre que reciben los compuestos orgánicos cuya estructura molecular es una cadena abierta.

Ángulo de salida.- Conicidad impartida a la cavidad de un molde para facilitar la salida de la pieza fabricada.

ASTM.- American Society for Testing and Materials.

Autoclave.- Depósito o contenedor que puede cerrarse herméticamente para producir reacciones químicas u otras operaciones bajo la acción de presión (entre 50 y 100 psi) y temperatura.

Banbury.- Aparato para mezclar materiales. También es llamado molino o mezclador interno. Se compone de dos rotores que giran en sentidos opuestos, estos se encargan de masticar los materiales hasta lograr una mezcla homogénea.

Barril.- Parte tubular de las máquinas extrusoras dentro de la cual gira el husillo.

Calandrado.- Proceso de transformación mediante el cual se elaboran hojas o láminas haciendo pasar el material entre dos rodillos (o serie de pares) girando en sentidos opuestos.

Carga.- Sustancia inerte agregada a un compuesto con el objetivo de incrementar el volumen y hacerlo más barato, o para impartir cualidades específicas como dureza, estabilidad dimensional, etc.

Cavidad.- Depresión o hueco de un molde que usualmente forma la parte externa del producto. Dependiendo del número de huecos requeridos, los moldes pueden ser de cavidad sencilla o múltiple.

Celda.- Es un simple hueco formado al interior de un material por un desplazamiento gaseoso. Una estructura celular es la que se compone de muchas celdas; las esponjas y las espumas son ejemplos de lo anterior.

Compuesto.- (Del inglés *Compound*), Material listo para ser transformado en un producto final. En caso de los hules contiene en sí el elastómero base, el sistema de vulcanización, las cargas, los aditivos, etc. en las proporciones óptimas para lograr las cualidades deseadas en el artículo a moldear.

Compuesto reforzado.- Material mejorado en sus propiedades mecánicas con la incorporación de cargas especiales o fibras.

Conductividad térmica.- Cualidad de los materiales para conducir temperatura.

Contracción.- Diferencia entre las dimensiones, expresada en milímetros por milímetro, de una pieza moldeada y las del molde en que fue procesada.

Corazón.- Parte tipo macho de un molde que produce una forma hueca en la pieza conformada.

Cristalinidad.- estado de estructura molecular en algunos polímeros que denota uniformidad y compactación de las cadenas moleculares que los componen. Se atribuye a la conformación de cristales sólidos con formas geométricas bien definidas.

Curado.- Cambio de propiedades físicas de un material a causa de una reacción química que puede ser: condensación, polimerización o vulcanización; generalmente se logra por la acción de calor, catalizadores y en ocasiones de presión.

Degradación.- Deterioro en la estructura química o en las propiedades físicas de un material, causado por la exposición al calor, luz solar u otros agentes.

Densidad.- Peso por unidad de volumen de una sustancia expresada en gramos por centímetro cúbico según el Sistema Métrico.

Desmoldante.- Lubricante usado para cubrir el interior de los moldes y evitar que el material se adhiera facilitando la extracción de las piezas.

Dieléctrico.- Carácter de los materiales para aislar los polos eléctricos y así evitar la formación de un arco. La capacidad dieléctrica varía según el voltaje aislado.

Dispersión.- Distribución fina de todas las sustancias al interior de un compuesto o una suspensión.

Dureza.- Resistencia de un material a la compresión y a la penetración.

Durómetro.- Aparato para medir la dureza de los materiales, en los hules es común emplear la escala Shore A; Para estos casos se utiliza el método de indentación o punción. Referencia: ASTM D 2240.

Elasticidad.- Propiedad de un material para recuperar su forma y dimensiones originales después de una deformación.

Elastómero.- Familia de polímeros que soportan deformaciones arriba del 200% y recuperan su forma original una vez retirada la fuerza deformante.

Elastómero termoplástico.- Familia de polímeros que exhiben la cualidad de los hules para recuperar su forma original tras ser deformados y la virtud de los plásticos para ser fundidos con calor para volverse a procesar.

Elongación.- Incremento de la longitud de un material sometido a la tensión.

