

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA AL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE BUJES Y MANGUERAS EN LA EMPRESA I.N.R
INVERSIONES REINOSO & CÍA. LTDA.**

**ANGIE MARCELA BOHORQUEZ TOBO
JORGE ANDRES DIAZ PULIDO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.**

2018

**DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA AL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE BUJES Y MANGUERAS EN LA EMPRESA I.N.R
INVERSIONES REINOSO & CÍA. LTDA.**

**JORGE ANDRES DIAZ PULIDO
ANGIE MARCELA BOHORQUEZ TOBO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO**

**Orientador
OSCAR LOMBANA
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.**

2018

Nota de aceptación

Ing. Oscar Libardo Lombana Charfuelan
Jurado Orientador

Ing. Iván Ramírez Marín
Jurado 1

Ing. Elizabeth Torres Gámez
Jurado 2

Bogotá D.C., noviembre 2018

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados.

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano de Facultad de Ingeniería

Ing. Julio Cesar Cifuentes Arismendi

Director Programa de Ingeniería Química

Ing. Leonardo de Jesús Herrera Gutiérrez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	17
OBJETIVOS	18
1. GENERALIDADES	19
1.1 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DEL CAUCHO	19
1.2 USOS Y APLICACIONES DEL CAUCHO NATURAL	19
1.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DEL CAUCHO	20
1.4 CAUCHO SINTETICO	21
1.5 FORMULACION DEL CAUCHO	21
1.6 EL CAUCHO EN COLOMBIA	23
1.6.1 Industria Cauchera	23
1.6.2 El caucho en la industria automotriz.	24
1.7 MARCO LEGAL	25
2. DIAGNOSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCION	27
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	27
2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BUJES Y MANGUERAS.	27
2.3 DESCRIPCION DE CADA UNA DE LAS ETAPAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO	28
2.3.1 Recepción materia prima	29
2.3.2 Pesado	29
2.3.3 Mezclado	29
2.3.4 Laminado	31
2.3.5 Enfriamiento	32
2.3.6 Vulcanizado	32
2.3.7 Extrusión	35
2.3.8 Mallado	36
2.3.9 Recubrimiento	36
2.3.10 Corte	37
2.3.11. Ensamble	38
2.3.12 Almacenado	39
2.4 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO	39
2.4.1 Conclusiones diagramas causa - efecto	42
2.5 IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	43
3. EVALUACION DE LAS FASES DE PROCESO CON POSIBLES FALLAS	46
3.1 TOMA DE MUESTRAS DE LAS MATERIAS PRIMAS	48
3.2 FABRICACIÓN DE LA MUESTRA BASE	49

3.3 ANÁLISIS DE PROPIEDADES DEL MATERIAL REQUERIDO POR LA EMPRESA	50
3.4 MÉTODOS DE ENSAYO	52
3.4.1 PRUEBA DE REOMETRÍA	52
3.4.2 Tiempo óptimo de vulcanización	52
3.4.3 Prueba de dureza	53
3.4.4 Prueba de elongación	54
3.4.5 Prueba de resiliencia	54
3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO	55
3.6 EVALUACION DE LA ETAPA DE VULCANIZACION	58
3.6.1 Análisis de los tiempos y temperatura del proceso vulcanización.	58
3.6.2 Presión de la operación	59
3.7 ANALISIS DE RESULTADOS	59
3.8 ALTERNATIVAS DE MEJORA	60
4. IMPLEMENTACION DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	62
4.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	63
4.1.1 Análisis de los tiempos y temperatura del proceso vulcanización	63
5. ANALISIS DE COSTOS	67
5.1 ANALISIS DE COSTOS DEL PROCESO DE PRODUCCION ACTUAL	68
5.2 ANALISIS DE COSTOS DEL PROCESO DE PROCUCCION ALTERNO	69
5.3 TABLA DE COMPARACION DE COSTOS	70
6. CONCLUSIONES	72
7. RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFIA	74
ANEXOS	76

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Distribución de los diferentes sectores del consumo de caucho	24
Tabla 2. Producción mensual en unidades de bujes y mangueras 2018	43
Tabla 3. Referencias que presentan mayor producto no conforme	44
Tabla 4. Formulación del caucho EPDM en PHR	46
Tabla 5. Análisis fisicoquímico Caucho Natural	48
Tabla 6. Análisis fisicoquímico negro de humo	48
Tabla 7. Análisis fisicoquímico Sílice granulada (rubbersil RS-50)	49
Tabla 8. Método para la aplicación de normas según ASTM D-2000	51
Tabla 9. Especificaciones mínimas exigidas por la empresa para la producción de EPDM	51
Tabla 10. Análisis de datos reometría de vulcanización.	56
Tabla 11. Resultados prueba de elongación	57
Tabla 12. Resultados de los métodos de ensayo dureza y resiliencia	57
Tabla 13. Tiempo y temperatura de vulcanizado para la producción de bujes del día 2 de julio del año en curso.	58
Tabla 14. Tiempo y temperatura obtenidos en la operación de vulcanización en bujes durante el día 15 de agosto del año en curso con la implementación de mejora.	63
Tabla 15. Comparación del tiempo y temperatura promedio del proceso actual respecto al proceso de mejora.	65
Tabla 16. Producción de bujes y mangueras para el periodo del 15 de agosto al 15 de septiembre del 2018	65
Tabla 17. Costo por unidad de las herramientas de mejora	67
Tabla 18. Unidades de herramienta de mejora por equipo	68
Tabla 19. Costos producción actual	68
Tabla 20. Costos producción implementación de mejora	69

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Producción del caucho natural.	20
Figura 2. Componentes utilizados para realizar una formulación del caucho	22
Figura 3. Fases del Vulcanizado	25
Figura 8. Diagrama de bloques para la producción de bujes y mangueras en la empresa INR Inversiones Reinoso y Cía. LTDA	28
Figura 4. Diagrama causa – efecto para el proceso de pesado	40
Figura 5. Diagrama causa – efecto para el proceso de mezclado	41
Figura 6. Diagrama causa – efecto para el proceso de vulcanización	41
Figura 7. Diagrama causa – efecto para los procesos de extrusión, mallado y recubrimiento.	42
Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la muestra base	50
Figura 10. Conversor de durezas en unidades SHORE	53
Figura 11. Curva de esfuerzo con respecto a la deformación	54

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Mezclador cerrado tipo <i>Banbury</i>	30
Imagen 2. Molino de rodillos o italiano marca Rubber	31
Imagen 3. Calandra de aplanado	32
Imagen 4. Prensa de 4 pistones	33
Imagen 5. Prensa – 200 Toneladas Marca Guix	33
Imagen 6. Autoclave para vulcanizado	34
Imagen 7. Extrusora	35
Imagen 8. Malladora marca FAIC	36
Imagen 9. Extrusora	37
Imagen 10. Proceso manual de corte	38
Imagen 11. Proceso manual de ensamble	38
Imagen 12. Proceso de Refilado	39
Imagen 13. Almacenamiento de los productos ya terminados	39
Imagen 14. Reograma formulación actual	55
Imagen 15. Prensa Guix 200 toneladas con tablero electrónico de control	62

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Estimado de producto no conforme del 76%	77
Anexo B. Coste de mano de obra por lote de producción	87
Anexo C. Mantenimiento de prensas enero a junio 2018	88

LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

g: gramos
cm: centímetros
%: porcentaje
pH: potencial de hidrogeno
ml: mililitros
°C: grados Celsius
°F: grados Fahrenheit
m: metro
atm: atmosfera
mm: milímetro
mol: molécula
MPa: mega pascales
s: segundo
rpm: revoluciones por minuto
rps: revoluciones por segundo
Kg: kilo gramo
W: watts
T: temperatura
MLDT: media térmica logarítmica
U: coeficiente global de diseño
L: longitud
PHR: partes por cien de caucho
plg: pulgada
cp: capacidad calorífica
J: julios

GLOSARIO

ADHESIÓN: es la propiedad de la materia por la cual se juntan dos superficies de sustancias iguales o diferentes cuando entran en contacto, manteniéndose unidas por fuerzas intermoleculares.

