

Análisis de Alternativas Para el Aprovechamiento de Colas de Caucho Provenientes del
Proceso Productivo de Industrias
CADI S.A.

María Fernanda Torres Martínez

Paula Marcela Gómez

Trabajo de Grado Para Optar el Título de Especialistas en:
Gestión de Residuos Sólidos y Peligrosos

Asesor

Nelson Castaño Ciro

Maestro en Ingeniería

Corporación universitaria lasallista

Facultad de Ingeniería

Especialización en Gestión de Residuos Sólidos y Peligrosos

Caldas - Antioquia

2016

Agradecimientos

A Dios por darnos la oportunidad de continuar con nuestro crecimiento profesional y ante todo por nuestra existencia.

A nuestros esposos, padres e hijos por su apoyo incondicional, motivación y sacrificio.

Nelson castaño por su gran conocimiento y aporte a nuestro trabajo.

A Industrias CADI S.A. por su disposición, tiempo, colaboración, conocimiento y apoyo en todo el desarrollo de este proyecto.

Y finalmente, a todas aquellas personas que de una u otra forma nos colaboraron para hacer realidad este trabajo

Tabla de contenido

	Pag.
Resumen	9
Introducción	11
Justificación	13
Problema	17
Marco teórico	18
Clon IAN 710 (PB 86 x F 409)	20
Clon IAN 713 (PB 86 x F 409)	20
Clon RRIM 600 (Tjlr 1 x PB 06)	20
Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de caucho	21
Principales plagas	22
Gusano cachón (<i>Erinnyis ello</i>).	22
Termitas o comején (<i>Heterotermes sp.</i>).	22
Hormiga Arriera (<i>Atta sp.</i>).	22
Principales enfermedades	22
Antracnosis.	22
Costa negra.	23
Mancha aerolada (<i>Thanatephorus cucumeris</i>).	23
Mal suramericano de las hojas.	23
La Siembra	24
La Fertilización	25
Poda	25
Extracción del Látex	25
Proceso productivo en industrias CADI S.A.	28
Maquina inyectora	30
La unidad de prensado	31
La unidad de inyección	32
Unidad de potencia y de control	33
Bancada	33
Molde	34

Proceso de vulcanización del caucho	35
Que es la vulcanización.	35
Comercialización de productos de caucho	40
Estándares de calidad para la comercialización del caucho	43
Pruebas de laboratorio	46
Objetivos	48
Objetivo general	48
Objetivos específicos	48
Metodología	49
Cronograma de actividades	56
Resultados esperados	57
Presupuesto	58
Resultados y análisis	1
Ensayo 1	2
Ensayo 2	4
Ensayo 3	7
Ensayo 4	12
Resultados de laboratorio	16
Conclusiones	18
Recomendaciones	20
Referencias	22

Lista de Imágenes

	Pag.
Imagen 1. Sangrado de Árbol de caucho (<i>Hevea Brasiliensis</i>)	11
Imagen 2. Acumulación de llantas.	15
Imagen 5. Partes de una maquina inyectora.	31
Imagen 6. Principales partes de un molde.	34
Imagen 7. Descripción de la vulcanización.	36
Imagen 8. Moléculas de caucho vulcanizadas	37
Imagen 9. Empaques para ollas a presión	40
Imagen 10. Empaques para tuberías en PVC de acueducto y alcantarillado	40
Imagen 11. Empaques para filtros de aceites, baterías, etc	41
Imagen 12. Empaques para grifos de lavamanos, lavaplatos y sanitarios	41
Imagen 13. Empaques para alumbrado público y pasa cables.	42
Imagen 14. Adoquines en caucho triturado	42
Imagen 15. Maquina inyectora	51
Imagen 16. Recipiente receptor de colas de caucho.	52
Imagen 17. Pesaje de colas de caucho.	52
Imagen 18. Molino Chino.	53
Imagen 19. Prensa.	53
Imagen 20. Molde.	54
Imagen 21. Maquina inyectora 6.	55
Imagen 22. Adoquines de Caucho.	57
Imagen 23. Adoquines resultado del primer ensayo.	4
Imagen 24. Baldosas para cabellerizas	6
Imagen 25. Adoquín resultado del segundo ensayo. Mezcla natural	7
Imagen 26. Adoquín resultado del segundo ensayo. Mezcla nitrilo.	7
Imagen 27. Silleta elaborada con mezcla natural (colas)	7
Imagen 28. Producto inconforme por falta de llenado de molde.	9
Imagen 29. Producto conforme, adoquín caucho natural.	10
Imagen 30. Producto no conforme, adoquín realizado con mezcla natural fría.	10

Imagen 31. Botones de mezcla de colas natural.	11
Imagen 32. Adoquín en nitrilo, muestra caliente.	12
Imagen 33. Botones para pruebas de laboratorio. Nitrilo	12
Imagen 34. Botones realizados con mezcla de caucho natural (colas)	14
Imagen 35. Botones de nitrilo.	15

Lista de tablas

	Pag.
Tabla 1. Parámetros necesarios para una sangría eficiente.	27
Tabla 2. Temperaturas óptimas para inyección de caucho natural. (Conversación personal, Ingeniero P. García, Enero 2016)	38
Tabla 3. Temperaturas óptimas para inyección de Nitrilo. (Conversación personal, Ingeniero P. García, enero 2016)	39
Tabla 4. Formato de seguimiento de generación de colas	49
Tabla 6. Cronograma de actividades año 2016.	56
Tabla 7. Presupuesto mano de obra.	58
Tabla 8. Presupuesto desplazamientos	58
Tabla 9. Presupuesto de materiales	59
Tabla 10. Presupuesto depreciación de equipos	59
Tabla 11. Presupuesto análisis de laboratorio	59
Tabla 12. Presupuesto general.	60
Tabla 13. Primer ensayo mezcla de materiales	2
Tabla 14. Segundo ensayo. Lista de materiales.	5
Tabla 15. Segundo ensayo. Lista de materiales	5
Tabla 16. Tercer ensayo	8
Tabla 17. Tercer ensayo. Nitrilo	11
Tabla 18. Cuarto ensayo. Natural.	13
Tabla 19. Cuarto ensayo. Nitrilo.	15
Tabla 20. Resultados de laboratorio.	16

Lista de gráficos

	Pág.
Gráfico 1. Temperatura VS Espesor de la pieza	38
Gráfico 2. Tiempo de vulcanización VS Espesor de la pieza	39
Gráfico 3. Desarrollo formato generación de colas.	1

Resumen

Este trabajo muestra las posibles alternativas de aprovechamiento de los residuos de colas de caucho provenientes del proceso de inyección de industrias CADI S.A., se explican las causas de generación y se presenta la información necesaria para la ejecución del proyecto. Se hace un análisis de los problemas ambientales que trae la mala disposición de estos residuos y se plantea la importancia de implementar este proyecto.

Posteriormente se realizan pruebas y ensayos con diferentes cantidades de materiales, en los que se encuentran además de las colas de caucho (natural y nitrilo), otro tipo de residuos peligrosos (bolsas contaminadas) y no peligrosos (lodos) con lo cual se obtiene al final un producto conforme con buenos resultados.

Finalmente se realizan pruebas de laboratorio para determinar en qué tipo de producto tendría más potencial de aprovechamiento. Y se estructuran las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos.

Palabras clave: Caucho, residuos, aprovechamiento, ensayos, producto.

Abstract

This monograph wanted to describe the rubber waste good uses from the manufacturing process of rubber injection in Industrias CADI S.A., it explains the production causes and collects the necessary data to the project execution.

It makes an analysis of the environmental problems that brings bad waste disposal and as a result, it presents a justification with a description of the importance of the project development.

Subsequent to that, many test and proofs of different amount of materials where rubber wastes are found (synthetic and natural rubber), other types of dangerous waste (Contaminated bags) and not dangerous (muds) that make at the end a product that meets excellent results.

Finally the finished product is tested at the laboratory to estimate the real use and its prospective usages. The conclusions and recommendations are structured and based on the obtained test results.

Keywords: Rubber, waste, good use, test, product

Introducción

Imagen 1. Sangrado de Árbol de caucho (*Hevea Brasiliensis*)

Fuente: recuperado de www.hulesyplasticosdemexico.es.



Industrias CADI es una empresa colombiana, fundada en el año de 1978 en el municipio de Sabaneta, Antioquia, en marzo de 2009 hizo su traslado al municipio de Guarne donde desarrolla su proceso productivo. Actualmente está dedicada a diseñar, fabricar y comercializar artículos técnicos de caucho por inyección; cuenta con aproximadamente 200 hectáreas sembradas de caucho (*Hevea Brasiliensis*) (ver imagen 1), en el municipio Victoria – Caldas, con el propósito de ser auto sostenibles en el consumo de caucho natural en un futuro, por ello se esfuerza en mantener los cultivos de caucho brindándoles las condiciones necesarias para obtener una buena calidad de árboles y por lo tanto de látex.

La industria Colombiana, al igual que el resto del mundo demanda caucho especificado técnicamente, por esta razón, Industrias CADI S.A, maneja y utiliza dentro de su proceso productivo caucho natural y sintético, NBR (Caucho acrílico nitrilo butadieno), TSR (Technically Specified Rubber), SBR (Caucho estireno butadieno), siliconas y EPDM (Estireno propileno dieno); y ha venido implementando y certificando su proceso productivo desde el año 2000 bajo la norma NTC ISO 9001:2001 y desde el año 2011 con el Sistema de Gestión Ambiental bajo la norma ISO 14001:2004, lo cual garantiza el mejoramiento continuo en los procesos y productos y la competitividad en el mercado Nacional e Internacional, estos procesos le han permitido a la empresa extenderse a Ecuador (Ambato), donde actualmente cuenta con una planta de producción que satisface la demanda local de ese país.

Este trabajo está enfocado en investigar alternativas de aprovechamiento para los residuos de colas de caucho que se generan al interior de la empresa, donde las máquinas inyectoras verticales y horizontales, por defecto generan mensualmente una cantidad considerable de residuos de caucho semi-vulcanizado que son dispuestos en recipientes para ser depositados como residuos no aprovechables en un relleno sanitario; además de proponer una utilización más responsable a residuos peligrosos, como son las bolsas contaminadas con azufre y lodos provenientes del proceso de buratos.

Justificación

La creciente demanda del caucho natural ha sido el motor del desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la producción del caucho a nivel nacional e internacional, no obstante, en un contexto global actualmente la sociedad ha venido desarrollando una conciencia frente al deterioro ambiental, donde se demandan productos que no generen daños a la salud y que, a su vez, en sus procesos productivos minimicen o eliminen en lo posible, los impactos ambientales y sociales negativos que se puedan causar. Esta situación conlleva a que los productores tiendan a ofrecer materias primas más compatibles con el ambiente, reconvirtiendo sus procesos de producción e integrando a su misión a la protección de los recursos naturales. (ASOHECA, 2009.)

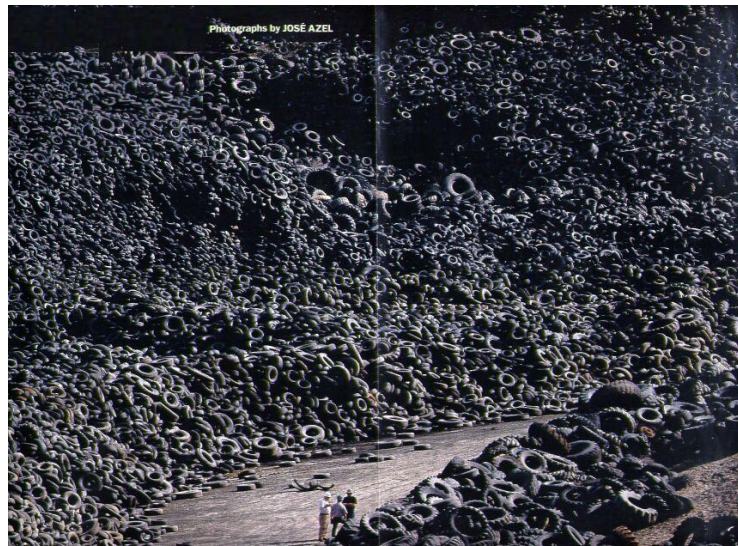
Los desechos de los productos de caucho, al no ser biodegradables, causan serios problemas de acumulación en los suelos, fuentes hídricas y demás recursos, lo que genera un serio problema de contaminación al buscar de una manera inadecuada un lugar para su disposición final (ver imagen 2). Así mismo, se tiene información de que la quema de grandes cantidades de caucho, produce una gran cantidad de sustancias químicas nocivas para el ambiente como son las dioxinas, furanos, xilenos, toluenos, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, entre otros, todos ellos altamente tóxicos.