Enlace cruzado.- El establecimiento de uniones químicas entre las cadenas moleculares al interior de los polímeros. Los enlaces cruzados son el resultado de reacciones químicas, vulcanización, degradación o radiación.

Esponjante.- Sustancia o agente que se agrega a los hules y plásticos para generar gases inertes con el calentamiento, provocando una estructura celular. Estos agentes también son llamados espumantes.

Estabilidad dimensional.- Habilidad de los materiales para retener la forma precisa en que fueron moldeados o fabricados.

Estabilizador.- Ingrediente usado en las formulaciones de hules y plásticos para mantener las propiedades físicas y químicas a lo largo de la vida útil del producto.

Extendedor.- Sustancia o aditivo que se agrega a un compuesto para reducir la concentración de polímero base por unidad de área.

Extrusión.- Proceso para crear formas de sección continua mediante la rotación de un husillo (o varios) dentro de una sección tubular donde se comprime el material y es obligado a salir por un orificio con la forma deseada. El proceso puede o no ser acompañado de calor.

Guías.- Elementos de un molde que aseguran la correcta alineación de sus partes durante el prensado o inyección.

Hule.- Según la ASTM es un material que a temperatura ambiente se puede estirar repetidamente hasta el doble de sus dimensiones y recupera su longitud original al ser liberado del esfuerzo.

Inhibidor.- Sustancia que previene o retarda una reacción química como la vulcanización.

INIFAP.- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

Inserto.- Elemento previamente maquinado o moldeado que es embebido en una posición definida dentro de otro material durante un proceso de moldeo posterior.

Lubricante.- Sustancia o aditivo que se agrega a los hules y plásticos para promover el mezclado e impartir fluidez.

Masterbatch.- Compuesto comercial que ya contiene altas proporciones de aditivos.

Migración.- Pérdida de plastificante en un compuesto que se manifiesta como humedad en la superficie de la pieza moldeada o pasta.

Módulo de elasticidad.- Deformación por unidad de esfuerzo. Referencia ASTM D 790.

Moldeo por compresión.- Método para conformar productos mediante la introducción de material sin vulcanizar dentro de un molde abierto para después cerrarlo y aplicar temperatura y presión.

Moldeo por inmersión.- Técnica de fabricación que consiste en la inmersión de un molde macho en una resina o látex para su impregnación y posterior curado.

Moldeo por inyección.- Proceso de transformación en el que un material es forzado desde un cilindro para llenar un molde con la forma deseada.

Monómero.- Un compuesto químico relativamente simple que puede reaccionar para formar un polímero.

Negro de humo.- Pigmento negro producido por la combustión incompleta de gas natural o aceite. Es comúnmente usado como carga reforzante en compuestos de hule, sus cualidades principales son como protector contra rayos ultravioleta en aplicaciones sometidas a los agentes de la atmósfera.

Olefinas.- Grupo de hidrocarburos insaturados con la fórmula general C_nH_{2n} al que pertenecen el polietileno y el polipropileno.

Plasticidad.- Suavidad de un material que le permite ser moldeado, generalmente es propiciada por la acción de calor.

Platina.- Placa metálica de una prensa hidráulica cuya función es transferir calor a los moldes, ya sea a través de circulación de vapor a través de huecos en su interior, o mediante el alojamiento de resistencias eléctricas.

Polímero.- Compuesto orgánico de alto peso molecular, natural o sintético, cuya estructura puede representarse como la repetición de unidades moleculares del monómero que lo conforma. Algunos polímeros son plásticos otros son elastómeros (hules).

Porosidad.- Presencia de pequeños huecos en la superficie de los materiales.

Purga.- Limpieza de material sobrante dentro de una extrusora o inyectora después de utilizarla.

Rebabeo.- Cualquier técnica o método usado para eliminar el material no deseado de una pieza moldeada. Este exceso es el efecto normal causado por la salida de material a través de las líneas de partición y salidas de aire con que cuenta cada molde.

Reología.- Estudio del flujo de los materiales bajo diferentes condiciones de temperatura y presión.

Resistencia UV.- Cualidad de los materiales para soportar la exposición a los rayos ultra-violeta sin sufrir degradación.

Retardante de flama.- Sustancia química que se agrega a los compuestos para hacerlos resistentes al fuego.