ASTM: es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de Normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.

DESGARRO: la resistencia al desgarro pretende medir la resistencia de un artículo de goma a que se produzca o propague una laceración bajo los esfuerzos que ha de soportar en servicio o en el propio proceso de fabricación. En este método la fuerza se aplica perpendicularmente a la dirección de propagación del desgarro, y los resultados se expresan por el valor mediano de la tensión del desgarro, el cociente de la fuerza, medida en Newton (N), y del espesor de la probeta medido en mm.

DESPERDICIO: es aquel material de caucho vulcanizado que, durante el proceso de Vulcanización, se presenta como un exceso en las cavidades de los moldes generando un remanente o Desperdicio del material de Caucho. Dicho material en exceso no puede ser reutilizado en el proceso para una nueva producción de Bujes, debido a las características de la vulcanización y la termo estabilidad del elastómero.

DESPRENDIMIENTO: punto en el que se desprende la capa límite como consecuencia de la pérdida de adhesión de dos superficies, que se encontraban unidas.

DUREZA: es la característica de una goma o caucho a no dejarse penetrar por otro elemento, esta característica en el caso de los elastómeros permite la deformación por penetración y la posterior recuperación del estado inicial de la superficie una vez cese el esfuerzo.

ELASTÓMERO: los elastómeros hacen referencia al conjunto de materiales que formados por polímeros que se encuentran unidos por medio de enlaces químicos adquiriendo una estructura final ligeramente reticulada. Las Gomas o Caucho son Elastómeros del tipo Termoestable, es decir, a pesar de un incremento en la temperatura no trascienden a una fase líquida, por el contrario, se mantienen en su fase de solidificación.

ESFUERZO MECÁNICO: los elementos de una estructura deben de soportar, además de su propio peso, otras fuerzas y cargas exteriores que actúan sobre ellos. Esto ocasiona la aparición de diferentes tipos de esfuerzos en los elementos estructurales.

EPDM: Etileno Propileno Dieno tipo M es un termopolímero elastómero que tiene buena resistencia a la abrasión y al desgaste. La composición de este material

contiene entre un 45% y un 75% de etileno, siendo en general más resistente cuanto mayor sea este porcentaje.

FALLA: pérdida de la capacidad total o parcial en sistemas, equipos, componentes o partes para cumplir con la función para la cual fueron diseñados.

FUERZA DE DESPRENDIMIENTO: las fuerzas de desprendimiento suponen la mayor carga para toda unión adhesiva, pues actúan de modo concentrado sobre el borde adhesivo.

HISTÉRESIS: es la energía perdida durante un ciclo dado de deformación y recuperación. Específicamente, se mide por el ángulo de rebote de un péndulo sobre una probeta de caucho, la cual, una vez realice el rebote o ciclo de recuperación, considera el valor o ángulo faltante hasta la posición inicial como la energía perdida. Debido a la conversión de energía de histéresis en calor, es usualmente medido por el aumento de la temperatura de la probeta de ensayo.

RECHUPE: cavidad ocasionada por la contracción líquida. Generalmente muy irregular y de paredes rugosas tipo dendritas. Por lo general se halla interiormente, en los cambios de espesor de la pieza, o en el interior de las zonas masivas y a veces, forma de depresión superficial de tamaño variable.

REOMETRÍA: la reometría es la ciencia que describe tanto los métodos de medida como los instrumentos que permiten obtener datos reológicos de un material. Determina las relaciones cuantitativas y cualitativas entre la deformación y la tensión mecánica y sus derivadas.

MOLINO TIPO BANBURY: es un tipo del molino utilizado en la industria cauchera para moler y mezclar materias primas con el caucho natural o sintético, funciona por el principio fuerza centrífuga, consiste en dos rotores asimétricos que giran en sentido contrario simultáneamente el molino es de tipo cerrado el cual es calentado en su tambor por calor transferido por vapor de agua para facilitar el mezclado de las materias primas.

PHR: partes por cien de caucho, una medida utilizada por los químicos del caucho como base de cálculo para representar la cantidad de reactivos utilizados en la formulación con respecto a la cantidad de caucho natural utilizado en la mezcla de la pre-vulcanización.

RESILIENCIA: en el caucho vulcanizado se define la resiliencia como la relación entre la energía restituida después de una deformación y la energía total suministrada para producir dicha deformación. Una forma en principio sencilla de determinarla es a través del rebote de un péndulo tras su impacto en la goma, en cuyo caso se denomina resiliencia por rebote. La resiliencia depende de la velocidad de deformación.

VULCANIZACIÓN: proceso que mejora notablemente las características de los cauchos naturales y sintéticos, reduce al mínimo sus propiedades plásticas y aumenta sus características elásticas

RESUMEN

El presente trabajo de grado contiene un diagnóstico total del proceso de fabricación de bujes y mangueras en caucho fabricados por la empresa INR Inversiones Reinoso & Cía. Ltda. utilizados ampliamente en la industria automotriz como una alternativa para disminuir los costos de reparación en comparación con los repuestos originales. Esta empresa se ve obligada a producir más de 10.000 piezas mensuales para poder suplir la demanda que tienen en este momento por lo cual su producción en línea es fuertemente verificada por su departamento de gestión de calidad, en donde se ha encontrado que aproximadamente un 15% de la producción mensual está siendo declarado como producto no conforme, puesto que el caucho presente en los productos realizados por la empresa en algunas circunstancias está saliendo con imperfecciones, por lo cual se ve necesario realizar un diagnóstico en el proceso de producción para encontrar las fallas en el mismo y así poder evitar que este problema se siga presentando pues está representando pérdidas de tiempos de mano de obra y materia prima bastante considerables para la economía de la empresa.

En cuestión este proyecto de grado tiene como finalidad mediante un análisis detallado al proceso en el momento del ensamble y la vulcanización del caucho y utilizando pruebas de laboratorio bajo Normas ASTM para verificar las características que debe poseer el caucho utilizado identificar las posibles fallas que se puedan presentar en el proceso para así desarrollar una propuesta de mejora para obtener un producto de óptima calidad en virtud de disminuir las pérdidas en el proceso.

Palabras clave: bujes, caucho, vulcanización, automotriz, producto no conforme, diseño de experimentos.