Su proceso de descomposición es muy lento y por su elevada elasticidad impide su compactación, es un agente muy contaminante porque:

- Es un producto altamente inflamable que puede provocar incendios,

- La quema de neumáticos producen gases perjudiciales para la salud generando dioxinas, mercurio, hidrocarburos poli aromáticos y metales pesados.
- La acumulación de este material en vertederos provocan focos de infección y enfermedades. (Reciclaje de caucho, s.f) En la actualidad, se está teniendo conciencia de las inmensas posibilidades que tiene el reciclado del caucho para diversas aplicaciones: hornos cementeros, fábricas de papel, producción de electricidad y hornos para la industria cerámica, asfalto "cauchutado", pisos ecológicos, etc. (Ramírez, 2011, 3), Así mismo como alternativas de reciclado y ruptura de la cadena del caucho como son la desvulcanización, el uso de partículas de llantas como el reemplazo de agregados de baja resistencia en el concreto, la utilización de desechos de caucho en polvo en la producción de compuestos de caucho y el potencial para el reciclaje de residuos de caucho mezclándolo con residuos plásticos.(Rubber Recycling. Sadhan K. De, Avraam Isayev, Klementina Khait, 2005)

Imagen 2. Acumulación de llantas.



Fuente: <http://www.sinllantas.com.mx/>

El Ingeniero P. García [Comunicación personal, 10 de noviembre, 2015] describe que son las colas de caucho.

Las colas de caucho son un residuo inherente al proceso, es un producto generado en el proceso de llenado de molde, son tiras de forma irregular generalmente largas semivulcanizadas que no pueden ser integradas nuevamente al proceso productivo, por lo cual se considera un residuo ordinario.

El Ingeniero L. Betancur [Comunicación personal, 6 de mayo, 2015] describe brevemente el proceso de generación de colas en cada máquina.

“En las inyectoras horizontales las colas se originan por la contrapresión que se genera al momento de la carga de la máquina, dando como resultado un residuo de caucho semivulcanizado, lo cual es inevitable debido que la boquilla de la maquina está separada de la placa molde”

Así, mismo, “en las inyectoras verticales las colas se generan al momento de purgar manualmente la maquina con el molde abierto, en este proceso la generación

de colas es menor porque en esta máquina la boquilla está pegada a la placa molde. La purga se realiza con el fin de eliminar un tramo de caucho que se ha vulcanizado al interior del ducto de inyección debido a la temperatura”.

Los residuos generados, son por lo tanto dispuestos en los recipientes de residuos no aprovechables de la empresa y posteriormente llevados al relleno sanitario LA PRADERA.

Se ha estimado que la degradación del caucho a la intemperie y en condiciones ambientales de humedad, luz solar y aire, requiere entre 500 y 3000 años. Así, desde cierto punto de vista este podría considerarse un agente xenobiotico en el ambiente.

Entre los impactos positivos que se obtendrán con el desarrollo de este trabajo, se puede mencionar la minimización de residuos ordinarios y peligrosos a disponer, la disminución de la contaminación en suelos y fuentes hídricas, así mismo la prevención de enfermedades a la salud por la mala disposición de estos residuos (quema).

Problema

Las maquinas inyectoras de Industrias CADI S.A, sean estas verticales u horizontales, no cuentan con alta tecnología que eviten la generación de las colas de caucho; por lo tanto este es y seguirá siendo un continuo problema que se presentara de una manera u otra en el proceso productivo de la empresa.

Actualmente se genera un promedio mensual de 300 kg de colas de caucho, sean estas de caucho natural o nitrilo, que van a dar al relleno sanitario La Pradera, ubicado en límites de los municipios de Barbosa y Don Matías; siendo este un sitio inadecuado para la disposición final de este tipo de materiales.

Las colas de caucho, como se llama al interior de la industria, se han convertido en un problema ambiental de importancia, puesto que no se ha encontrado una alternativa de aprovechamiento y/o disposición final adecuada para el residuo, lo que ha generado la acumulación de este material en los alrededores de la empresa. La única alternativa para la disposición final de los residuos de caucho ha sido a través de la empresa prestadora de servicios CAM. Dicha situación ha llevado a buscar alternativas de manejo y aprovechamiento para estos residuos.

Este tipo de material por sus condiciones físicas y químicas, no puede reincorporarse al proceso productivo puesto que puede contaminar el material virgen y posiblemente generar un producto no conforme al mercado, disminuyendo las propiedades del producto establecidas de acuerdo a las especificaciones del cliente. Por otra parte, no es posible triturarse ni pulverizarse, debido a que se encuentra semi-vulcanizado y por lo tanto se pega en las cuchillas de la maquina con lo cual generaría daños en el equipo.

Marco teórico

El caucho natural es obtenido a partir del látex, emanado por un gran número de plantas, sin embargo, a nivel comercial se explota el árbol de caucho (*Hevea Brasiliensis*), especie originaria de la región amazónica. El primer estudio sobre el cual se tenga noticia lo realizó Condamine, quien encontró el caucho durante un viaje al Perú en 1735 (Espinal, Martínez, 2005,1)

En Colombia la producción de caucho se remonta a la explotación de los bosques naturales a mediados del siglo XIX, hoy en día hay cerca de 10.000 hectáreas sembradas en distintas plantaciones y se estima que la producción anual está cerca de las 1.000 Toneladas métricas. Esta producción es insuficiente para suplir la demanda interna, que si bien se ha venido reduciendo durante los últimos años, aun supera ampliamente la producción interna. Durante los últimos años la industria del caucho se ha visto forzada a importar cerca de 22.000 Tm. Anuales en promedio. (Espinal, Martínez, 2005,2)

Colombia cuenta con todos los elementos para aumentar su producción, posee cerca de 263.000 Ha. óptimas para el cultivo de caucho, tanto por las condiciones climáticas como de suelos, y hasta 900.000 Ha en algunas regiones donde las condiciones del suelo no son tan buenas; adicionalmente, en el mercado nacional hay una demanda considerable que actualmente debe ser suplida con importaciones. (Espinal, Martínez, 2005,2)

Aunque Colombia cuenta con las condiciones naturales y de demanda para incrementar la producción y sustituir las importaciones y proyectándose al mercado

externo, es necesario mejorar la escogencia de los clones a sembrar, tecnificar el manejo de las plantaciones y el beneficio del caucho. (Espinal, Martínez, 2005,2)

El primer uso masivo que se le dio al caucho fue como borrador, posteriormente, fue empleado en la fabricación de jarras y tubos flexibles; hacia 1820 se inició su uso en la fabricación de ropa. Sin embargo, el caucho natural tenía grandes limitantes como resultado de su alta sensibilidad a la temperatura y la exposición a los rayos solares. En 1839 Goodyear descubre la vulcanización, procedimiento en el cual el caucho es combinado con azufre que permite que el caucho mantenga sus propiedades de elasticidad e impermeabilidad en frío y calor. (Espinal, Martínez, 2005,1)

En la actualidad, el caucho es producido de manera importante en poco más de una veintena de países, aunque sólo 5 concentran el 84% de la producción. En el último año se comercializaron 6.602.470 Tm, en el mercado mundial; de las cuales el 85% fueron provistas por solo 3 países, Tailandia, Indonesia y Malasia. (Espinal, Martínez, 2005,1-2)

Industrias CADI S.A, es una empresa antioqueña, dedicada a fabricar y producir artículos de caucho a partir de caucho natural y sintético, está ubicada, en la vereda San José del Municipio de Guarne; actualmente cuenta 148 empleados, 16 máquinas inyectoras para el proceso productivo (7 verticales y 11 horizontales). Cuenta con 1200 referencias para cubrir la demanda automotriz, alimenticia, acueducto y alcantarillado y hospitalaria.

Para suplir la demanda interna de caucho Industrias CADI S.A, importa algunas de sus materias primas de países como: Brasil, México. USA, China, Francia, Guatemala, Vietnam y Malasia.

La empresa actualmente cuenta con un cultivo propio de caucho natural en las fincas La vorágine y La Cristalina en el Municipio de Victoria Caldas, donde cuenta con 200 ha de *Hevea Brasiliensis* y dos tipos de clones, los Brasileños (2 clones) y Asiáticos (1 clon).

A continuación se describe cada clon:

Clon IAN 710 (PB 86 x F 409)

Originario del Brasil, Instituto Agronómico del Norte. En el Brasil es menos vigoroso que el IAN 873, sin embargo en la Granja Paraguaicito (Quindío) fue el más vigoroso, a los seis años de edad alcanzó una circunferencia promedio de 47,4 cm y un 67.2% de la población en sangría, no muestra la deficiencia de magnesio, es resistente al mal suramericano de las hojas. Es buen productor de semilla. Produce Látex estable, con un contenido promedio del 31,3% de caucho seco (DRC). (FEDECAUCHO, Módulos Técnicos-Caucho Natural, 2006, 9)

Clon IAN 713 (PB 86 x F 409)

Originario del Brasil, Instituto Agronómico del Norte. Su madera es quebradiza, poco resistente al viento, aunque había demostrado resistencia al mal suramericano de las hojas ha empezado a ser susceptible en la Guayana Francesa, causando muerte descendente. (FEDECAUCHO, Módulos Técnicos-Caucho Natural, 2006, 9).

Clon RRIM 600 (Tjlr 1 x PB 06)

Originario de Malasia, Rubber Research Institute of Malaysia. Inicia sangría a los 5 años. A pesar de tener una excelente producción por árbol, el rendimiento por hectárea decae rápidamente y resulta inferior al GT 1 debido a su sensibilidad a la caída por el viento. Tiene poco follaje. Su producción es de 18 Ton/Ha, en 10 años de

explotación, su vida productiva es de 25 años. Es tolerante al mal suramericano de las hojas, sensible a muerte descendente y altamente susceptible al mal rosado. Produce látex estable, con un contenido promedio del 32,9 % de caucho seco (DRC). (FEDECAUCHO, Módulos Técnicos-Caucho Natural, 2006,10).

Para mantener el cultivo de caucho en perfectas condiciones, es indispensable el control de plagas y enfermedades, de esta manera se evita daños que puedan afectar la producción de látex y por tanto de caucho para la industria.

A continuación se describen brevemente el tipo de plagas y enfermedades que pueden atacar el cultivo de caucho.

Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de caucho

El cultivo de caucho es afectado por un sinnúmero de enfermedades causadas por hongos, favorecidas por la ola invernal o Fenómeno de la Niña, gracias al aumento de la humedad relativa. Bajo estas condiciones se forma una capa de agua sobre la superficie foliar que favorece la germinación de las esporas, el inicio del proceso de infección, la colonización de los tejidos, la diseminación del inóculo (zona contaminada), la saturación de los suelos por el exceso de agua y aumento en algunas zonas del nivel freático (de aguas).(ICA, 2012, 4).

Lo anterior ha incrementado la incidencia de enfermedades fungosas como las causadas por *Phytophthora* spp. y *Ceratocystis fimbriata*, entre otras. Estas enfermedades, además de afectar las hojas y frutos, se presentan en el panel de sangría y afectan no solo el desarrollo de las plantaciones sino disminuyendo drásticamente la producción. (Manejo integrado de las plagas y enfermedades en el cultivo de caucho, 2012, 4)

Principales plagas

Gusano cachón (*Erinnyis ello*).

Es la principal plaga del cultivo del caucho. Se caracteriza por su alta capacidad de consumir rebrotes y hojas jóvenes, razón por la cual al presentarse en altas poblaciones puede defoliar totalmente la planta y causar importantes pérdidas en la producción (León, 2011, 6).

Termitas o comején (*Heterotermes sp*).

La principal especie de termita asociada al cultivo del caucho, se identifica como *Heterotermes Sp* de la familia *Rhinitermitidae*. La termita prefiere alimentarse de maderas que ya se encuentran en descomposición. Habitan en el suelo o las maderas en descomposición y construyen galerías superficiales o túneles para establecer sus colonias (León, 2011. 9).

Hormiga Arriera (*Atta sp.*).

Es especialmente dañina en la etapa de vivero o plantaciones jóvenes. Cortan las hojas en forma de "medialuna" llevando los trozos a los hormigueros para cultivar el hongo (*Rhizites gongylophora*), de cuyos micelios y fructificaciones se alimentan la población de hormigas. Para su control se recomienda la aplicación de insecticida insuflándolo en las bocas del hormiguero. (Escobar, 2004, 26)

Principales enfermedades

Antracnosis.

Es causada por especies del género *Colletotrichum*, en especial por *C. gloesporoides*. La infección inicia en el borde de las hojas inmaduras y avanza hacia el centro de ésta. La enfermedad se caracteriza por lesiones de color marrón a pajizo,

usualmente con diámetro pequeño. Pero a medida que la enfermedad avanza, las porciones infectadas o lesiones se unen para formar líneas concéntricas y en consecuencia ocurre la malformación de la hoja. A medida que progresa la enfermedad causa el marchitamiento y la caída del foliolo dejando los peciolo sobre el tallo por algún tiempo. (Jaimes, Rojas, 2011,4).