Sinergismo.- Término aplicado al uso de dos o más estabilizadores en un compuesto cuando la combinación de estos rinde mejores resultados que la aplicación de uno solo.

Temperatura vítrea.- Temperatura en la cual un polímero amorfo cambia su carácter rígido a un estado viscoso y elastomérico.

Termofijo.- Material que después de ser sometido a una reacción química por la acción de calor, catalizadores, etc. es incapaz de recuperar un estado plástico mediante la aplicación de calor.

Termoplástico.- Polímero con la capacidad de ser repetidamente reblandecido con calor y endurecido con el frío.

Unidades de presión.- Las unidades correspondientes al sistema métrico decimal son los Kg. / cm². Por otra parte en México se utilizan muchos aparatos de medición fabricados en Estados Unidos, por ello también se emplean las Lb. / pulg.² que en inglés se reconocen por sus siglas (PSI). A menudo también existen referencias de presión con las unidades llamadas atmósferas (atm).

Las equivalencias son las siguientes:

$$1 \text{ Kg. / cm}^2 = 14.2233 \text{ Lb. / pulg.}^2 = 0.9678 \text{ atm}$$

$$1 \text{ Lb. / pulg.}^2 = 0.07030 \text{ Kg. / cm}^2 = 0.6804 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} = 1.0332 \text{ Kg. / cm}^2 = 14.6959 \text{ Lb. / pulg.}^2$$

Viscosidad.- Resistencia que oponen los líquidos a su flujo.

Vulcanización.- Proceso que se lleva a cabo al interior de los elastómeros que incrementa la elasticidad mientras disminuye la plasticidad, dicho proceso se debe a la inserción de enlaces cruzados en las cadenas poliméricas mediante una reacción química.

ANEXO I. Guía de selección de hules según sus propiedades.

Propiedades	H. NATURAL	SBR	BUTADIENO	NITRILO	NEOPRENO
Resistencia a la tensión (Lbs/pulg ²)	Sobre 3000	Bajo 1000	Sobre 1500	Bajo 1000	Sobre 3000
Rango de dureza Shore A (Puro)	Sobre 3000	Sobre 2000	Sobre 2000	Sobre 2000	Sobre 3000
Rango de dureza (cargado con negro)	30-90	40-90	40- 75	40-95	40-95
Gravedad específica	0.93	0.94	0.92	1.00	1.23
Adhesión a metales	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Adhesión a telas	Excelente	Buena	Buena	Buena	Excelente
Resistencia a goteo	Muy buena	Regular	Buena	Regular	Buena
Resistencia a la abrasión	Excelente	Buena	Buena	Buena	Excelente
Set de compresión	Buena	Buena	Regular	Buena	Buena
Recuperación de dimensiones en frío	Excelente	Buena	Pobre	Buena	Buena
Recuperación de dimensiones en calor	Excelente	Buena	Muy buena	Buena	Muy buena
Resistencia dieléctrica	Excelente	Excelente	Excelente	Pobre	Muy buena
Aislamiento eléctrico	Buena	Buena	Muy buena	Pobre	Buena
Permeabilidad a gases	Regular	Regular	Pobre	pobre	Pobre
Resistencia a ácidos diluidos	Regular	Regular	Excelente	Buena	Excelente
Resistencia a ácidos concentrados	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena
Resistencia a hidrocarburos alifáticos	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente	Regular
Resistencia a hidrocarburos aromáticos	Pobre	Pobre	Pobre	Buena	Regular
Resistencia a oxigenados (ketones)	Buena	Buena	Buena	Pobre	Regular
Resistencia a solventes de jacas	Pobre	Pobre	Regular	Regular	Pobre
Resistencia a aceites lubricantes	Pobre	Pobre	Pobre	Muy buena	Buena
Resistencia a aceite y gasolina	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente	Buena
Resistencia a aceites animales y vegetal	Buena	Pobre	Muy buena	Muy buena	Buena
Absorción de agua (menos es mejor)	Muy buena	Regular	Muy buena	Buena	Buena
Oxidación	Buena	Regular	Excelente	Buena	Muy buena
Resistencia al ozono	Pobre	Pobre	Excelente	Regular	Muy buena
Resistencia a la luz solar	Pobre	Pobre	Muy buena	Pobre	Muy buena
Resistencia al calor	Regular	Regular	Muy buena	Buena	Buena
Resistencia a bajas temperaturas	Muy buena	Muy buena	Buena	Regular	Buena
Resistencia a la flama	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Buena

Unidades de presión.- Las unidades correspondientes al sistema métrico decimal son los Kg. / cm². Por otra parte en México se utilizan muchos aparatos de medición fabricados en Estados Unidos, por ello también se emplean las Lb. / pulg.² que en inglés se reconocen por sus siglas (PSI). A menudo también existen referencias de presión con las unidades llamadas atmósferas (atm).