INTRODUCCION

I.N.R Inversiones Reinoso & Cía. Ltda. Debido a la gran demanda en el mercado de autopartes en los últimos años decidió mejorar las características de sus productos para estar a la altura de compañías internacionales como Spycer o Bipcoat empresas dedicadas a la fabricación de piezas en caucho y pioneros en la industria. Para lo cual decidieron mejorar las propiedades físicas y químicas de sus productos mediante procesos más eficientes. La importancia de este proyecto es alta pues de solucionar el problema presente en la producción se podría disminuir la cantidad de producto no conforme y así evitarle a la empresa más pérdidas económicas representadas en tiempo de mano de obra y materia prima mal procesada o peor aún el desprestigio de la marca.

Debido a esto, la importancia del ingeniero químico en esta industria y en este proyecto juega un papel importante, ya que mediante el conocimiento que se posee, están desarrollando procesos más eficientes y productos de mejor calidad implementando técnicas como tratamientos térmicos, químicos y físicos en los procesos de fabricación y producción, como lo son la vulcanización, la sulfuración y el prensado y de esta manera se obtiene una calidad del producto mejorada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de mejora al proceso de producción de bujes y mangueras en la empresa I.N.R Inversiones Reinoso & Cía. Ltda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características del proceso de producción de bujes y mangueras.
- Seleccionar las alternativas de mejora al proceso de producción de bujes y mangueras con respecto al diagnóstico de las causas probables de la falla del material.
- Evaluar la mejor alternativa de mejora al proceso de producción según las pruebas realizadas.
- Comparar el análisis de costos de la alternativa de mejora de producción con respecto a la producción actual.

1. GENERALIDADES

El presente capítulo tiene como objetivo explicar y proporcionar conocimientos necesarios sobre la formulación del caucho, ilustra el origen, características, aplicaciones y producción del caucho natural presentes en el mercado, en una segunda parte describe el caucho en Colombia, así como el caucho en la industria automotriz con el fin de conocer el proceso de vulcanización, el cual es de suma importancia para este sector industrial y así, poder tener información acerca de las cualidades del proceso.

1.1 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DEL CAUCHO

El caucho es un árbol de tamaño mediano, originario en la cuenca del río Amazonas, en los países de Brasil, Bolivia, Colombia y Perú; fue llevado a Asia donde pudo adaptarse mejor. Este árbol es perteneciente al género *Hevea* de la familia *Euphorbiaceae*, sub-clase dialipétalas, serie talamifloras y recibe los nombres de caucho, hevea, hule, jebe y siringueira, este produce un líquido llamado látex el cual después de coagulada se convierte en una especie de masa que es impermeable y muy elástica que es utilizada en distintos productos industriales.

1.2 USOS Y APLICACIONES DEL CAUCHO NATURAL

Como consecuencia del gran desgaste y rigidez relativa del caucho sintético, se ha comprobado mediante investigaciones recientes en diferentes áreas de las ciencias aplicadas, que el caucho natural posee características físico-químicas irremplazables, tales como: elasticidad, resistencia al desgaste y a la fricción, bajo calentamiento interno, gran poder adhesivo, etc. Por lo que las industrias, mecánica, aeronáutica, médica, textil, manufacturera, farmacéutica, etc., lo tienen como componente esencial en sus procesos, bienes y partes. Además de su participación, como látex procesado, en la fabricación de numerosos productos industriales, también es necesario resaltar la gran calidad de su madera, que al terminar su etapa productiva, es utilizada en la fabricación de enchapes y muebles de alta calidad.¹

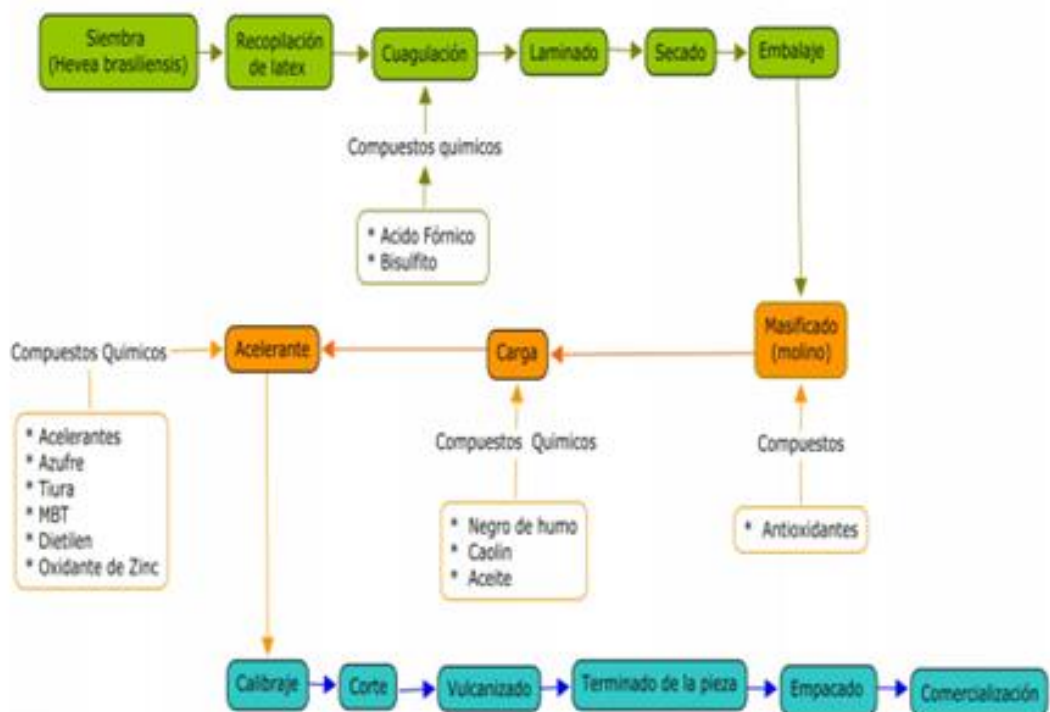
¹ PIEDRAHITA, A (2013) Desarrollo de planes de mejoramiento a los niveles de contaminación del medio ambiente en empresas del sector del caucho. Colombia. Ed Universitaria. Facultad de Ingeniería. Universidad Javeriana. Pág. 22, 23, 24,25.

1.3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DEL CAUCHO

El caucho se obtiene por medio de la coagulación del Látex que se extrae del árbol de caucho *Hevea Brasiliensis*, este látex es procesado y se obtienen diferentes calidades del caucho.

El proceso del caucho empieza desde el cultivo de árboles de caucho, luego con su recolección, filtrado, acidificación, coagulación, laminación, secado y empaque del látex, hasta que se obtiene el producto de interés que es el caucho, los demás procesos comprendidos en la industria como la fabricación de productos para usos higiénicos, farmacéuticos, artículos para usos industriales y mecánicos como llantas. En la figura 1 se muestra el proceso para la producción del caucho natural.

Figura 1. Producción del caucho natural.



Fuente: PIEDRAHITA, A (2013) Desarrollo de planes de mejoramiento a los niveles de contaminación del medio ambiente en empresas del sector del caucho. Colombia. Ed Universitaria.