Costa negra.

Esta enfermedad es de ocurrencia común en los sitios de producción de algunas especies vegetales del trópico. Se manifiesta en viveros, jardines clonales y plantas adultas y limita la producción al ocasionar la muerte de los tejidos jóvenes afectados (Garzón, 2000, 63.)

Mancha aerolada (*Thanatephorus cucumeris*).

Las hojas en sus primeros síntomas, presenta exudación de látex, que se coagula y oxida, mostrando puntos negros de aspecto aceitoso sobre la superficie de la hoja. Tres o cuatro días después presenta una tonalidad marrón, necrosándose el tejido, circundándose por un amplio halo cloroticoamarillento. Una semana más tarde las lesiones aparecen muy bien definidas. Las hojas con las 2/3 partes afectadas comienzan a caer. Esta enfermedad está caracterizada por lesiones que pueden llegar a medir más de 5 centímetros de diámetro. (Torres, 1999, 90).

Mal suramericano de las hojas.

La enfermedad llamada mal suramericano de la hoja del caucho o SALB por sus siglas en inglés (South American Leaf Blight) es una de las enfermedades más importantes del cultivo del caucho natural en América Latina. Causa la caída prematura

de las hojas jóvenes, en condiciones ambientales favorables y puede llegar a causar la defoliación total de los árboles. (García, Aristizabar, Montoya, 2006, 1-2).

A continuación se describe brevemente el proceso de siembra y cosecha del caucho.

La Siembra

El terreno donde se establece el cultivo, debe estar limpio de tal manera que facilite el trazado, el ahoyado, los cuales deben tener 40 cm de profundidad, por 20 cm de ancho. “si el suelo ha sido desprovisto parcialmente de la cobertura (socola) es importante no dejarlo descubierto por mucho tiempo, ya que esto puede ocasionar daños debido a la erosión” (Escobar, Osorio, 2006, 8).

Se adiciona cal para corregir la acidez del suelo y materia orgánica buscando mejorar la absorción de nutrientes, esta labor debe realizarse 8 días antes de la siembra. (Conversación personal, Administrador finca La Vorágine, Ingeniero J Cardona, marzo 2015)

Por último es importante mencionar que la materia orgánica al incidir directamente sobre propiedades edáficas, como en la estructura y en la disponibilidad de carbono y nitrógeno, se convierte en el principal indicador e indudablemente el que posee la más significativa influencia sobre la calidad del suelo y su productividad (Gregorich et al., 1994, Quiroga, Funaro, 2004).

La distancia de siembra en monocultivo, es de 6 metros entre surcos y de 3 metros entre plantas, en consecuencia, el número de plantas promedio por hectárea es de 500 – 600 árboles, respectivamente. (Conversación personal, Administrador finca La Vorágine, Ingeniero J Cardona, marzo 2015)

La Fertilización

La fertilización del caucho se realiza con una solución nutritiva de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, zinc, cobre y boro. Las dosis dependen de los análisis de suelos y de un análisis de extracción de nutrientes. (Jamioy, 2011, 33)

Durante la etapa de desarrollo se deben aplicar productos que posean nitrógeno (para desarrollo foliar) y fosforo (para desarrollo radicular). (Conversación personal, Administrador finca La Vorágine, Ingeniero J Cardona, marzo 2015)

Cuando se inicia la producción, se debe disminuir la dosis de nitrógeno y fosforo, e incorporar potasio (aumenta los niveles de producción).

Poda

En los cuatro primeros meses después de la siembra se deben realizar monitoreos constantes, con el fin de verificar que solo una yema del injerto crezca.

Las podas de formación se realizan cortando los chupones más bajos, dejando únicamente las hojas y los brotes del piso superior, estas podas se realizan hasta cuando el árbol alcanza los 2.5 mts de altura, y de ahí en adelante se deja ramificar, su objetivo es obtener un fuste que engruese más limpio para facilitar el rayado y llegar más rápido a producción. (Ocampo, Ávila, 2013, 34).

Extracción del Látex

“Esta se hace mediante sangrías sucesivas. Esta actividad consiste en remover o cortar cíclicamente un poco de corteza del árbol” (Amórtegui, 2001, 15), Se realiza con la cuchilla de sangría, quitando 1.5 a 2.0 mm de corteza, de tal forma que al cortar los vasos laticíferos, se provoque su salida y descenso hacia la taza recolectora. (Bastidas, Cruz, 1998, 12).

Para la extracción del látex el árbol debe tener una circunferencia superior a 48 cm a 1.20 mts de altura sobre el suelo. Este tamaño se puede lograr entre el quinto y sexto año después de la siembra. Terminada la sangría, tres horas más tarde se efectúa la recolección del látex, siguiendo el mismo orden de la sangría. (Conversación personal, Administrador finca La Vorágine, Ingeniero J Cardona, marzo 2015)

El látex es recolectado en una taza amarrada al tronco del árbol por debajo de la incisión de la corteza. El contenido de la taza es vaciado en un recipiente que se lleva a la planta de beneficio para ser sometido a diferentes procesos, de acuerdo a la presentación que se le quiera dar, ya sea líquido (látex) o caucho seco. (Naranjo, 2013, 13).

Tabla 1. Parámetros necesarios para una sangría eficiente.

ACTIVIDAD	DESCRIPCION
Altura de la incisión	A 1.2 metros del suelo
Consumo de corteza	Inferior a 2 mm
Profundidad de incisión	De 0.5 a 1.5 mm
Dirección de la incisión	De izquierda a derecha
Longitud de la incisión	Media cara del tronco
Inclinación de la incisión	Pendiente de 38 grados
Hora del sangrado	Antes de las 6 am
Tiempo de recolección	3 horas de rayado, 2 horas de recolección, el árbol dura alrededor de 2 horas sangrando
Frecuencia del sangrado	sistema D3, cada 3 días se raya el mismo lote
Clima	Se debe realizar en las horas frescas, si se presentaron lluvias esperar como mínimo una hora después para iniciar rayado, si va llover se debe esperar.
Descanso	Cada lote se deja descansar 2 días antes de volverse a rayar, en tiempo de defoliación el rayado se realiza una vez por semana.
Estimulación	Consiste en la aplicación de etileno al panel de rayado para aumentar la concentración de látex. Se realiza después del 5 año de rayado y la frecuencia depende de la producción por hectárea, la cual debe superar 50 kg en caucho húmedo.

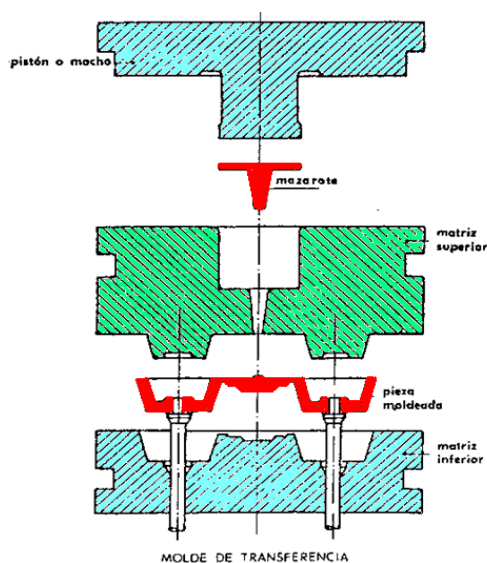
Fuente:(Conversación personal, Administrador finca La Vorágine, Ingeniero J.Cardona, marzo 2015)

Proceso productivo en industrias CADI S.A.

El proceso de moldeo por inyección es la tecnología de procesamiento de caucho usada en Industrias CADI S.A. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. En este último, se fabrica una cavidad cuya forma y tamaño son idénticos a las de la pieza que se desea obtener. La cavidad se llena con caucho sin vulcanizar, el cual se solidifica y vulcaniza, manteniendo la forma del molde.

En los países más adelantados del mundo ha tomado auge el método de moldeo por inyección y el método de molde por transferencia, el primero emparentado con técnicas de moldeo de termoplásticos, se basa en la utilización de prensas a gusano (extruder especiales) con prensas de doble efecto: uno cierra los platos y otro inyecta la goma. El método de transferencia (ver imagen 3), requiere solo el concurso de un diseño especial de molde, ya que se trabaja con las prensas comunes de un solo efecto (Falconer, Roebuck y Clarck., 1969, 3).

Imagen 3. Moldeo por transferencia.



Fuente: Castaño N. Notas del curso. Tecnología del caucho, Universidad de Antioquia, 2015. Segunda parte.

Castaño, Nelson (2011) afirma: “Una mezcla de caucho, por lo general está compuesta de varios ingredientes, entre los que se cuentan los activadores de la vulcanización, los acelerantes, y los agentes de reticulación”.

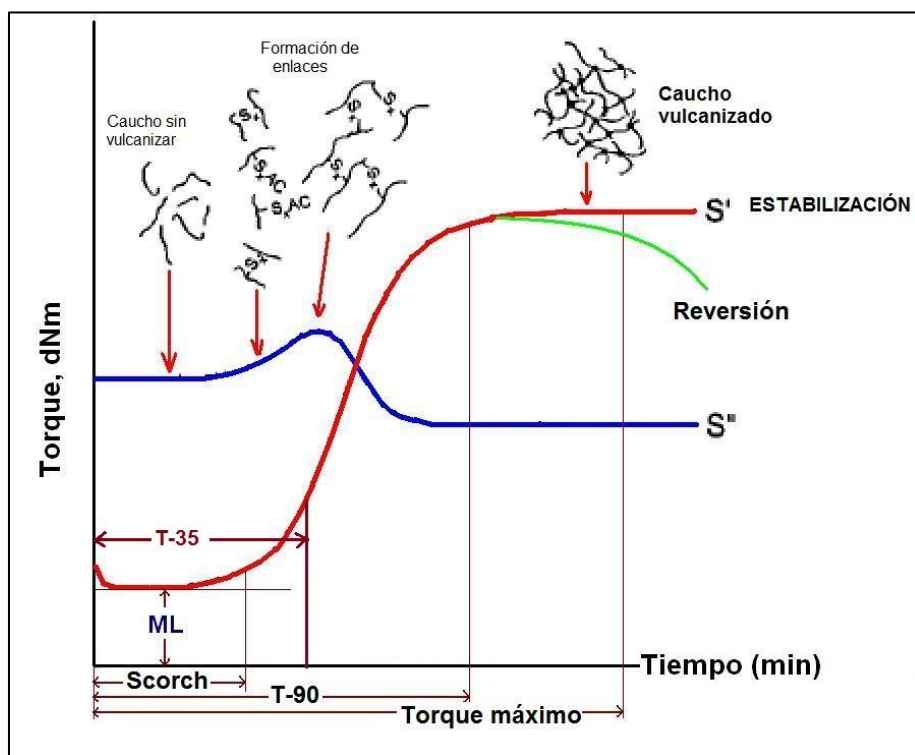
Cuando la mezcla de caucho se inyecta en el molde, el cual se encuentra a alta temperatura (aproximadamente a 170°C), por esta misma temperatura pasa a un estado más fluido (“scorch” en la gráfica de torque vs tiempo), o más líquido. Esta propiedad de fluidez se aprovecha para copiar toda la geometría del molde.

Una vez haya pasado lo anterior, empieza la reacción de reticulación, en donde sucede la reacción química entre las moléculas del caucho. El tiempo óptimo para saber que el caucho está vulcanizado (esto es, ya se puede desmoldear), es el T-90, o el 90% de la vulcanización. El 10% restante se termina de vulcanizar, debido a la poca conductividad térmica que tiene el caucho.

Como se puede apreciar en la curva, el T-90 se logra justo antes de que la misma curva presente una estabilización. (Ver imagen 4).

Cualquier residuo de caucho que no logre alcanzar el T-90, se dice que no está completamente vulcanizado o que se encuentra “semi vulcanizado”. Esto se puede dar en los puntos de inyección del molde, o como cuando la carga programada de caucho dentro del molde se encuentra en exceso y sale por la mitad de las placas del molde, como rebaba.

Imagen 4. Curva de una reometría de vulcanización.



Fuente: Incorporación de residuos de caucho vulcanizado pos industrial obtenidos por trituración mecánica a mezclas puras de EPDM. Castaño N. 2012, 39.