Las equivalencias son las siguientes:

$$1 \text{ Kg. / cm}^2 = 14.2233 \text{ Lb. / pulg.}^2 = 0.9678 \text{ atm}$$

$$1 \text{ Lb. / pulg.}^2 = 0.07030 \text{ Kg. / cm}^2 = 0.6804 \text{ atm}$$

$$1 \text{ atm} = 1.0332 \text{ Kg. / cm}^2 = 14.6959 \text{ Lb. / pulg.}^2$$

Viscosidad.- Resistencia que oponen los líquidos a su flujo.

Vulcanización.- Proceso que se lleva a cabo al interior de los elastómeros que incrementa la elasticidad mientras disminuye la plasticidad, dicho proceso se debe a la inserción de enlaces cruzados en las cadenas poliméricas mediante una reacción química.

ANEXO I. Guía de selección de hules según sus propiedades.

Propiedades	H. NATURAL	SBR	BUTADIENO	NITRILO	NEOPRENO
Resistencia a la tensión (Lbs/pulg ²)	Sobre 3000	Bajo 1000	Sobre 1500	Bajo 1000	Sobre 3000
Rango de dureza Shore A (Puro)	Sobre 3000	Sobre 2000	Sobre 2000	Sobre 2000	Sobre 3000
Rango de dureza (cargado con negro)	30-90	40-90	40- 75	40-95	40-95
Gravedad específica	0.93	0.94	0.92	1.00	1.23
Adhesión a metales	Excelente	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Adhesión a telas	Excelente	Buena	Buena	Buena	Excelente
Resistencia a goteo	Muy buena	Regular	Buena	Regular	Buena
Resistencia a la abrasión	Excelente	Buena	Buena	Buena	Excelente
Set de compresión	Buena	Buena	Regular	Buena	Buena
Recuperación de dimensiones en frío	Excelente	Buena	Pobre	Buena	Buena
Recuperación de dimensiones en calor	Excelente	Buena	Muy buena	Buena	Muy buena
Resistencia dieléctrica	Excelente	Excelente	Excelente	Pobre	Muy buena
Aislamiento eléctrico	Buena	Buena	Muy buena	Pobre	Buena
Permeabilidad a gases	Regular	Regular	Pobre	pobre	Pobre
Resistencia a ácidos diluidos	Regular	Regular	Excelente	Buena	Excelente
Resistencia a ácidos concentrados	Regular	Buena	Buena	Buena	Buena
Resistencia a hidrocarburos alifáticos	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente	Regular
Resistencia a hidrocarburos aromáticos	Pobre	Pobre	Pobre	Buena	Regular
Resistencia a oxigenados (ketones)	Buena	Buena	Buena	Pobre	Regular
Resistencia a solventes de jacas	Pobre	Pobre	Regular	Regular	Pobre
Resistencia a aceites lubricantes	Pobre	Pobre	Pobre	Muy buena	Buena
Resistencia a aceite y gasolina	Pobre	Pobre	Pobre	Excelente	Buena
Resistencia a aceites animales y vegetal	Buena	Pobre	Muy buena	Muy buena	Buena
Absorción de agua (menos es mejor)	Muy buena	Regular	Muy buena	Buena	Buena
Oxidación	Buena	Regular	Excelente	Buena	Muy buena
Resistencia al ozono	Pobre	Pobre	Excelente	Regular	Muy buena
Resistencia a la luz solar	Pobre	Pobre	Muy buena	Pobre	Muy buena
Resistencia al calor	Regular	Regular	Muy buena	Buena	Buena
Resistencia a bajas temperaturas	Muy buena	Muy buena	Buena	Regular	Buena
Resistencia a la flama	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Buena