Todos los productos del caucho se fabrican a partir de un “compuesto de caucho”, que, a su vez, está formado por un polímero de caucho (natural o sintético) y otras sustancias como material de relleno, plastificantes, antioxidantes, agentes adyuvantes, activadores aceleradores o agentes de vulcanización. Muchos de los

ingredientes químicos (sílice, negro de humo) están clasificados como sustancias peligrosas. La manipulación y procesamiento de estos productos químicos presentan problemas ambientales.²

1.4 CAUCHO SINTETICO

Los cauchos sintéticos son conocidos técnicamente como elastómeros, se utilizan como sustitutos del caucho natural porque tienen propiedades mejoradas para los materiales como lo son, resistencia química a los ácidos, aceites minerales y otras sustancias.

A partir de 1945 el caucho sintético sustituyó prácticamente al natural, este último sigue utilizándose, sobre todo, en épocas de encarecimiento del petróleo, debido a su elasticidad y su resistencia a los ácidos y a las sustancias alcalinas. En la actualidad, se producen distintos tipos de caucho sintético. El neopreno, desarrollado en 1931, es resistente al calor y a productos químicos como aceites y petróleo, se emplea en tuberías de conducción de petróleo y como aislante, además de los trajes aislantes de buceadores o surfistas. La buna o caucho artificial se sintetizó en 1935 y se utiliza como catalizador. El caucho de butilo, por su parte, fue producido en 1949 por primera vez y es un plástico que se puede trabajar como el caucho natural y, aunque es difícil de vulcanizar, se utiliza en los tubos interiores de las llantas de los automóviles por su baja permeabilidad a los gases.³

1.5 FORMULACION DEL CAUCHO

Una formulación del caucho utiliza tanto componentes orgánicos como inorgánicos, estos se mezclan con el fin de obtener el producto final de caucho de acuerdo a las características exigidas por el consumidor final.

Para hacer una correcta formulación del caucho se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- Selección del caucho
- Selección y cantidades de los componentes
- Características para realizar la mezcla

² PIEDRAHITA, A (2013) Desarrollo de planes de mejoramiento a los niveles de contaminación del medio ambiente en empresas del sector del caucho. Colombia. Ed Universitaria. Facultad de Ingeniería. Universidad Javeriana. Pág. 22, 23, 24,25.

³ REVISTA MUY INTERESANTE (2017), citado en línea, "https://www.muyinteresante.es/innovacion/articulo/historia-del-caucho-sintetico-el-material-que-revoluciono-la-automocion"

- Métodos de moldeo y vulcanización

En la formulación del caucho se pueden utilizar entre 20 y 30 componentes con la que se pueden cambiar sus propiedades al combinarlos, es una de las características más notables de la tecnología del caucho, en la figura 2 se muestran los posibles componentes que pueden ser utilizados a la hora de realizar una correcta formulación de caucho.

Figura 2. Componentes utilizados para realizar una formulación del caucho



Fuente: SALDARRIAGA, D. (2011), Formulaciones del Caucho. Boletín Informativo de RUTEC (Ingeniería de Polímeros)

Durante el proceso de selección de los componentes que se van a incluir en la mezcla se debe tener en cuenta la aplicación final del producto a fabricar, cuidando la forma de procesamiento del caucho ya que de ello depende la fluidez requerida para la formulación y además se debe indagar acerca de las condiciones del medio en que estará en servicio dicha pieza; por ejemplo, si estará en contacto con aceites, hidrocarburos o algún fluido en particular, si estará a la intemperie con exposición directa a radiación solar y del ozono o si se encuentra expuesta a material particulado. También se debe hacer una elección adecuada del caucho base que tendrá la formulación teniendo en cuenta; además de lo anteriormente mencionado, las propiedades mecánicas finales requeridas en la pieza a fabricar, si se debe cumplir con módulos específicos en compresión o tracción o con alguna otra característica requerida por el cliente.

1.6 EL CAUCHO EN COLOMBIA

Actualmente el cultivo de caucho en el país solo alcanza 1000 ton. Frente a un consumo de 20.663 ton. de caucho natural, del cual se importan 19.663 ton, es decir el 95% del consumo.⁴

Colombia cuenta con todas las condiciones para aumentar el cultivo de caucho ya que tiene varios sectores con condiciones climáticas como de suelos, adicional a esto hay una demanda considerable que debe ser abastecida con importaciones como se mostró en las cifras anteriores y esto ahorraría al país un monto considerable por estas importaciones

Colombia, al igual que los países en desarrollo, es principalmente exportador de productos agrícolas tropicales. En el caso del caucho se podría afirmar que su desarrollo está limitado por la competencia de los sustitutos sintéticos. Sin embargo, hay una variada gama de usos para el caucho natural que no puede técnicamente ser desplazado por sintéticos. Por tanto, el mercado mundial tiene cabida para más caucho natural.⁵

1.6.1 Industria Cauchera. En Colombia se encuentran registradas 725 empresas dedicadas al caucho y sus transformaciones, de las cuales 175 se dedican a la fabricación de llantas y neumáticos de toda clase de vehículos y 550 pequeñas y medianas empresas que se dedican a la producción de artículos de caucho para diferentes usos industriales.

Las principales ciudades de consumo del caucho se encuentran en Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla y Bucaramanga. Las empresas que se dedican a la fabricación de llantas consumen el 82% del caucho natural y las demás empresas el 18%, los consumos más importantes para este material corresponden a la del calzado con un 5%, mezclas de caucho que no se especifica 2.6%, hilos de caucho 1.7 % y láminas 1%.⁶

En la tabla 1 se muestran los distintos sectores de producción del caucho, el tipo de tecnología que utilizan para realizar los diferentes artículos de la industria.

⁴Ovidio, R. Situación mundial del caucho y sus perspectivas. Citado en línea, "file:///C:/Users/FRAN/Downloads/221-221-1-PB%20(2).pdf"

⁵REVISTA FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA. Volumen 46, citado en línea, "file:///C:/Users/FRAN/Downloads/28491-102423-1-PB.pdf"

⁶CLAVIJO A. El caucho natural, alternativa viable para tierras marginales cafeteras y cultivo promisorio para la sustitución manual de cultivos ilícitos. Colombia. ed. universitario. Facultad de ciencias y administración. Universidad Nacional de Colombia, pág. 13 - 14