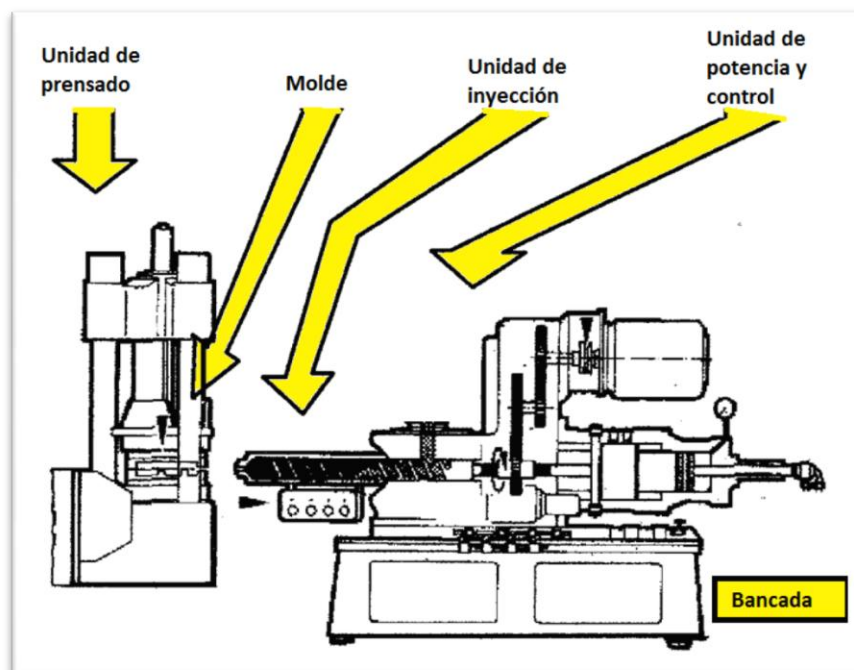
En el proceso productivo de Industrias CADI S.A., se trabajan dos tipos de inyectoras de caucho, las horizontales y las verticales, las cuales son máquinas que inyectan tiras de caucho para la fabricación de un producto específico. Las inyectoras que presentan mayor generación de colas, son las horizontales.

Maquina inyectora

Industrias CADI S.A. utiliza para su proceso productivo, dos tipos de máquinas inyectoras, las cuales inyectan el caucho de forma horizontal o vertical proporcionando temperatura y presión adecuada para el llenado de un molde y por lo tanto la obtención de un producto final. Estas constan de las siguientes partes básicas (ver imagen 5)

unidad de prensado, unidad de inyección, unidad de potencia y de control y la bancada. Las inyectoras pueden ser de prensado horizontal o de prensado vertical.

Imagen 3. Partes de una maquina inyectora.



Fuente: Castaño N. Notas del curso. Tecnología del caucho, Universidad de Antioquia, 2015. Segunda parte.

La unidad de prensado

La unidad de prensado consiste en una prensa conformada por dos placas portamoldes, una móvil y otra fija. El sistema de accionamiento de la placa móvil consiste en un mecanismo de palancas acodadas accionados hidráulicamente o en una serie de cilindros accionados por fuerza hidráulica. El parámetro fundamental para dimensionar una unidad de cierre es su fuerza para mantener el molde cerrado, usualmente se da este valor en toneladas (ton). Otros parámetros importantes en una unidad de cierre son: la distancia mínima entre placas, la distancia máxima de apertura,

las dimensiones de las placas, la distancia entre columnas y la carrera del sistema de expulsión. Estos datos se utilizan para dimensionar los moldes. (Betancur, 2015.).

La unidad de inyección

La unidad de inyección está conformada por el barril de inyección, el tornillo sin fin, el portaboquillas y la boquilla, un sistema de calefacción, un sistema de regulación de temperatura y un sistema de accionamiento por actuadores hidráulicos. El material sólido ingresa a la zona de alimentación del tornillo sin fin, es transportado por efecto de la rotación del tornillo sin fin dentro del barril hacia la zona de fusión donde se plastifica. Durante el proceso de plastificación del material el tornillo sin fin gira constantemente. En máquinas de prensado horizontal, cuando se va a realizar la inyección hacia el molde, el tornillo sin fin deja de girar y actúa a manera de pistón, haciendo fluir el material fundido hacia el molde y llenando las cavidades. En máquinas de prensado vertical, el tornillo sin fin únicamente gira y entrega el material fundido al barril de inyección, el cual, accionado por fuerza hidráulica, hace fluir el material hacia el molde.

En las máquinas inyectoras aproximadamente un 50% del calor requerido para fundir el material lo aporta la fricción viscosa, generada por el giro del tornillo sin fin con respecto al barril, y el otro 50% lo aporta el sistema de calefacción.

Parámetros importantes en la unidad de inyección: diámetro del tornillo sin fin, volumen de inyección, presión de inyección, velocidad de giro del tornillo sin fin, velocidad de inyección. (Ibidem).

Unidad de potencia y de control

La unidad de potencia suministra la fuerza necesaria para todas y cada una de las partes de la maquina inyectora, consiste básicamente en un motor eléctrico que se encarga de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, esta energía mecánica mueve una bomba la cual transmite la fuerza por medio de un fluido hidráulico a los diferentes actuadores, para que estos últimos se encarguen de convertir la energía hidráulica en movimiento.

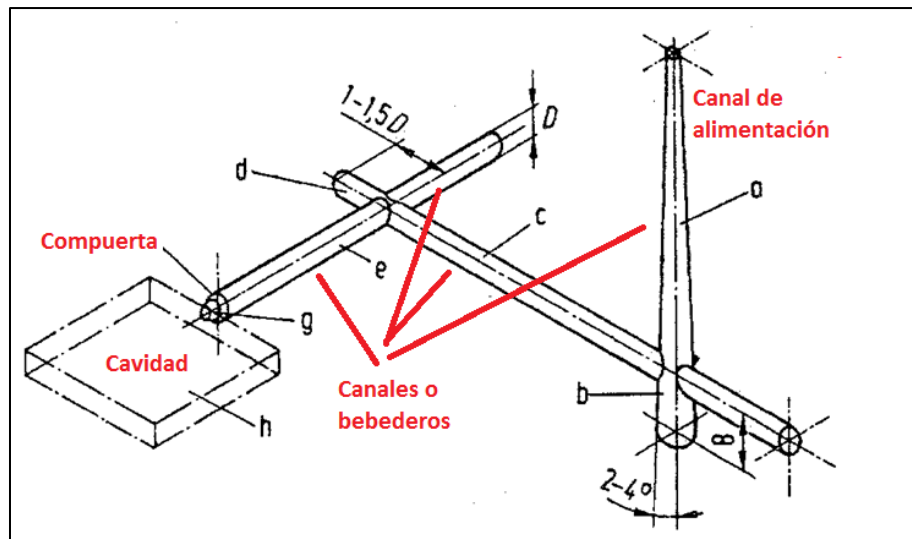
La unidad de control se encarga de secuenciar y/o dirigir los movimientos y funciones de la maquina por medio de la tecnología PLC y/o de lógica cableada de acuerdo a la secuencia programada y/o funciones requeridas. El control de temperaturas es realizado con controladores PID o es directamente gobernado por el PLC a través de sus módulos de expansión. La interacción entre el operario y la maquina se realiza desde el tablero de mando, bien sea con perillas, pulsadores o pantalla táctil.

Bancada

Corresponde a la estructura sobre la cual reposan o se soportan todas las unidades físicas de la máquina.(Ibidem)

Molde

Imagen 4. Principales partes de un molde.



Fuente: Sacado de las notas. "Diseño de moldes de inyección", Carvajal A. ICIPC, 1998.

El molde (también llamado herramienta) que se presenta en la imagen 6, es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que es el espacio donde se genera la pieza; para producir un producto diferente, simplemente se cambia el molde, al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre (Las partes de una maquina inyectora. Marzo, 2007.)

Las partes del molde son:

1. **Cavidad:** es el volumen en el cual la pieza será moldeada.
2. **Canales o ductos:** son conductos a través de los cuales el caucho sin vulcanizar fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la boquilla, los siguientes canales son los denominados bebederos y finalmente se encuentra la compuerta.

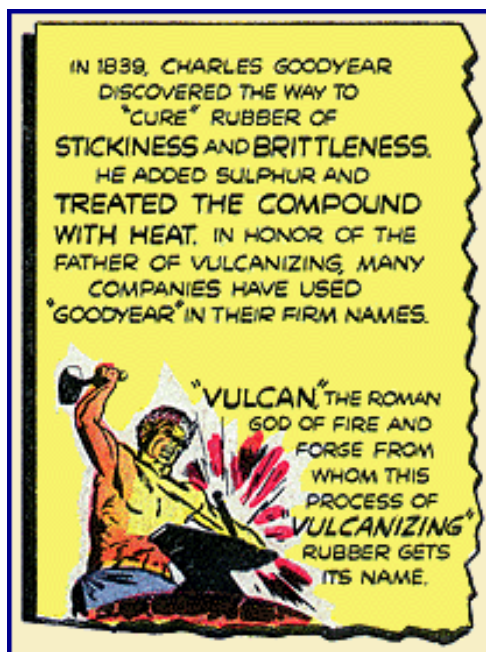
3. **Barras expulsoras:** al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda manual para realizar esta operación.

Proceso de vulcanización del caucho

Que es la vulcanización.

La vulcanización es un proceso mediante el cual el caucho crudo es calentado en presencia de, por lo general azufre, ya que hay otros medios de vulcanización, como los peróxidos, haciéndolo más duro y resistente al frío. El descubrimiento se atribuye al norteamericano Charles Goodyear, quien por accidente volcó un recipiente con azufre y caucho encima de una estufa, endureciéndose la mezcla y volviéndose impermeable. Era el año en 1839. Goodyear denominó a este fenómeno vulcanización en honor al dios Vulcano, deidad romana de los metales, el fuego y las fraguas (ver imagen 7). (Fundación Andaluza para la divulgación de la innovación y el conocimiento. 2016)

Imagen 5. Descripción de la vulcanización.



Fuente: Tecnología Del Caucho Parte 1. Castaño, Nelson. 2011, 162

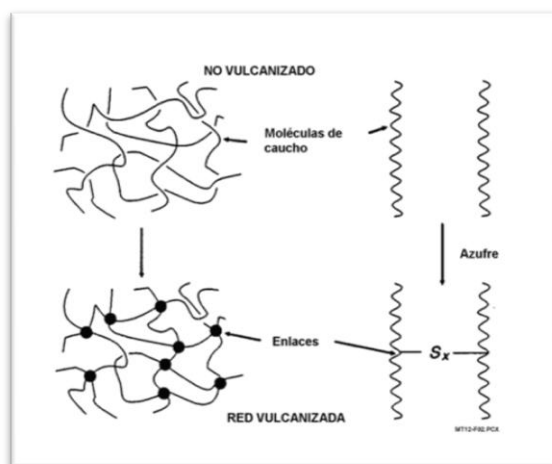
Este proceso se refiere a la reacción química producida cuando el azufre actúa sobre los dobles enlaces de carbono presentes en el elastómero. Normalmente, para elaborar el elastómero, se mezcla el caucho con todas las materias primas y se obtiene un crudo, en el cual no existe reacción química alguna. Luego, aplicando presión y altas temperaturas, se genera la reacción química del azufre con los dobles enlaces del elastómero, obteniendo el caucho vulcanizado. (Vulcanización, s.f.)

Para lograr la vulcanización, se requiere de un tiempo de vulcanización dentro de las maquinas inyectoras, el cual se refiere al "tiempo requiero para que el compuesto obtenga propiedades satisfactorias para su uso en la práctica; en este tiempo está considerado el calor residual de los moldes en el lapso comprendido entre

la apertura de la prensa y el desmoldado que continua vulcanizando las piezas”.
(Falconer, Roebuck y Clarck, 1969, 6).

A continuación se muestran imágenes de las moléculas del caucho sin vulcanizar y otro vulcanizado.

Imagen 6. Moléculas de caucho vulcanizadas



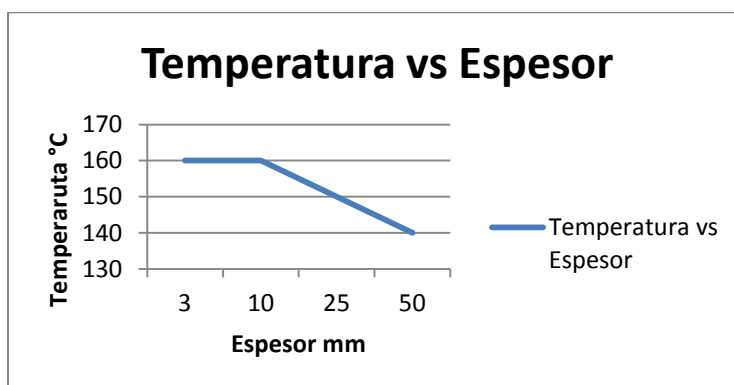
Fuente: calzawebperu.com/.pdf

El proceso de vulcanización puede darse en tiempos y temperaturas variadas dependiendo del tipo de sistema de vulcanización empleado, de la concentración de los acelerantes y reticulantes empleados en la formulación de la mezcla. Pero se produce más rápidamente a 160°C, la experiencia al interior de la empresa ha demostrado que los mejores resultados son los obtenidos cuando se vulcaniza entre 135 y 150°C, lo que exige en cambio prolongar por más tiempo la operación en las máquinas inyectoras.