Propiedades	SILICON	HYPALON	EPDM	VITON	URETANO
Resistencia a la tensión (Lbs/pul ²)	Bajo 1500	Sobre 1500	Bajo 1600	1200	3000-8000
Rango de dureza Shore A (Puro)	Sobre 1500	Sobre 2500	Sobre 2000	1500-3000	3000-8000
Rango de dureza (cargado con negro)	40-85	40-95	30-90	50-90	70-100
Gravedad específica	1.14-2.05	1.12	0.86	1.8	1.02-1.20
Adhesión a metales	Excelente	Excelente	Regular	Buena	Excelente
Adhesión a telas	Excelente	Buena	Buena	Buena	Muy buena
Resistencia a goteo	Pobre	Regular	Regular	Regular	Excelente
Resistencia a la abrasión	Pobre	Excelente	Excelente	Buena	Excelente
Set de compresión	Regular	Regular	Bueno	Excelente	Regular
Recuperación de dimensiones en frío	Excelente	Regular	Excelente	Regular	Buena
Recuperación de dimensiones en calor	Excelente	Buena	Excelente	Muy buena	Buena
Resistencia dieléctrica	Buena	Muy buena	Excelente	Buena	Excelente
Aislamiento eléctrico	Excelente	Bueno	Muy bueno	Bueno	Bueno
Permeabilidad a gases	Regular	Pobre	Regular	Pobre	Pobre
Resistencia a ácidos diluidos	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	Regular
Resistencia a ácidos concentrados	Regular	Excelente	Buena	Excelente	Pobre
Resistencia a hidrocarburos alifáticos	Pobre	Buena	Pobre	Excelente	Regular
Resistencia a hidrocarburos aromáticos	Pobre	Buena	Pobre	Excelente	Pobre
Resistencia a oxigenados (ketones)	Regular	Buena	Excelente	Pobre	Pobre
Resistencia a solventes de lacas	Pobre	Pobre	Buena	Pobre	Pobre
Resistencia a aceites lubricantes	Regular	Buena	Pobre	Excelente	Buena
Resistencia a aceite y gasolina	Regular	Buena	Pobre	Excelente	Buena
Resistencia a aceites animales y vegetales	Excelente	Buena	Excelente	Excelente	Buena
Absorción de agua (menos es mejor)	Excelente	Buena	Excelente	Muy buena	Muy buena
Oxidación	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Resistencia al Ozono	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Resistencia a la luz solar	Excelente	Excelente	Muy buena	Excelente	Muy buena
Resistencia al calor	Muy buena	Muy buena	Muy buena	Excelente	Buena
Resistencia a bajas temperaturas	Muy buena	Buena	Excelente	Regular	Excelente
Resistencia a la flama	Regular	Buena	Regular	Excelente	Regular

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

ANEXO II.

Ensayo de traccion en hule vulcanizado SBR-NR D412

Test type: Tensile	Instron Corporation
Operator name: M. TRUJILLO	Series IX Automated Materials Testing System 1.04
	Test Date: 13 Jun 2005
Sample Identification: SERNR2	Sample Type: ASTM
Interface Type: 4200 Series	
Machine Parameters of test:	
Sample Rate (pts/sec): 20.00	Humidity (%): 50
Crosshead Speed (mm/min): 500.000	Temperature (deg. C): 21