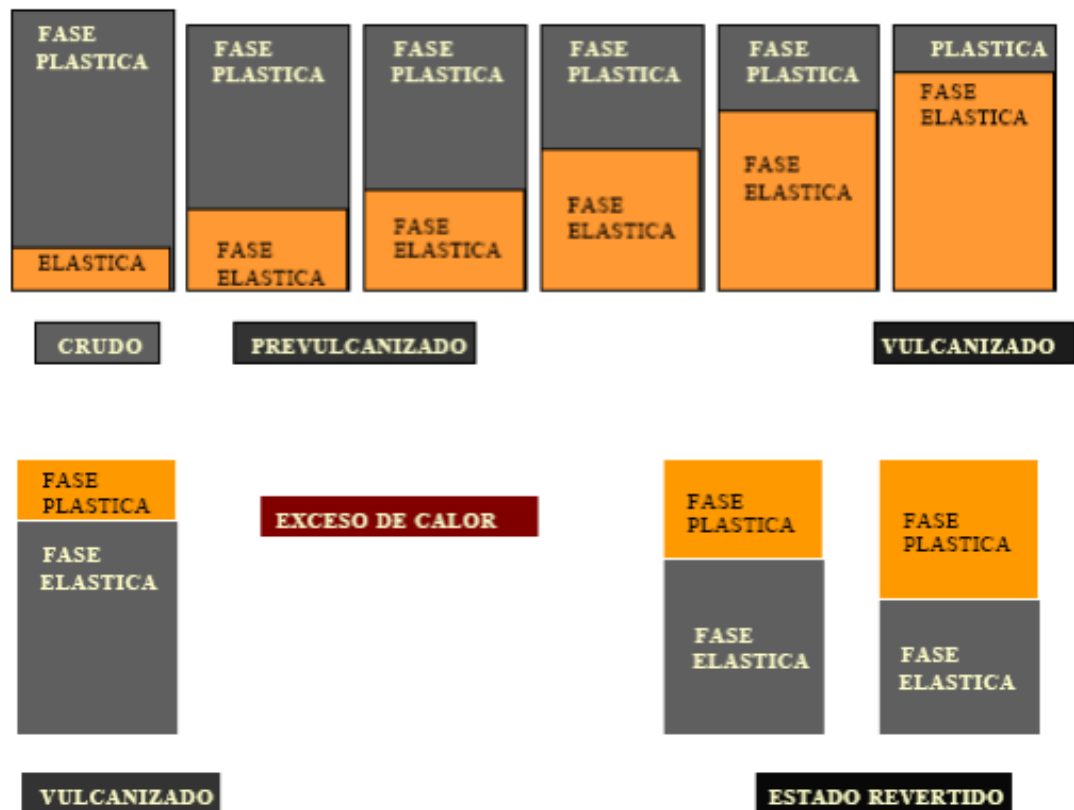
Tabla 1. Distribución de los diferentes sectores del consumo de caucho

Nº	Nombre	Nº de empresas	Tecnología	Artículos producidos
1	Llantas y Rencauche	25	Normal	Llantas para automotores, Rencauche
2	Automotriz	150	Normal-Baja	Empaques, soportes, Manguera, perfiles
3	Doméstico	150	Normal-Baja	Guantes, Empaques, electrodomésticos, bandas de caucho, tapetes, pegantes, artículos deportivos, impermeables
4	Suelas y Calzado	150	Regular-Baja	Suelas, viras y calzado
5	Empaques y rodillos	150	Regular-Baja	Empaques para el uso industrial y construcción
6	Mezcla de cauchos	20	Regular	Compuestos de caucho para la Industria
7	Mangueras	15	Regular- Baja	Manguera para automotores , uso industrial
8	Pegantes y adhesivos	20	Regular-Baja	Soluciones de caucho y pegantes
9	Productores de materia prima	30	Normal-Regular	Caucho natural, cargos blancos, óxido de zinc, ácido esteanco, azufre, aceites
10	Productores de maquinaria	15	Regular- Mala	Molinos, prensas de vulcanización y autoclaves

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (2013)

1.6.1 El caucho en la industria automotriz. Vulcanizar el caucho es un proceso químico donde se combina azufre, peróxidos u otros agentes vulcanizantes especiales, sometido a altas temperaturas para la conversión del caucho con el fin de tener un producto más duradero. Este proceso puede producirse a diversas temperaturas las cuales dependen del punto de fusión del azufre (388,36 K) y a los 160 °C. Se ha demostrado que a una temperatura de 120 °C arroja mejores resultados de conversiones del caucho lo que ha exigido cambiar el tiempo de las condiciones de operación. Se ha comprobado que a temperaturas entre 150 °C y 160 °C y aumentando el tiempo de operación del proceso de vulcanizado, desaparece la elasticidad y el aspecto del caucho se modifica, mostrando una apariencia quebradiza y con una tonalidad opaca oscura. El grado de vulcanización del caucho pende de varios factores, tales como el tiempo que dura el tratamiento, la temperatura, la presión y la cantidad de azufre agregado. En la figura 3 se muestran las fases de vulcanizado a las que se puede someter cualquier mezcla, esto con el fin de conocer las cualidades de la fase plástica y elástica al momento de realizar el proceso de vulcanización.

Figura 3. Fases del Vulcanizado



Fuente: ESTRADA L. (2003). Jornada tecnológica del sector del caucho

1.7 MARCO LEGAL

Todos los productos del caucho se fabrican a partir de un compuesto de caucho, que, a su vez, está formado por un polímero de caucho (natural o sintético) y otras sustancias como material de relleno, plastificantes, antioxidantes, agentes adyuvantes, activadores aceleradores o agentes de vulcanización. Muchos de los ingredientes químicos están clasificados como sustancias peligrosas o tóxicas e incluso algunos como cancerígenos.

En la tabla 2 se muestran las normas correspondientes sobre cauchos a nivel Colombia.⁷

⁷ FINAGRO. Normatividad actual. p.8.

Tabla 2. Normatividad nacional del caucho

Norma	Regulación
Resolución ICA No. 1478 de 2006	Por la cual se adoptan normas de carácter fitosanitario y de recursos biológicos para la producción, distribución y comercialización de material de propagación vegetativa de caucho natural (<i>Hevea sp</i>)
LEY 686 DE 2001 (agosto 15)	Por la cual se crea el Fondo de Fomento Cauchero, se establecen normas para su recaudo y administración y se crean otras disposiciones.
DECRETO NUMERO 2025 DE 1996 (noviembre 6)	Por el cual se reglamenta el Control Interno.
DECRETO NUMERO 3244 DE 2002 (diciembre 27)	Por el cual se reglamenta la Ley 686 de 2001.
Procedimiento de recaudo	FONDO NACIONAL DE FOMENTO CAUCHERO PROCESO DE RECAUDO DE LA CUOTA DE FOMENTO CAUCHERO LEY 686 DE 2.001 DECRETO REGLAMENTARIO 3244 DE 2002
Formato de recaudo	Formato de recaudo Ley 686 de 2001 - Fondo Nacional de Fomento cauchero

Fuente: FINAGRO. Normatividad actual

La normativa de la tabla 2, reglamenta y modifica las actividades en materia al caucho.

Las generalidades de estas normas, incluyen aspectos importantes para el desarrollo del presente proyecto desde los conceptos básicos relacionados al caucho, vulcanización, preparación de una mezcla de caucho hasta el marco legal.

2. DIAGNOSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCION

Con la finalidad de contextualizar el proyecto de grado, en este capítulo se realiza una descripción de proceso que se trabaja actualmente en la empresa para la fabricación de bujes y mangueras en caucho vulcanizado, en donde se busca otorgar al cliente final una alternativa de reparación automotriz a bajo costo conservando la misma calidad del original, inicialmente se hace una descripción de la empresa y se especifican los procesos involucrados en la elaboración de bujes y mangueras, posteriormente se realiza una caracterización de las materias primas y una serie de pruebas fisicoquímicas para el caucho con el fin de determinar los parámetros a evaluar en la investigación, se describen los equipos utilizados en la fabricación de los bujes y mangueras y finalmente se habla sobre la problemática presentada y la alternativa de mejora propuesta.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

I.N.R Inversiones Reinoso & Cía. Ltda. es una empresa comprometida con el sector automotriz, lo abastece con productos técnicamente fabricados para brindar soluciones a mercados cada vez más exigentes.