Tabla 2. Temperaturas óptimas para inyección de caucho natural. (Conversación personal, Ingeniero P. García, Enero 2016)

COMPUESTO NATURAL				
PARAMETROS	ESPESOR DE LA PIEZA EN MILIMETROS			
	3	10	25	50
Temperatura °C	160	160	150	190
Tiempo Vulcanización (Seg.)	80	120	180	240

Gráfico 1. Temperatura VS Espesor de la pieza

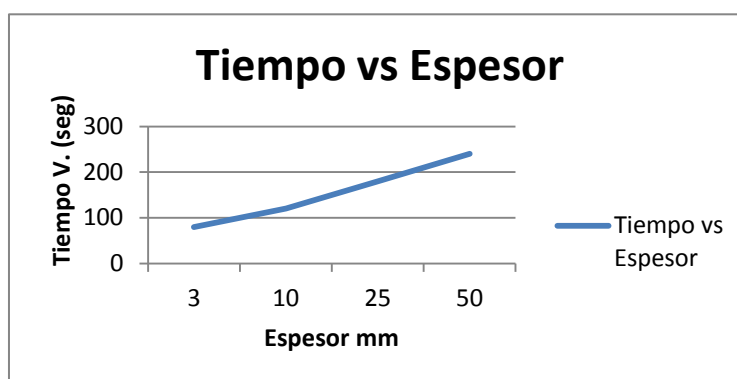


Según la gráfica 1. La temperatura es inversamente proporcional al espesor de la pieza; esto quiere decir que entre mayor espesor tenga una pieza, la temperatura para obtener un producto de buena calidad debe ser menor, puesto que si la temperatura es muy alta, el caucho sin vulcanizar no alcanzaría a llenar todo el molde y se vulcanizaría antes de tiempo, dando como resultado un producto inconforme.

Tabla 3. Temperaturas óptimas para inyección de Nitrilo. (Conversación personal, Ingeniero P. García, enero 2016)

COMPUESTO NITRILO				
PARAMETROS	ESPESOR DE LA PIEZA EN MILIMETROS			
	3	10	25	50
Temperatura °C	180	175	165	150
Tiempo Vulcanización Segundos	60	80	140	200

Gráfico 2. Tiempo de vulcanización VS Espesor de la pieza



Según la gráfica 2. El tiempo de Vulcanización es directamente proporcional al espesor de la pieza; esto quiere decir que entre mayor espesor tenga una pieza, el tiempo de vulcanización debe ser igualmente mayor, puesto que si el tiempo es corto probablemente el producto no alcance a vulcanizarse y por lo tanto salir crudo, generando de igual manera un producto inconforme.

Los productos terminados después de vulcanizados, se modifican completamente, siendo insolubles en los solventes comunes y soportando elevadas temperaturas sin perder sus propiedades de elasticidad. Se entiende que cuando hablamos de elevadas temperaturas nos referimos a las toleradas por la materia orgánica antes de su carbonización. (Caucho, s,f).

Comercialización de productos de caucho

Industrias CADI S.A, posee una amplia gama de productos, los cuales se han fabricado bajo altos estándares de calidad exigidos por los clientes, algunos de ellos son los destinados a:

- Empaques para el sector alimenticio

Imagen 7. Empaques para ollas a presión



Fuente: Industrias CADI

- Sector Construcción

Imagen 8. Empaques para tuberías en PVC de acueducto y alcantarillado



Fuente: Industrias CADI

- Sector Automotor

Imagen 9. Empaques para filtros de aceites, baterías, etc

Fuente: Industrias CADI

- Línea para Grifería

Imagen 10. Empaques para grifos de lavamanos, lavaplatos y sanitarios

Fuente: Industrias CADI

- Línea Iluminación.

Imagen 11. Empaques para alumbrado público y pasa cables.

Fuente: Industrias CADI

A demás comercializa caucho triturado y adoquines para caballerizas, parques infantiles, entre otros

Imagen 12. Adoquines en caucho triturado

Fuente: Imagen suministrada por Ingeniero P. García. Industrias CADI S.A

Estándares de calidad para la comercialización del caucho

Industrias CADI S.A, se encuentra certificada bajo la Norma ISO 9001:2004, y cuenta con un laboratorio de calidad que certifica que los productos terminados cumplen con los criterios de calidad exigidos por los clientes.

A continuación, se describen brevemente cada una de las normas técnicas que establecen los criterios a evaluar:

NTC 444 - Caucho vulcanizado y elastómeros termoplásticos. Determinación de las propiedades de tensión.

Establece procedimientos utilizados para evaluar las propiedades de tensión del caucho vulcanizado termoestable y elastómero termoplástico. Estos métodos no se aplican para ebonita (polímero resultante de la vulcanización de caucho puro con azufre. Polímero duro, negro y compacto.) y otros materiales de dureza similar y baja elongación. Tercera edición, octubre de 2006. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, 2006. [NTC 444]).

NTC 447 - Método estándar para determinar el deterioro del caucho vulcanizado en una cámara de aire (Air Oven)

Describe un procedimiento para determinar la influencia de una temperatura elevada sobre las propiedades físicas del caucho vulcanizado. Segunda edición, diciembre 2005 (ICONTEC, 2005. [NTC 447])

NTC 456 - Caucho vulcanizado. Determinación de la densidad.

Esta norma especifica dos métodos de ensayo para determinar la densidad del caucho sólido vulcanizado. Primera edición. Julio 2004 (ICONTEC, 2004. [NTC 456])

NTC 467 - Propiedades del caucho. Determinación de dureza con durómetro.

Describe doce tipos de dispositivos de medición de dureza conocidos como durómetros: tipos a, b, c, d, do, e, m, o, oo, ooo -s y r. también se describe el procedimiento para determinar la dureza por identificación de las sustancias clasificadas como elastómero. Segunda edición. Junio 2006 (ICONTEC, 2006. [NTC 467]).

NTC 724 - Métodos estándar para determinar la deformación del caucho por compresión.

Esta norma cubren los ensayos que se realizan al caucho, destinado para uso en aplicaciones, los cuales son sometidos a esfuerzos de compresión con aire y líquido. Primera edición. Agosto 1996 (ICONTEC, 1996. [NTC 724]).

NTC 812 - Propiedades del caucho. Efecto de los líquidos. Método de ensayo.

Establece los procedimientos requeridos para evaluar la capacidad comparativa del caucho y compuestos similares a este. Contiene condiciones de ensayo, líquidos de ensayos estándar, preparación del espécimen e informe del ensayo. Primera edición. Junio 1997 (ICONTEC, 1997. [NTC 812]).

NTC 1610 - Caucho vulcanizado. Determinación del cambio de propiedades físicas por inmersión en líquidos y de la materia soluble extraída por los mismos.

Establece los métodos para determinar el cambio de propiedades físicas, que sufre el caucho vulcanizado, por inmersión en distintos líquidos, así como los procedimientos para la determinación de la materia soluble extraída por los mismos. Primera edición, marzo 1981. (ICONTEC, 1981. [NTC 1610])

NTC 1982 - Artículos de uso doméstico. Compuestos para la elaboración de empaques de caucho para sellado de ollas a presión.

Establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los que deben someterse los compuestos que se utilizan para la elaboración de los empaques para el sellado de ollas a presión. Segunda edición. Octubre 1998.(ICONTEC, 1998 [NTC 1982]).

NTC 2221 - Sellos externos de caucho sintético para filtros de aceite sellados.

Establece los requisitos que han de cumplir y los ensayos a los cuales deben someterse los sellos externos de caucho sintético, empleados en los filtros de aceite sellados para vehículos automotores. Primera edición. Diciembre 1987. (ICONTEC, 1987. [NTC 2221]).

NTC 2536 - Sellos elastoméricos (empaques) para unión de tubos plásticos.

Se refiere a los sellos elastoméricos (empaques) usados para sellar las uniones de tubos plásticos empleados en aplicaciones de alta presión, baja presión y gravedad. Cuarta edición. Septiembre 2009. (ICONTEC, 2009. [NTC 2536]).

La aplicación de estas normas técnicas permite que se pueda cumplir con las características necesarias que exige el producto, como se mencionó anteriormente, Industrias CADI tiene varias líneas de producción, cada línea tiene productos específicos que tendrán usos específicos, y dependiendo del producto hay normas que ayudan a determinar de que el compuesto elaborado sí cumple con la aplicación que va a tener; por ejemplo, los empaques que son destinados a la fábrica de alimentos, no deben tener olor, ni sabor y tampoco deben alterar las condiciones del producto con el que va a estar en contacto; la norma técnica permite entonces que este empaque cumpla con las funciones y características que exige esta línea productiva.

Por medio de la aplicación de estas normas, su ejecución y aprobación; Industrias CADI S.A. entrega a sus clientes productos de excelente calidad, productos competitivos en los mercados nacional e internacional.

Pruebas de laboratorio

Industrias CADI S.A, cuenta al interior de la empresa con un laboratorio que permite medir los parámetros de calidad de los productos, con el fin de verificar las condiciones y características de cada uno. Entre las pruebas tenemos:

a) Compression Set.

Un conjunto de compresión se puede definir como una deformación permanente que tiene lugar en el punto más bajo de influencia del material. Los compuestos de caucho se deforman permanentemente bajo compresión. Esta deformación permanente es de particular preocupación cuando se usan elastómeros para crear los sellos (Meehan, 2014). Al interior de la empresa, esta prueba se hace basada en la norma NTC 724

b) Densidad:

Determinar la densidad de una muestra por el método de desplazamiento de líquidos. Basado en la norma NTC 456. (Ortiz, Procedimiento de formulaciones y ensayos. 2013, 5)

c) Grado de dureza:

Ensayo empírico para propósitos de control, determinación de propiedades del caucho según el uso que se le dará al producto. Basado en la norma NTC 467. (Ortiz, Procedimiento de formulaciones y ensayos. 2013, 6)

d) Tensión y alargamiento:

Esta prueba consiste en alargar una probeta de ensayo por fuerza de tensión, ejercida gradualmente, con el fin de conocer ciertas propiedades mecánicas de materiales en general: su resistencia, rigidez y ductilidad (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008, 5). Basado en la norma NTC 444.

e) Inmersión en líquidos:

Determina el cambio de las propiedades físicas que sufre el caucho vulcanizado por inmersión en distintos líquidos, así como los procedimientos para la determinación de la materia soluble extraída por los mismos. Basado en la norma NTC 1610. (Ortiz, Procedimiento de formulaciones y ensayos. 2013, 7)

f) Envejecimiento acelerado:

Este tipo de envejecimiento cubre tres procedimientos que estiman la capacidad comparativa de los compuestos de caucho para soportar los efectos del desgaste normal, o a la exposición de una atmósfera que contiene cantidades controladas de ozono. (Casadiego, 2015, 13). Basado en la norma NTC 447.

g) Reometría:

El Reómetro genera una gráfica de "torque vs. Tiempo" que es característica del compuesto de caucho. Esta gráfica se obtiene colocando una muestra del compuesto en una prensa calefaccionada dentro de la cual existe un rotor oscilante que es mantenido en movimiento invariable, tanto en ángulo como en velocidad, por un motor durante el proceso de vulcanización de la muestra. A medida que va progresando la vulcanización se hace mayor el torque necesario para mantener oscilando el rotor. Este torque se calcula en función a la fuerza que tiene que hacer el motor y se gráfica contra el tiempo, a esta gráfica se la denomina curva reométrica. (Reometría, 2013)

Objetivos

Objetivo general

Evaluar alternativas de aprovechamiento de las colas de caucho generadas en el proceso productivo en el área de inyección de Industrias CADI S.A.

Objetivos específicos

- Identificar las causas de generación de colas de caucho en las maquinas inyectoras.
- Evaluar posibles mercados para el aprovechamiento de las colas de caucho.
- Determinar qué tipo de material tiene más potencial de aprovechamiento.

El desarrollo del formato se lleva a cabo por el operario encargado de la recolección de residuos sólidos, quien diariamente pasa por cada máquina inyectora recolectando y pesando las cantidades generadas en cada una, ya que algunas máquinas generan más cantidad que otras debido a que estas no cuentan con una tecnología idónea para evitar estos desperdicios. El seguimiento a este formato lo realiza la Ingeniera ambiental, quien tabula y verifica la información.