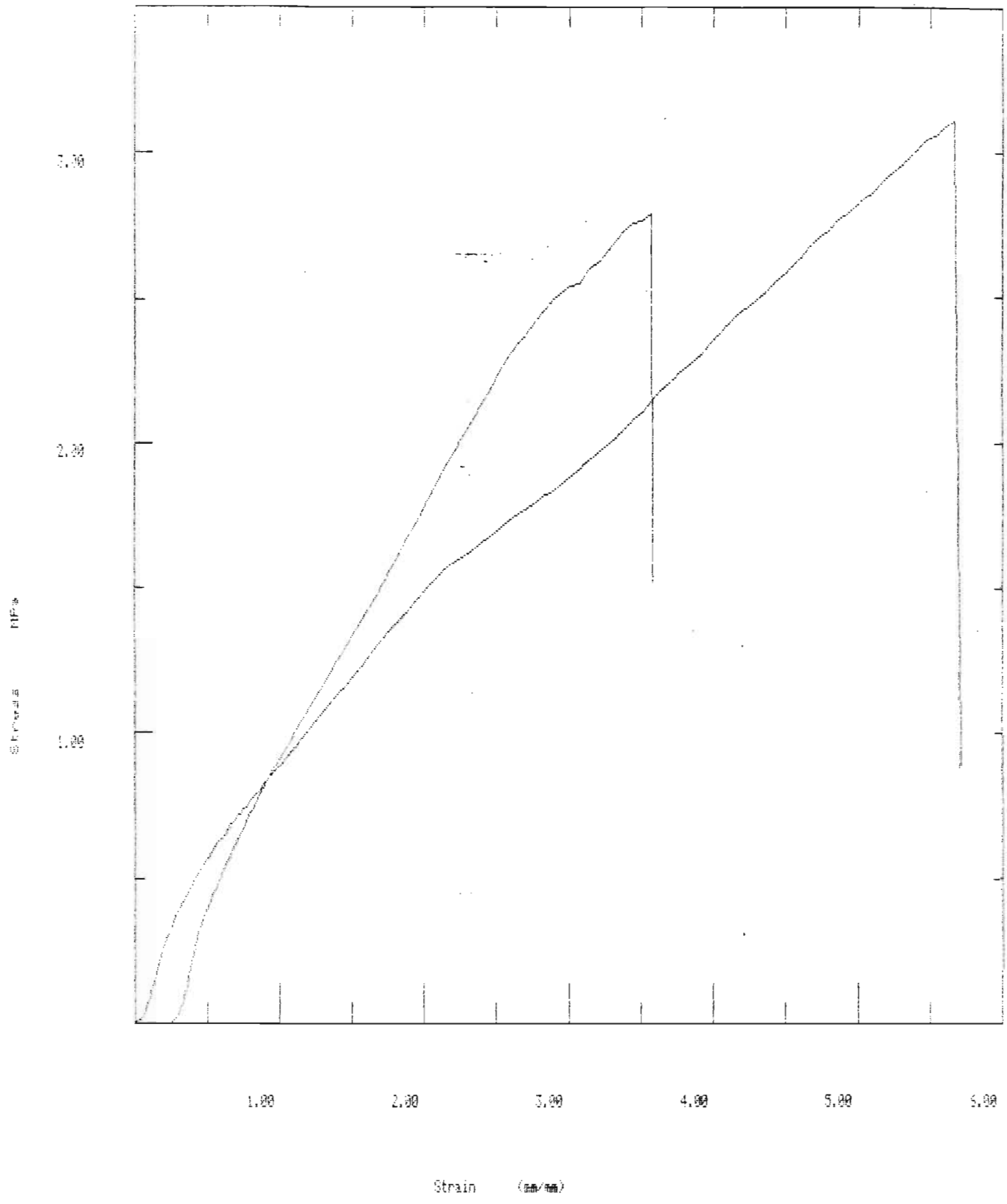
Dimensions:

Spec. 1 Spec. 2

Width (mm)	17.100	16.650
Thickness (mm)	3.8000	3.7300
Spec gauge len (mm)	33.600	33.600
Grid distance (mm)	50.000	50.000

Out of 2 specimens, 0 excluded.

Specimen Number	muestra:	Disploment at Peak (mm)	Load at Peak (KN)	Stress at Peak (MPa)	Strain at Peak (mm/mm)	Disploment at 0.2% Yield (mm)	Load at 0.2% Yield (KN)	Stress at 0.2% Yield (MPa)	Strain at 0.2% Yield (mm/mm)	Disploment at Break (mm)
1	1A	190.4	.2023	3.114	5.667	.8500	.0007	.0103	.0253	190.4
2	2A	111.9	.1732	2.790	3.330	1.4500	.0013	.0216	.0432	111.9
Mean:		151.1	.1878	2.952	4.499	1.1500	.0010	.0159	.0342	151.1
Standard Deviation:		55.5	.0206	.229	1.652	.4243	.0005	.0080	.0126	55.9
				Load at Break (KN)	Stress at Break (MPa)	Strain at Break (mm/mm)	Young's Modulus (MPa)			
				Specimen Number						
				1	.2020	3.109	5.682	1.306		
				2	.1732	2.790	3.330	1.641		
				Mean:	.1876	2.949	4.506	1.473		
				Standard Deviation:	.0204	.226	1.663	.237		



ANEXO III. Hoja técnica de los aditivos empleados.