I.N.R Inversiones Reinoso & Cía. Ltda. es una empresa nacional dedicada al desarrollo y fabricación de autopartes a base de caucho y metal para marcas de automóviles como Renault, Mazda, Chevrolet, Subaru, Skoda, Hyundai, Honda, Kia, Daewoo, Iveco, Toyota, Ford y Nissan, entre otras. supremamente importantes y necesarias en el funcionamiento de cualquier vehículo iniciando como una alternativa para que el consumidor final encontrara partes de muy buena calidad a bajo costo en comparación a los repuestos proporcionados por el fabricante directo del vehículo, logro posicionarse entre las empresas más eficientes del mercado automotriz con reconocimientos a nivel nacional e internacional gracias a la calidad de sus productos.

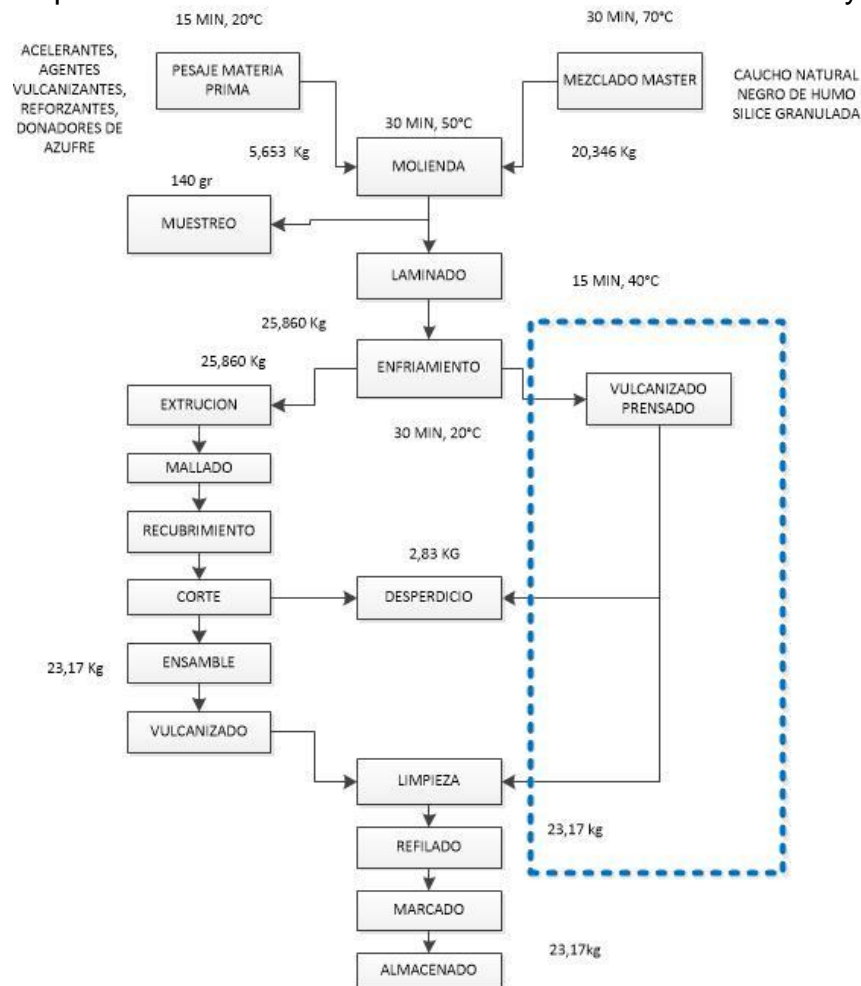
INR atienden mercados internacionales en países como España, Perú, Ecuador, Venezuela, y las regiones de Centro América.

2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BUJES Y MANGUERAS

A continuación, se presenta un diagrama de bloques que resume el paso a paso de la producción de bujes y mangueras dentro de la empresa; el diagrama incluye flujos de entrada y salida del proceso, así como temperaturas y tiempos de operación.

En este diagrama se muestra el proceso para un lote de fabricación ya que debido a la capacidad del molino solo es posible generar 26 kilogramos de materia prima por mezcla que luego serán destinados a la producción de bujes o mangueras dependiendo de las necesidades de producción, en la figura 8 se puede observar una sección del proceso enmarcado dentro de un rectángulo con línea punteada (color azul) la cual indica que es un proceso en paralelo y no afecta la mezcla que se va a realizar. En la fábrica se producen alrededor de 18 mezclas diarias es decir un promedio de 417 kg de caucho al día. Estas mezclas diarias son destinadas al proceso de producción de bujes o mangueras dependiendo de la cantidad de productos almacenados y la demanda que tenga cada producto. También es destinada una pequeña parte de la mezcla al área de investigación y desarrollo de nuevos productos, pero esta cantidad es despreciable con respecto a la producción mensual de la fábrica.

Figura 4. Diagrama de bloques para la producción de bujes y mangueras en la empresa INR Inversiones Reinoso y Cía. LTDA



Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

2.3 DESCRIPCION DE CADA UNA DE LAS ETAPAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO

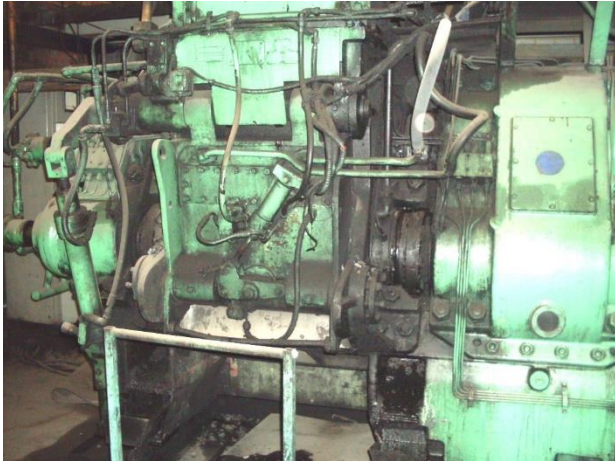
En el proceso de fabricación de bujes y mangueras en INR se llevan a cabo varias etapas para la generación y preparación de la mezcla de caucho y su posterior manufactura.

2.3.1 Recepción materia prima. El proceso inicia con la recepción de las distintas materias primas, en donde se toman muestras aleatorias para verificar la pureza y procedencia de cada uno de los reactivos involucrados en el proceso, el caucho natural y las demás materias primas necesarias en el proceso de vulcanización (óxido de zinc, ácido esteárico, acelerante CBS, negro de humo, azufre, antioxidantes, reforzantes y plastificantes) son suministrados por proveedores de confianza de la empresa que en cualquier irregularidad presentada va a otorgar todo el respaldo necesario. En este proceso no se evidencia ninguna falla relacionada con el proceso de producción ya que solo hay interacción con la materia prima y el receptor de la misma.