Teniendo claridad en las cantidades de residuos de colas que se generan, se tiene proyectado realizar ensayos con los siguientes materiales:

- Colas de caucho (Inicialmente colas de nitrilo y caucho natural)
- Bolsas plásticas (residuo clasificado como peligroso por estar contaminado con azufre)
- Lodos provenientes del proceso de buratos
- Pulverizado de caucho

Es importante aclarar que las bolsas plásticas que se utilizan en este proyecto provienen de la preparación de las mezclas de acelerantes utilizadas en el banbury (máquina que sirve para mezclar y refinar materias primas) para la elaboración de compuestos de caucho. Al final del proceso estas se convierten en un residuo peligroso puesto que se encuentran contaminadas con componentes químicos; su disposición se hace mediante Ecologista S.A

El procedimiento consiste en determinar las cantidades de material a utilizar, posteriormente los materiales son llevados a un molino donde se integran hasta obtener una mezcla homogénea; de allí se pasa al área de prensado donde se realizaran ensayos con diferentes cantidades hasta obtener durezas y consistencias óptimas del material. El producto inicial serán adoquines de caucho, ya que al interior de la empresa los moldes que se tienen son para elaboración de estos con caucho triturado, los cuales son comercializados para pisos en kioscos y en caballerizas como reemplazo de aserrín, puesto que permite ser lavado y son de alta durabilidad.

A continuación se mostraran cada uno de los materiales y herramientas a utilizar:

Imagen 13. Maquina inyectora



Máquina inyectora n° 11 la cual genera la mayor cantidad de residuos de caucho en la empresa.

Imagen 14. Recipiente receptor de colas de caucho.



Una vez se genera el residuo es dispuesto en estas canastillas para su posterior recolección y pesaje, además de que permite un mejor almacenamiento temporal permitiendo el orden y aseo.

Imagen 15. Pesaje de colas de caucho.



La báscula del área de almacén será la utilizada para el pesaje del material ya que es digital y arroja datos más precisos

Imagen 16. Molino Chino.



Industrias CADI cuenta para su proceso productivo con dos molinos, el español y el chino, para este trabajo, se utilizará el molino Chino que es manipulado por personal altamente calificado. Con este se pretende obtener una mezcla homogénea a partir de la incorporación de los diferentes materiales.

Imagen 17. Prensa.



La prensa se utiliza para la elaboración de adoquines, y será la que se empleará para elaborar el producto resultante de los ensayos. Esta prensa permite una presión de 2000 PSI, una temperatura máxima de 100°C y control de

tiempo de máximo 20 minutos, con lo cual se puede obtener una mejor calidad de producto puesto que permite controlar los tres parámetros anteriormente descritos.

Imagen 18. Molde.



Industrias CADI cuenta con el ingeniero de Desarrollo Mecánico, quien es el encargado de diseñar y fabricar moldes para los diferentes tipos de productos que se ofrecen al público.

Este molde fue por lo tanto diseñado y fabricado al interior de la empresa para la elaboración de adoquines de caucho triturado, por tanto, se utilizara este molde para realizar los ensayos con los materiales nombrados objeto de este estudio.

Imagen 19. Maquina inyectora 6.

La máquina inyectora (imagen 21) es utilizada para realizar probetas donde se mide la dureza y elasticidad de las mezclas a utilizar; en esta máquina se realizaran ensayos previos a la elaboración del producto.

Es necesario que para obtener un producto de buena calidad, se deben realizar diferentes ensayos vigilando temperatura y tiempo, hasta obtener el producto deseado.

Cronograma de actividades

Tabla 5. Cronograma de actividades año 2015

ACTIVIDADES	AÑO 2015																												RESPONSABLE								
	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		1	2	3	4	1	2	3	4
Formulación Anteproyecto	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																								Paula Gómez - María Torres
Presentación Anteproyecto													■																								Paula Gómez - María Torres
Recolección de información																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									Operario Industrias CADI
Seguimiento a formato																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■									Paula Gómez - María Torres
Ensayos Preliminares							■												■								■	■	■						Paula Gómez - María Torres		
Estructura del proyecto																													■	■							Paula Gómez - María Torres

Tabla 5. Cronograma de actividades año 2016.

ACTIVIDADES	AÑO 2016								RESPONSABLE
	FEBRERO				MARZO				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Ensayos y Probetas	■	■	■	■					Paula Gómez - María Torres
Análisis de resultados				■	■				Paula Gómez - María Torres

Resultados esperados

Con el desarrollo del proyecto se pretende lograr:

- Disminuir los residuos ordinarios a disponer en un relleno sanitario
- Promover la reutilización y aprovechamiento de los residuos sólidos.
- Elaborar productos a base de los residuos o colas de caucho.
- Dar un valor agregado a los residuos sólidos.
- Generar nuevas alternativas de aprovechamiento.

Imagen 20. Adoquines de Caucho.



Fuente: Maderplay.com

Presupuesto

Tabla 6. Presupuesto mano de obra.

PERSONAL	MESES REQUERIDOS	HORA/MES	SERVICIO PROFESIONAL	VALOR SERVICIOS PRESTADOS/HORA	TOTAL
Paula Marcela Gómez	6	4	Ingeniera	10.000	\$ 240.000
María Fernanda Torres M.	6	4	Ingeniera	10.000	\$ 240.000
Víctor Ramírez	5	2	Operario Prensa	3.209	\$ 32.093
Garibaldi Escobar	4	2	Operario Molino	4.398	\$ 35.184
Nicolás Arteaga	5	2	Operario Servicios	3.209	\$ 32.090
TOTAL					\$ 579.367

Tabla 7. Presupuesto desplazamientos

DESPLAZAMIENTO	NUMERO VIAJES	VALOR VIAJE	TOTAL
Viaje el Carmen de Viboral - Guarne	30	\$ 20.000	\$ 600.000

Tabla 8. Presupuesto de materiales

MATERIALES	CANTIDAD	VR UNITARIO	TOTAL
Libreta	2	8.500	17.000
Tabla de apoyo	2	9.500	19.000
Fotocopias	30	50	1.500
Lápices	4	1.272	5.088
Impresión informe	2	55.000	110.000
TOTAL			152.588

Tabla 9. Presupuesto depreciación de equipos

DEPRECIACION DE EQUIPOS	MES USO	COSTO	VIDA UTIL/MES	DEPRECIACION TOTAL
Molino Chino	1	\$ 80.000.000	60	\$ 1.333.333
Prensa mecánica	1	\$ 10.000.000	60	\$ 166.667
Bascula industrial	3	\$ 800.000	60	\$ 40.000
Computador	6	\$ 1.800.000	36	\$ 300.000
TOTAL				\$ 1.840.000

Tabla 10. Presupuesto análisis de laboratorio

Prueba de Laboratorio	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total.
Densidad	2	\$ 50.000	\$ 100.000
Inmersión	2	\$ 60.000	\$ 120.000
Compression Set	2	\$ 90.000	\$ 180.000
Elongación y Tensión	2	\$ 110.000	\$ 220.000
Dureza	2	\$ 45.000	\$ 90.000
TOTAL			\$ 710.000

Tabla 11. Presupuesto general.

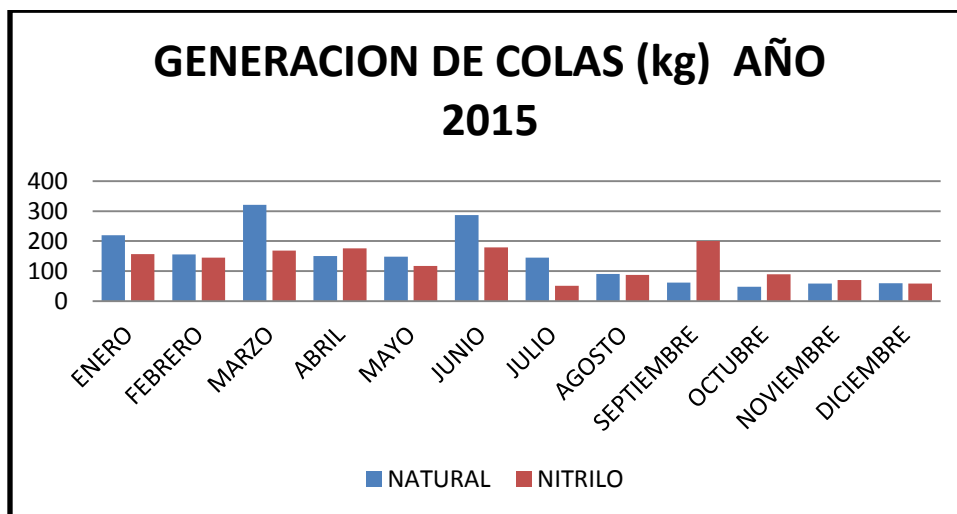
DESCRIPCION	TOTAL
PERSONAL	\$ 579.367
MATERIALES	\$ 152.588
DEPRECIACION EQUIPOS	\$ 1.840.000
ANALISIS DE LABORATORIO	\$ 710.000
VIATICOS	\$ 600.000
TOTAL	\$ 3.881.955

Resultados y análisis

De acuerdo a la metodología planteada, el desarrollo de este proyecto inició con la toma de datos e información correspondiente a la generación de las colas de caucho sean estas de natural o de nitrilo.

El formato de seguimiento de generación de colas, que se estableció, se diligencio diariamente pasando por cada máquina inyectora, arrojando los siguientes resultados.

Gráfico 3. Desarrollo formato generación de colas.



Teniendo en cuenta la anterior gráfica, es evidente que hay un cambio significativo al inicio del segundo semestre en dicha generación, su principal causa se debe al cambio de personal que tomo los datos diariamente, siendo más confiable la información perteneciente al primer semestre.

Con esto se puede observar que la generación de colas de caucho natural es mayor a la de colas de nitrilo, siendo 145.45 kg el promedio mensual de

generación de colas de natural y 124.98 kg el promedio de generación de colas de nitrilo

Teniendo en cuenta la cantidad de colas de caucho generadas en Industrias CADI S.A. se procede a realizar ensayos para determinar el potencial de aprovechamiento.

Los ensayos fueron llevados a cabo de la siguiente manera.

Ensayo 1

Día: 03 de Marzo de 2015

Hora: 11:00 am

Tiempo molineado: Inicia la mezcla de materiales a las 11:00 am.

Finaliza: 11:15 am

Molino: Molino chino.

Temperatura del molino: 40 °C aprox.

Temperatura óptima: El molino chino alcanza una temperatura de 65°C, esto facilita la homogenización de los materiales.

Tabla 12. Primer ensayo mezcla de materiales

MATERIAL	CANTIDAD (gr)
COLAS DE CAUCHO	2000
LODOS SECOS	250
PULVERIZADO NITRILO	290
ENVASES PET TRITURADOS	280
TRITURADO DE NATURAL	300
BOLSAS CONTAMINADAS	70

La finalidad de este ensayo, fue conocer cómo quedaría la mezcla para la elaboración de los adoquines. Con este primer ensayo se quería comprobar que la mezcla cumplía con la textura y apariencia necesaria para su posterior utilización.

En esta ocasión, se trabajó con una mezcla de colas de caucho (natural y nitrilo), debido a que se encontraban juntas y su separación se torna difícil por las características de los materiales.

Se añadió envases PET triturado, puesto que inicialmente se pensó que este tipo de material podría adherirse fácilmente a la mezcla, y aunque si logro integrarse una pequeña cantidad, el material no es el adecuado para este tipo de ensayos, la mezcla final, mostró partes enteras de este en el producto final.

Se adicionó homogenizante, este tipo de producto comercialmente se conoce como STRUKTOL MSF 40. Es un producto químico que ayuda a que los compuestos se integren entre sí, logrando un mejor compuesto y por lo tanto un mejor producto final.

Así mismo se añadió pulverizado de nitrilo, debido a que es un producto que se encuentra en gran cantidad en la empresa sin utilización alguna.

Esta mezcla o compuesto no fue llevada al laboratorio para su respectivo análisis.

A partir de esta mezcla se desarrollaron dos adoquines.

Imagen 21. Adoquines resultado del primer ensayo.

La elaboración de estos adoquines fue en una maquina inyectora N° 20

Primer adoquín.

Temperatura molde: 140 °C

Tiempo de vulcanización: 180 segundos.

Segundo adoquín

Temperatura del molde: 160 °C

Tiempo de vulcanización: 220 segundos

Ambos adoquines salieron en perfecto estado.

Ensayo 2

A. NATURAL

Día: 15 de abril de 2015.

Hora: 2:00 pm

Tiempo molineado: Inicia la mezcla de materiales a las 2:00 pm.

Finaliza: 2:20 pm

Molino: Molino chino.

Temperatura del molino: 65 °C aprox.

Tabla 13. Segundo ensayo. Lista de materiales.