Hoja técnica de la parafina clorada "S-52".




CERTIFICADO DE ANALISIS

PARAFINA CLORADA S-52

Lote No	67066	
COLOR	100	(HAZEN)
VISCOSIDAD	16.91	(POISE)
DENSITY	1.258	g/ml
CONTENIDO DE CLORO	51.7	% w/w

ESTO CERTIFICA QUE LA INFORMACION ARRIBA MENCIONADA ES VERIDICA Y CORRECTA.

CHARLOTTE CHEMICAL INC.

P.A. 
ING. FLOR GOMEZ RABAGO
"DEPTO. DE TRAFICO"

Homero 432-PH * México, D.F. 11570 * Tel:(525)203 62 26 * Fax:(525)203 64 34
E-Mail:charlotte3@inetcorp.net.mx * http://www.charlotte.com.mx

Hoja técnica de la parafina clorada "Kloro 60-50".



KLORO™ 60-50

I. PRODUCT DESCRIPTION

KLORO™ 60-50 is a chlorinated normal paraffin with a carbon chain length of C₁₄-C₁₇. It is a non-flammable, non-corrosive, low volatile liquid at room temperature. It contains a stabilizer to maintain product integrity during transport and storage. Chlorine and viscosity levels for this product are balanced to provide optimal characteristics for a variety of applications. It is used in metalworking as an extreme pressure additive and also as a secondary plasticizer and flame retardant in plastics, rubber, paint and adhesives.

II. TYPICAL PROPERTIES

PROPERTY	TYPICAL
Chlorine, %	52
Viscosity, SUS @ 100°F	2100
Viscosity, SUS @ 210°F	75
Viscosity, cSt @ 40°C	373
Viscosity, cSt @ 100°C	14
Color, Gardner	2
Color, ASTM	1
Specific Gravity, 77°F	1.25
Density lb/gal @ 77°F	10.5
Pour Point, °F	25
Refractive Index @ 25°C	1.511

Keil Chemical Division, Ferro Corporation, 3030 Sheffield Avenue, Hammond, Indiana 46320 (219)931-2630/FAX (219)931-0891
 The following properties are given only as a guide and are not intended to be used in the design of machinery. The user should consult the manufacturer for the latest information on the properties of this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the safety and health hazards of this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the environmental and disposal requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the regulatory requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the transportation requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the storage requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the handling requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the disposal requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the safety and health hazards of this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the environmental and disposal requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the regulatory requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the transportation requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the storage requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the handling requirements for this product. The user should also consult the manufacturer for the latest information on the disposal requirements for this product.

KLORO™ 60-50

Page 2 of 2

III. PRODUCT APPLICATION

Typical use level in metalworking:

- Neat Oil: 2-10% in machining applications
20-70% in drawing and stamping
- Soluble Oil: 10-20% in machining
20% and up in drawing and stamping

Other Uses

KLORO™ 60-50 is used as a secondary plasticizer and flame retardant in flexible plastic (PVC), paint, adhesives and rubber products.

IV. REGULATORY STATUS

This product is not considered subject to the Section 313 provisions of SARA Title III.

V. HANDLING AND STORAGE

KLORO™ 60-50 should be stored in an original container or bulk storage tank at 40°-100°F. Cold drums should be warmed in a "hot room" not exceeding 130°F prior to manufacturing. Bulk storage tanks should be insulated and heated with warm water to 100°-110°F or low pressure steam while recirculating product to avoid local over-heating. Blending temperature should not exceed 130°F. Exposing KLORO™ 60-50, like any other chlorinated paraffin, to temperatures in excess of 100°F for a prolonged time may result in darkening of the product itself and the release of corrosive HCl.

VI. PACKAGING INFORMATION

KLORO™ 60-50 is available in new steel drums, 550 pounds per drum net weight, bulk truck and tank car quantities.