2.3.2 Pesado. Comúnmente se procesa aproximadamente media tonelada de caucho pre vulcanizado en proporciones PHR (partes por cien de caucho) para la demanda de producción semanal, en esta fase de proceso son pesados y separados en canastillas los reactivos necesarios para cada uno de los lotes de producción

2.3.3 Mezclado. Se realiza en un molino tipo *banbury* como el que se muestra en la imagen 1, en el cual se van incorporando los reactivos utilizados en la mezcla, inicialmente se incorpora el caucho natural que es la base elastomérica en el caso del EPDM luego se añade el antioxidante y las demás materias primas sin un orden establecido (reforzante caolín, negro de humo, óxido de zinc, ácido esteárico, azufre y el plastificante). Este proceso se lleva a cabo a una temperatura entre 55 a 60 °C para evitar una pre vulcanización de los compuestos dentro de este molino dos rotores asimétricos dispuestos paralelamente al ingreso de la mezcla los cuales serán encargados de la homogenización de todos los reactivos agregados al molino. Pasados treinta minutos la mezcla se hace pasar una y otra vez por un segundo molino abierto que lleva dos rodillos simétricos que giran en sentidos opuestos el uno del otro, como el que se muestra en la imagen 2. Esto con el fin de homogenizar y eliminar posibles grumos o granos que puedan estar presentes en la mezcla este proceso es realizado en un tiempo aproximado de 30 a 40 minutos.

Imagen 1. Mezclador cerrado tipo *Banbury*



Fuente: elaboración propia

Este mezclador está diseñado para plastificar y mezclar materiales de caucho y plástico, los componentes internos utilizan rotores elípticos para condensar de mejor forma los componentes de la mezcla. La capacidad de mezclado de estos tipos de molinos radica en el movimiento de los rodillos al accionarse para girar a la misma velocidad, a continuación, sus especificaciones:

- Fabricación italiana
- Capacidad 50 litros
- Motor de 150 hp
- Mezclas cada 8 minutos
- Tablero eléctrico de comando
- Reductor de velocidad
- Lubricación con aceite.

Imagen 2. Molino de rodillos o italiano marca Rubber



Fuente: elaboración propia

Este molino consiste principalmente en cámaras cilíndricas en donde la mezcla es deformada por medio de la rotación de dos cilindros, proporcionando una mezcla más rápida de todos los componentes integrados. A continuación, sus especificaciones:

- 1500x550 mm las masas
- Apertura de las masas en automático
- Motor de 100 hp
- Lubricación a aceite con stock blender

2.3.4 Laminado. En esta fase la mezcla homogenizada es pasada por una serie de rodillos como el que se muestra en la imagen 3. Los cuales están separados en un espesor específico hasta llegar al espesor deseado, este proceso es realizado para que luego de la etapa de mezcla se facilite la manipulación del caucho en los procesos posteriores. En este proceso no se evidencian fallas que pueden afectar el producto final ya que es un proceso físico para facilitar la manipulación de la mezcla en el cual no hay cambios de carácter químico

Imagen 3. Calandra de aplanado



Fuente: elaboración propia

Consisten en dos cilindros que giran en sentido opuesto y dispuestos uno cerca del otro de forma que existe un espaciado constante entre ambos. Normalmente se escoge una temperatura a la cual la mezcla se adhiere a uno de los cilindros en una capa muy fina. A continuación, sus especificaciones:

- Masas de 800x300 mm
- Fabricación china
- Motor 60 hp
- Reductor de espesor
- Tablero de control

2.3.5 Enfriamiento. Del anterior proceso (laminado) se origina una plancha de unos 10 mm de espesor de 2 metros de largo y 1 metro de ancho, la cual es estirada y colocada sobre una mesa de acero inoxidable durante 35 minutos a temperatura ambiente para posteriormente ser empacada y enrollada. En este proceso no se evidencia ninguna falla relacionada con el proceso de producción debido a que es un proceso de carácter físico para facilitar la manipulación y transporte de la mezcla.

2.3.6 Vulcanizado

2.3.6.1 Vulcanizado prensado. Esta parte del proceso es utilizada para la fabricación de bujes y soportes se realiza en las prensas hidráulicas como las que se muestra en la imagen 4 y 5 en donde los troqueles o moldes son llenados con caucho pre vulcanizado y son sometidos a una presión superior a 60 psi en prensas electro-hidráulicas de 220 voltios a una temperatura de 190°C en un lapso de tiempo de 7 a 9 minutos dependiendo de la cantidad de caucho a vulcanizar.

Imagen 4. Prensa de 4 pistones



Fuente: elaboración propia

Especificaciones:

- Pacha de 4 prensas
- Potencia 42 toneladas
- Tamaño Plato 30 x 30
- Recorrido pistón 450mm
- Manuales sin tablero de comando
- Equipo hidráulico

Imagen 5. Prensa – 200 Toneladas
Marca Guix



Fuente: elaboración propia

Especificaciones:

- Presión específica 80
- Carrera Máxima 650mm
- Tamaño plato 50 x 50 posibilidad de agrandar 70 x 50
- Equipo Hidráulico

2.3.6.2 Vulcanizado Inyectado. En esta parte del proceso los moldes de manguera y fragmentos de manguera que son fabricados mediante inyección o extrusión son ingresados a una autoclave en donde son sometidos a una temperatura de 160°C durante 30 minutos.

Imagen 6. Autoclave para vulcanizado



Fuente: elaboración propia

Especificaciones:

- Volumen de trabajo 500 litros
- Tamaño de la cámara Ø700 cm * 1300 cm
- Presión máxima de operación 60 psi
- Temperatura máxima de operación 210 ° c
- Tiempo de operación 0- 60 min
- Peso neto 780 kg

2.3.7 Extrusión. En esta etapa del proceso se realiza la fabricación del tubo interno sección inicial para la fabricación de mangueras malladas que tendrán un espesor porcentual del 60% con respecto espesor total de la manguera, se realiza en una extrusora de tipo horizontal a la cual es agregado el caucho que fue granulado previamente para garantizar el ingreso del material a la extrusora de la cual salen tramos de mangueras de 10 metros.

Imagen 7. Extrusora



Fuente: elaboración propia

La extrusora tiene como fin realizar un proceso constante donde se forman productos como tubos, perfiles, filamentos y películas donde el material plastificado pasa por medio de un agujero denominado hilera. Las extrusoras tienen la ventaja de que permiten grandes cargas ininterrumpidas, fácil control de calidad y un bajo costo energético. A continuación, sus especificaciones:

- Diámetro tubería 8mm - 20mm
- Capacidad de 40 kg/hr
- Diámetro de husillo 60 mm
- Motor principal 15 Kw
- Tanque enfriamiento 150*200*4000 mm

2.3.8 Mallado. Luego del proceso de extrusión los tramos iniciales de manguera son incorporados a la malladora en donde los cabezales de hilado giran alrededor del tubo interno en donde realizan un recubrimiento en fibras de poliéster trenzado tejido sobre el tubo interno en forma de espiral con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y de presión de trabajo de las mangueras. En la imagen 8 se aprecia la malladora marca FAIC utilizada en la empresa para realizar el procedimiento descrito anteriormente.