MATERIAL	CANTIDAD (gr)
COLAS NATURAL	16000
LODOS SECOS	2000
BOLSAS CONTAMINADAS	30
HOMOGENIZANTE.	100

B. NITRILO

Tiempo molido: Inicia la mezcla de materiales a las 2:40 pm.

Finaliza: 3:00 pm

Molino: Molino chino.

Temperatura del molino: 65 °C aprox.

Tabla 14. Segundo ensayo. Lista de materiales

MATERIAL	CANTIDAD (gr)
COLAS NITRILO	16000
LODOS SECOS	2000
BOLSAS CONTAMINADAS	100
HOMOGENIZANTE	100
PULVERIZADO NITRILO	1600

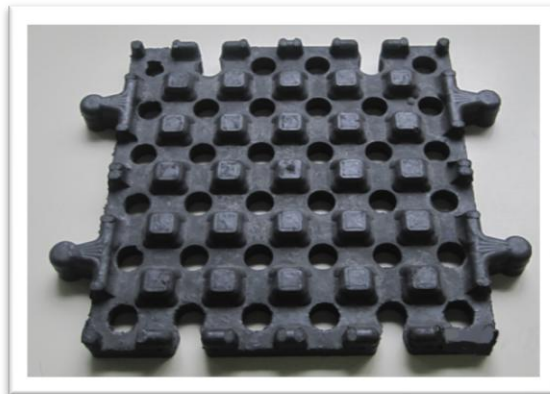
Para esta ocasión, se suprimió, de los ensayos, el material llamado PET y triturado de natural, puesto que se pudo evidenciar que no adherían bien y el producto final no era el esperado.

Para esta ocasión se logró obtener una buena separación de materiales, lo cual mejoró la calidad del producto final, se hizo dos mezclas o compuestos los cuales sirvieron para la elaboración de adoquines y la elaboración de un producto

que al interior de la empresa se llama silleta (producto usado generalmente para tuberías de alcantarillado. PAVCO), logrando obtener en apariencia un producto de buena calidad.

A partir de este ensayo, se concluyó que con este tipo de materiales se pueden obtener productos que no exijan en el mercado altos estándares de calidad. Por ejemplo las baldosas para cabellerizas. Ver imagen 24.

Imagen 22. Baldosas para cabellerizas



Este tipo de productos se comercializa en la empresa sin que se exijan pruebas de laboratorio.

A continuación se muestra en las imágenes los adoquines realizados en el ensayo n° 2, así como la silleta elaborada con la mezcla de nitrilo.

Imagen 23. Adoquín resultado del segundo ensayo. Mezcla natural



Imagen 24. Adoquín resultado del segundo ensayo. Mezcla nitrilo.



Imagen 25. Silleta elaborada con mezcla natural (colas)



Ensayo 3

Día: 16 de Febrero de 2016.

Hora 1:48 pm

Para este ensayo, el molino chino tenia inconvenientes técnicos, por lo tanto, el ensayo debió realizarse en un molino pequeño cuyas características no son las adecuadas para este tipo de mezclas, generalmente lo utilizan para el molineado de siliconas y mezclas para ensayos de laboratorio.

Cabe anotar que los resultados variaron significativamente, tanto a la hora del molineado como la obtención de la mezcla final.

A. ENSAYO NATURAL

Tiempo en molino: Inicia mezclado 1:48 pm

Finaliza mezclado 2:30 pm

Temperatura del molino: 60 °C

Tabla 15. Tercer ensayo

MATERIAL	CANTIDAD (gr)
COLAS NATURAL	3000
LODOS SECOS	1000
BOLSAS CONTAMINADAS	100
HOMOGENIZANTE.	0

Como se mencionó anteriormente, la realización de este ensayo se llevó a cabo en otra máquina, lo que condujo a que el tiempo en el molino, variara de 15 minutos en molino chino, a 42 minutos en molino de ensayos.

La mezcla resultado de este molineado, no fue la que se esperaba, su textura y apariencia cambiaron totalmente, se quebraba fácilmente y se endureció antes de lo esperado.

Con esta mezcla se desarrollaron botones para la prueba de laboratorio llamada compression set, los cuales salieron en mal estado. Además, se hicieron

tres adoquines, uno de los cuales quedo imperfecto debido a que la mezcla no encajo en el molde y falto material para el correcto llenado del mismo (1030 gr)

El segundo adoquín salió en mejor estado puesto que se aumentó la cantidad de mezcla en el molde, se introdujo 1400 gr de la misma lo que permitió el llenado completo del molde y un mejor producto.

El tercer adoquín se realizó al día siguiente de haber desarrollado la mezcla, está ya se encontraba completamente fría. Los paramentos en la maquina inyectora cambiaron, el resultado final fue un adoquín inflado – no conforme.

A continuación se muestran los adoquines y botones para laboratorio

Imagen 26. Producto inconforme por falta de llenado de molde.



Para la elaboración de este adoquín, se ubicó mezcla en la maquina inyectora 20.

Temperatura molde: 160 °C

Tiempo de vulcanización: 480 segundos.

Imagen 27. Producto conforme, adoquín caucho natural.



Maquina inyectora 20.

Temperatura molde: 160 °C

Tiempo de vulcanización: 600 segundos.

Imagen 28. Producto no conforme, adoquín realizado con mezcla natural fría.



Maquina inyectora 20.

Temperatura molde: 160 °C

Tiempo de vulcanización: 660 segundos.

Cantidad de llenado 1400 gr.

Imagen 29. Botones de mezcla de colas natural.



B. ENSAYO NITRILO

Tiempo en molino: Inicia mezclado 3:45 pm

Finaliza mezclado 4:30 pm

Temperatura del molino: 60 °C

Tabla 16. Tercer ensayo. Nitrilo

MATERIAL	CANTIDAD (gr)
COLAS NITRILO	3000
LODOS SECOS	500
BOLSAS CONTAMINADAS	100
PULVERIZADO NITRILO	317

Para el desarrollo de esta mezcla, los resultados cambiaron drásticamente, el nitrilo no permitió la incorporación total de los otros materiales, el tiempo en el molino subió a 45 minutos y el producto final fue una mezcla quebradiza, polvorosa, no uniforme.

Se logró fabricar un solo adoquín y algunos botones para el ensayo de compression set.

Imagen 30. Adoquín en nitrilo, muestra caliente.

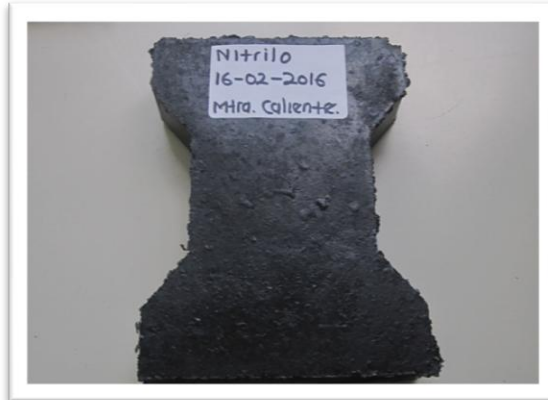


Imagen 31. Botones para pruebas de laboratorio. Nitrilo



Ensayo 4

Día: 03 de marzo de 2016.

Hora 11:20 am

Para esta ocasión, se contó con el molino chino. La finalidad de este ensayo fue producir una mezcla con mejores condiciones, al igual que se quiso confirmar que una buena maquina (molino chino), arroja un compuesto o mezcla más uniforme en menor tiempo.

A. ENSAYO NATURAL.

Tiempo en molino: Inicia mezclado 11:20 am

Finaliza mezclado 11:45 am

Temperatura del molino: 65 °C

Tabla 17. Cuarto ensayo. Natural.

MATERIAL	CANTIDAD (gr)
COLAS NATURAL	10000
LODOS SECOS	900
BOLSAS CONTAMINADAS	100
HOMOGENIZANTE.	100

Para esta ocasión, se tenía contemplado la adición de 2.5 kg de lodos que sería lo correspondiente a los 10kg de colas de caucho natural que se adicionaron.

Al inicio de la preparación de la mezcla, los lodos fueron rechazados por el compuesto lo que condujo a que se redujera la cantidad a solo 900 gr y se aumentara el tiempo en molino por 25 minutos. La razón que se da a este hecho, es que las colas de caucho, no siempre son las mismas, no tienen los mismos componentes, principalmente dureza.

Normalmente las mezclas de natural son cargadas con carbonato de calcio que tienen características especiales que le da volumen al compuesto, funciona como una carga no reforzante y no altera las propiedades del compuesto. Entonces, al adicionar los lodos deshidratados, estos van a querer cumplir con esa función, pero se llega al punto en que el caucho natural no soporta la carga y se quiebra. Por esta razón, se disminuyó la cantidad de lodos al mezclado en el molino.

El resultado fue una mezcla homogénea, fácil de manejar y en buenas condiciones.

A partir de esta mezcla se quiso desarrollar nuevamente los botones para la prueba de laboratorio compression set, y probetas para ensayos de laboratorios para medir dureza, tensión y elongación.

Imagen 32. Botones realizados con mezcla de caucho natural (colas)



Los parametros utilizados fueron:

Temperatura del molde: 160°C

Tiempo de vulcanizacion: 18 minutos.

Maquina utilizada: prensa hidráulica

B. ENSAYO NITRILO.

Tiempo en molino: Inicia mezclado 11:46 am

Finaliza mezclado 12:05 pm

Temperatura del molino: 65 °C

Tabla 18. Cuarto ensayo. Nitrilo.

MATERIAL	CANTIDAD (gr)
COLAS NITRILO	10000
LODOS SECOS	1000
BOLSAS CONTAMINADAS	100
HOMOGENIZANTE.	100

Esta mezcla se dejo trabajar mas facilmente, los lodos se integraron completamente sin problemas, tiempo en molino 20 minutos.

Los resultados de la mezcla fueron optimos, a partir de esta mezcla tambien se realizaron botones para la prueba de compression set.

Imagen 33. Botones de nitrilo.

Los parametros utilizados fueron:

Temperatura del molde: 160°C

Tiempo de vulcanizacion: 22 minutos.

Maquina utilizada: prensa hidráulica

Resultados de laboratorio

Tabla 19. Resultados de laboratorio.

	<h1>INFORME DE ENSAYOS</h1>	CÓDIGO: F9-106
		VERSIÓN: 2
		FECHA: 30/06/15
		PÁGINAS: 1/1

ALCANCE: Compuestos de natural y nitrilo fabricados con colas de caucho (Excedente del proceso de inyección) para fabricación de baldosas.

OBJETIVO: Realizar ensayos bajo normas más representativas utilizadas en Industrias Cadi S.A. para

EVALUACIÓN DE COMPUESTOS FABRICADOS CON COLAS DE CAUCHO (EXCEDENTE DEL PROCESO DE INYECCIÓN)					
ENSAYO	NORMA BAJO LA CUAL SE REALIZA EL ENSAYO	NORMAS MÁS REPRESENTATIVAS PARA EVALUAR PRODUCTOS EN INDUSTRIAS CADI		RESULTADOS	
		EXIGENCIAS NTC 2536 (HIDROSELLOS EN NATURAL)	EXIGENCIAS NTC 2221 (FILTROS DE ACEITE EN NITRILO)	NATURAL	NITRILO
PROPIEDADES ORIGINALES					
Resist. a la tensión mín. Mpa (Psi)	NTC 446	13,8 (2000)	10,5 (1522,90)	4,23 (614,04)	8,00 (1159,82)
Elongación mínima (%)	NTC 447	400	150	321,25	293,25
Dureza (Shore A)	NTC 467	60	70	61	72
Deformación por compresión. máx(%)	NTC 724	20	20	24,60	21,33
DESPUÉS DE INMERSIÓN EN AGUA					
Cambio en volumen (%) máximo	NTC 812/ NTC 1610	5	-8 a +5	1,34	7,22
DENSIDAD					
Determinación de la densidad	NTC 456	N/A	N/A	1,28	1,26

Observaciones:

- 1) La tabla de exigencias bajo normas más representativas para los compuestos de INDUSTRIAS CADI S.A. solo es una guía para la realización de ensayos teniendo en cuenta que se desconoce una norma bajo la cual se evalúen las baldosas. Los resultados no comprometen el cumplimiento o incumplimiento bajo las normas NTC 2536 y NTC 2221.
- 2) El ensayo de inmersión para el natural se realizó en agua y el ensayo de inmersión para nitrilo se realizó en aceite ASTM # 3. El compuesto de Nitrilo presenta mayor permeabilidad.
- 3) Aunque no se realizó el ensayo de inmersión en aceite del compuesto de natural, por experiencia se debe evitar que la baldosa con este material entre en contacto con aceites ya que se el producto presentaría mayor % de volumen (hinchamiento).

Elaboró



Beatriz Elena Ortiz Martínez
Gerente de Calidad

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el laboratorio de Industrias CADI S.A, se puede determinar que a pesar de que se usaron únicamente residuos para la elaboración de estos ensayos, los resultados obtenidos no difieren significativamente en comparación con los parámetros exigidos por las normas para los productos con especificaciones técnicas.

Se puede decir que los resultados son favorables teniendo en cuenta que este producto tendría como uso principal la elaboración de adoquines o baldosas de caucho, donde la compression set, es el parámetro más importante.

Como se muestra en la tabla 20, estos datos son similares tanto para las mezclas realizadas con los residuos, como con las mezclas que se elaboran a partir de material virgen.

Conclusiones

- Las causas de generación de las colas de caucho se originan por la contrapresión que se genera al momento de la carga de la máquina, dando como resultado un residuo de caucho semivulcanizado, lo cual es inevitable debido que la boquilla de la maquina está separada de la placa molde, así mismo, en las inyectoras verticales las colas se generan al momento de purgar manualmente la maquina con el molde abierto, en este proceso la generación de colas es menor porque en esta máquina la boquilla está pegada a la placa molde. La purga se realiza con el fin de eliminar un tramo de caucho que se ha vulcanizado al interior del ducto de inyección debido a la temperatura
- El objetivo que se planteó al inicio del proyecto, se cumplió satisfactoriamente, se pudo comprobar que el material con mayor potencial de aprovechamiento es el residuo de colas de caucho natural, dado que durante los ensayos que se realizaron se logró sacar un producto conforme y su generación es más alta que la de nitrilo.
- El principal uso comercial de estos residuos, es la elaboración de productos con baja exigencia mecánica, como adoquines, siendo potencialmente utilizado en parques infantiles, caballerizas, pisos de kioscos, entre otros.
- Teniendo en cuenta la silleta que se elaboró con este material, se concluye que podría tener un uso secundario en la elaboración de productos que no requieran altos estándares de calidad.
- De llevarse a cabo proyectos de fabricación de productos al interior de la empresa con este material, la reducción de los residuos ordinarios a disponer

disminuiría notablemente, favoreciendo la economía de la empresa por ahorro de costos por disposición y reemplazo de materia virgen en la elaboración de otros productos.

- Así mismo, se podría evidenciar una reducción significativa de residuos peligrosos, puesto que es muy factible el consumo total de las bolsas contaminadas con compuestos de químicos, lo que contribuye también con la economía por la reducción de costos por disposición.

- Durante el desarrollo del proyecto, se pudo evidenciar que las mezclas elaboradas con las colas de caucho, se dejan trabajar mejor si se utilizan inmediatamente después de la molineada, que, si se trabajan luego de ser reposadas por uno o más días.

- De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de industrias CADI S.A. se puede concluir que este tipo de mezcla es apta para la fabricación y/o elaboración de adoquines o baldosas de caucho, producto que no tendría gran exigencia de parámetros o especificaciones técnicas.

- El desarrollo de este trabajo fue posible gracias al apoyo y colaboración de un equipo interdisciplinario al interior de la empresa, aportando ideas y conocimientos para el desarrollo de cada etapa del proyecto.

Recomendaciones

- El mercado de productos ecológicos ha ido creciendo enormemente en los últimos años, por ello, es recomendable que INDUSTRIAS CADI S.A., acoja este proyecto para crear una línea productiva ecológica donde su fuente de mercado sean estos productos ecológicos a base de la reutilización y aprovechamiento de residuos ordinarios y peligrosos.
- Para la elaboración de este tipo de productos es recomendable trabajar con las maquinas adecuadas con las que cuenta la empresa, para así obtener mejores productos.
- Si la empresa requiere nuevamente comercializar los tapetes para caballerizas, podría contemplar la opción de utilizar este tipo de mezcla, ya que se pudo comprobar que esta es especial para este tipo de productos.
- Es recomendable que al interior de la empresa se lleven a cabo ensayos o pruebas de laboratorio para los adoquines que actualmente se fabrican a base de caucho reciclado y triturado, con el fin de poder crear un comparativo con los resultados de los adoquines elaborados durante la ejecución de este proyecto.
- De acuerdo a los resultados que arroje el comparativo de los adoquines, finalmente poder determinar y analizar presupuestos de producción y oportunidades de comercialización.
- Investigar si a nivel internacional y nacional, existen normas con especificaciones técnicas para este tipo de productos (adoquín o baldosas), para

poder hacer un comparativo de resultados y evaluar la posibilidad de crear una línea productiva ecológica a partir del aprovechamiento de residuos.

Referencias

- Amórtegui, F. (2001). El cultivo del caucho. Modulo Educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Disponible en:
http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/El%20cultivo%20del%20caucho.pdf
- ASOHECA. (2009). Ficha técnica para la producción de caucho técnicamente especificado. Recuperado de:
<http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/FICHA%20TECNICA%20PARA%20LA%20PRODUCCION%20DE%20CAUCHO%20TECNICAMENTE%20ESPECIFICADO%20%28TSR%29.pdf>
- ASOHECA. (2009). Ficha técnica del manejo ambiental en la producción de caucho natural. Recuperado de:
<http://www.asoheca.org/imagenes/Fichastecnicas/FICHATECNICA%20DELMANEJOAMBIENTAL.pdf>
- Bastidas J, Cruz C. (s.f.). Aprovechamiento del cultivo y beneficio del látex del caucho natural. 1998. Disponible en:
http://207.239.251.110:8080/jspui/bitstream/11348/4854/2/20061127144217_Aprovechamiento%20cultivo%20y%20beneficio%20latex%20caucho.pdf
- Betancur. (2015). Procedimiento para el mantenimiento de la infraestructura P7-100 V0. Industrias CADI S.A.
- Carvajal. (1998). Imagen sacada de las notas. “Diseño de moldes de inyección”. ICIPC.

Casadiago. (2015). Ensayos de caracterización de los elastómeros. Disponible en línea en: <http://es.slideshare.net/casadres/ensayos-de-caracterizacin-de-los-elastomeros>.

Castaño. (2011). Notas del curso. Tecnología del caucho. Parte 1. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/58779828/Tecnologia-Del-Caucho-Parte-1#scribd>.

Castaño. (2015). Imagen sacada de las notas del curso. Tecnología del caucho, Universidad de Antioquia, Segunda parte.

Castaño. (2012). Incorporación de residuos de caucho vulcanizado pos industrial obtenido por trituración mecánica a mezclas puras de EPDM, 39. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/.../Nelson_CastañoCiro_2012.pdf

Caucho. Disponible en: <http://www.revolucionesindustriales.com/industrias-caseras/caucho.html>. Consultado en Enero 2016.

Ensayo de tensión, protocolo. (2008). Laboratorio de producción, Facultad de ingeniería industrial. Escuela Colombina de Ingeniería “Julio Garavito”.

Disponible en:

<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocolos/MATE/tension.pdf>

Escobar y Osorio, (2006). Disponible en:

http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127145036_Cultivo%20de%20caucho%20en%20agroforesteria.pdf

Escobar. (2004). Cultivo de caucho (*Hevea Brasiliensis*. Muell) con enfoque agroforestal. Disponible en:

<http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/EI%20cultivo%20de%20Caucho%20con%20enfoque%20agroforestal.pdf>

Espinal, Martínez. (2005). La cadena del caucho en Colombia .Disponible en:

http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200511215190_caracterizacion_caucho.pdf

FEDECAUCHO. (2006). Módulos Técnicos-Caucho Natural, Disponible en:

http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Caucho%20Natural_FEDECAUCHO.pdf

Fundación Andaluza para la divulgación de la innovación y el conocimiento.

Consultado enero de 2016. Disponible en:

<http://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/grandes-descubrimientos/17-edad-contemporanea/48-la-vulcanizacion-del-caucho>

García, Aristizabar, Montoya (2006). Revisión sobre el hongo *Microcyclus Ulei*, agente causal del mal suramericano de las hojas. Disponible en:

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/515/954>

Gregorich, E.G.; Carter, M.R.; Angers, D.A.; Monreal, C.M. and Ellert, B.H. (1994).

Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*. 74: 367-385.

Historia de la vulcanización del caucho, Ing. Nelson Castaño. Disponible en:

http://www.calzawebperu.com/PDF/historia_caucho.pdf,

ICA. (2012). Manejo integrado de las plagas y enfermedades en el cultivo de

caucho. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/47f3dbff-348d-4f63-968b-4cd196db8e4f/-nbsp;Manejo-integrado-de-plagas-y-enfermedades-en.aspx>

ICONTEC. (1981). NTC 1610. Caucho vulcanizado. Determinación del cambio de propiedades físicas por inmersión en líquidos y de la materia soluble extraída por los mismos. Primera edición. Marzo.

ICONTEC. (1987). NTC 2221. Sellos externos de caucho sintético para filtros de aceite sellados. Primera edición.

ICONTEC. (1996). NTC 724. Métodos estándar para determinar la deformación del caucho por compresión. Primera edición.

ICONTEC. (1997). NTC 812. Propiedades del caucho. Efecto de los líquidos. Método de ensayos. Primera edición

ICONTEC. (1998). NTC 1982. Artículos de uso doméstico. Compuestos para la elaboración de empaques de caucho para sellado de ollas a presión.

Segunda edición

ICONTEC. (2004). NTC 456. Caucho vulcanizado. Determinación de la densidad. Primera edición. Julio

ICONTEC. (2005). NTC 447. Método estándar para determinar el deterioro del caucho vulcanizado en una cámara de aire (Air Oven). Segunda edición, diciembre

ICONTEC. (2006). NTC 444. Caucho vulcanizado y elastómeros termoplásticos. Determinación de las propiedades de tensión. Tercera edición. Octubre 25

ICONTEC. (2006). NTC 467. Propiedades del caucho. Determinación de dureza con durómetro. Segunda edición. Junio

ICONTEC. (2009). NTC 2536. Sellos elastoméricos (empaques) para unión de tubos plásticos. Cuarta edición

Imágenes Artículos de caucho Industrias CADI. Disponible en:

<http://www.industriascadi.com/>

Jamiyo Orozco, D. (2011). Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano.

Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/7169/1/7009004.2011.pdf>

Jaimes Y, Rojas J.(2011). Enfermedades foliares del caucho (Hevea Brasiliensis.

Muell. Arg) Establecido en un campo clonal del magdalena medio

santandereano. Disponible en:

http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/7_Enfermedades.pdf

Las partes de una maquina inyectora, 2007. Disponible en:

<http://www.quiminet.com/articulos/las-partes-de-una-maquina-inyectora-18874.htm>

León, G. (2011). Enemigos naturales y manejo integrado del gusano cachón

(Erinnyis ello) en el cultivo del caucho. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/270161239_Enemigos_naturales_y_manejo_integrado_del_gusano_cachon_Erinnyis_ello_en_el_cultivo_del_caucho.

León, G. (2009).Manejo de termitas o comejenes en el cultivo del caucho.

Disponible en : <http://es.slideshare.net/lascarro1/manejo-de-termitas-o-comejenes-en-el-cultivo-del-caucho-ica>.

- Mehhan D. (2014). Investigating the compression set of rubber compounds.
Disponibile en: <http://www.applerubber.com/hot-topics-for-engineers/investigating-the-compression-set-of-rubber-compounds/>.
- Naranjo O. (2013). Estudio sobre el mercado del caucho natural para la fabricación de materia prima y productos en la planta de santa clara en Tarazá, Antioquia. Disponible en:
https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/1404/NaranjoOsorio_LilianaMaria_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ocampo C, Ávila L. (2013). Ficha técnica para el manejo del cultivo del caucho en el oriente del Departamento de Caldas. 2013. Disponible en:
https://issuu.com/fundacionacesco/docs/ficha_tecnica_caucho.
- Ortiz, B.(2013). Procedimiento de formulaciones y ensayos. Industrias CADI S.A Versión 6.
- Quiroga, A. y Funaro, D. (2004). Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en molisoles, de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Ramírez. (2011). Baldosas De Caucho De Nitrilo Reciclado.
Reciclaje del caucho, (s.f.) Disponible en: <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/reciclaje/material-reciclado/caucho>
- Reometria. Disponible en: <http://www.rodinosa.com/laboratorio-y-calidad/2013>.
- Sangrado árbol de caucho. Imagen disponible en: hulesyplasticosdemexico.es

Torres C.(1999). Manual para el cultivo de caucho en la Amazonia. Disponible en:

<http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Manual%20para%20el%20cultivo%20del%20caucho%20en%20la%20amazonia.pdf>

Uso del factis en formulaciones para inyectora. Copia de artículo “Use of factice in the inyection moulding process” publicado en 1969 por C. Falconer Flint, H. Roebuck y A.H. Clarck

Vulcanización. Disponible en:

<http://www.eis.uva.es/~macromol/curso0304/automovil/paginas/vulcanizado>

Consultado en Enero 2016.