Imagen 8. Malladora marca FAIC



Fuente: elaboración propia

Especificaciones:

- Diámetro de trenzado 10 mm – 75 mm
- Paso de trenzado 66mm – 166 mm
- Potencia del motor 4,5 Kw
- Vel max 7,5 r/ min

2.3.9 Recubrimiento. En esta parte del proceso se realiza el recubrimiento final de la manguera en una extrusora (imagen 9) de tipo horizontal como la del proceso de extrusión con la diferencia que realizara una pared de un diámetro mayor al del tubo interno con un espesor del 40% con respecto al espesor total de la manguera, brindando propiedades mecánicas y de resistencia al producto terminado.

Imagen 9. Extrusora



Fuente: elaboración propia

Especificaciones:

- Diámetro tubería 15 mm - 50 mm
- Capacidad de 80 kg/hr
- Diámetro de husillo 90 mm
- Motor principal 25 Kw
- Tanque enfriamiento 150*200*4000 mm

2.3.10 Corte. En esta etapa del proceso se corta la manguera recubierta a la medida específica de cada referencia a fabricar, esto es un proceso que se realiza manualmente mediante cuchillas de corte como se observa en la imagen 10.

Imagen 10. Proceso manual de corte



Fuente: elaboración propia

2.3.11. Ensamble. Después del proceso de corte, las mangueras ingresan al proceso de ensamble en donde se introducen los tramos de manguera dentro de unos moldes en aluminio donde van preformándola para su posterior vulcanización, como se observa en la imagen 11.

Imagen 11. Proceso manual de ensamble



Fuente: elaboración propia

2.3.12 Almacenado. El producto terminado de la fabricación de bujes y mangueras se lleva a la bodega en donde se realiza el proceso final de la producción para que estén en óptimas condiciones, como primera medida se realiza la limpieza, donde se retiran las partículas de polvo que pudieron adherirse al producto, después a esto, se realiza un proceso de refilado, en el cual se elimina el producto sobrante, como se muestra en la imagen 12 después se procede a realizar el marcado, donde se especifica el tipo de artículo según su referencia y por último, se lleva a cabo el empaqueo de los productos que, posteriormente son separados por categorías y tamaños para facilidades de transporte y embalaje. Estas operaciones de limpieza, refilado marcado y empaqueo se llevan a cabo de forma manual.

Imagen 12. Proceso de Refilado



Fuente: elaboración propia

Imagen 13. Almacenamiento de los productos ya terminados

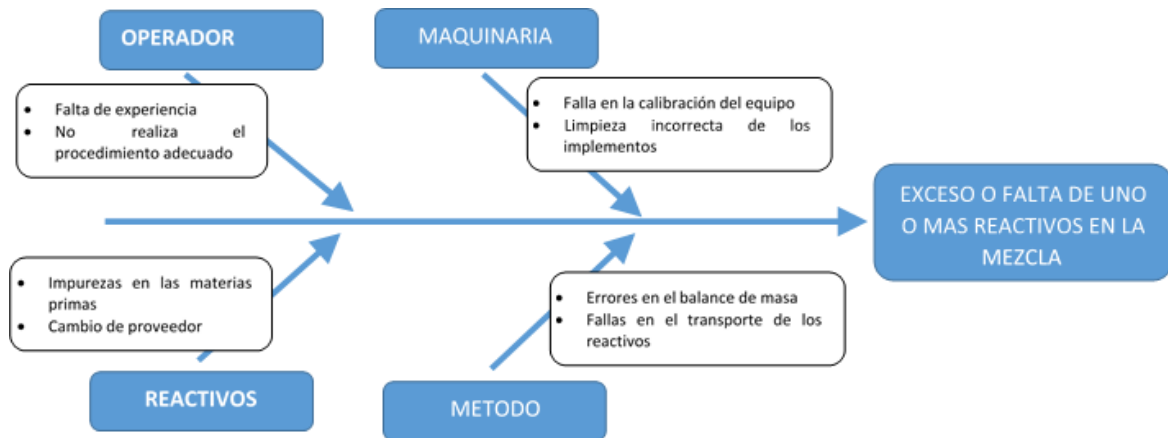


Fuente: elaboración propia

2.4 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

En los siguientes diagramas causa-efecto se encuentran condensadas todas las posibles causas que generar algún problema en los procesos involucrados en la producción de bujes y mangueras. Se mostrará las posibles fallas respecto a los operadores del proceso, reactivos utilizados, maquinaria y método utilizado para cada fase.

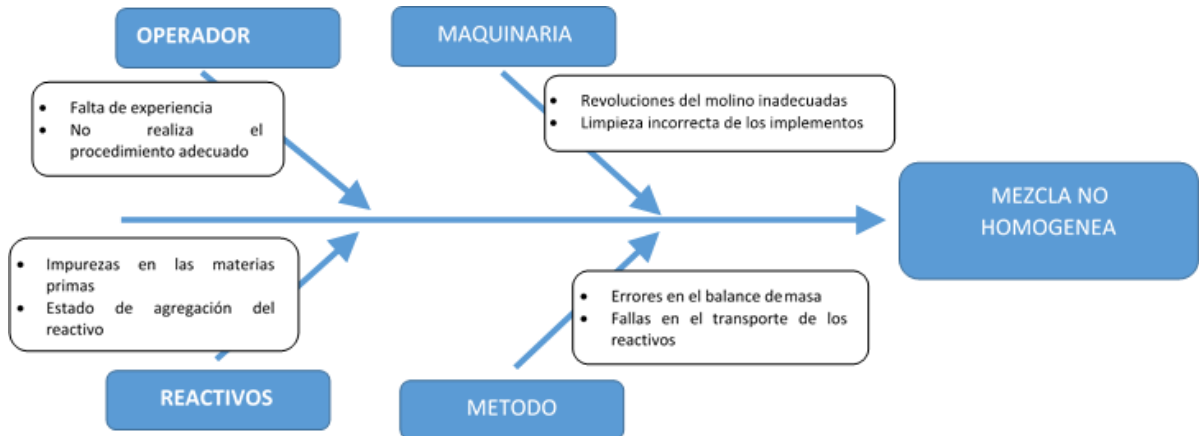
Figura 5. Diagrama causa – efecto para el proceso de pesado



Fuente: elaboración propia

Del proceso de pesado depende la correcta adición de materias prima a la mezcla para su posterior manufactura, en esta fase se encuentran fallas debido a la falta de experiencia de los operadores al no realizar el procedimiento adecuado puesto que no se realiza la debida inducción para realizar correctamente este procedimiento, para el caso de los reactivos se evidencia impurezas en las materias primas por su errónea manipulación o que exista cambio en los proveedores de confianza de las materias primas, respecto al método de pesado de las materias primas se constata posibles inconvenientes respecto al balance de materia ya que no se encuentra actualizado, para el caso de maquinaria se hallan posibles fallas respecto a la correcta calibración de los equipos y no se realiza la correcta limpieza para operar correctamente, para este proceso de pesado se tiene como falla principal el exceso o falta de algún reactivo por los posibles inconvenientes mencionados anteriormente.

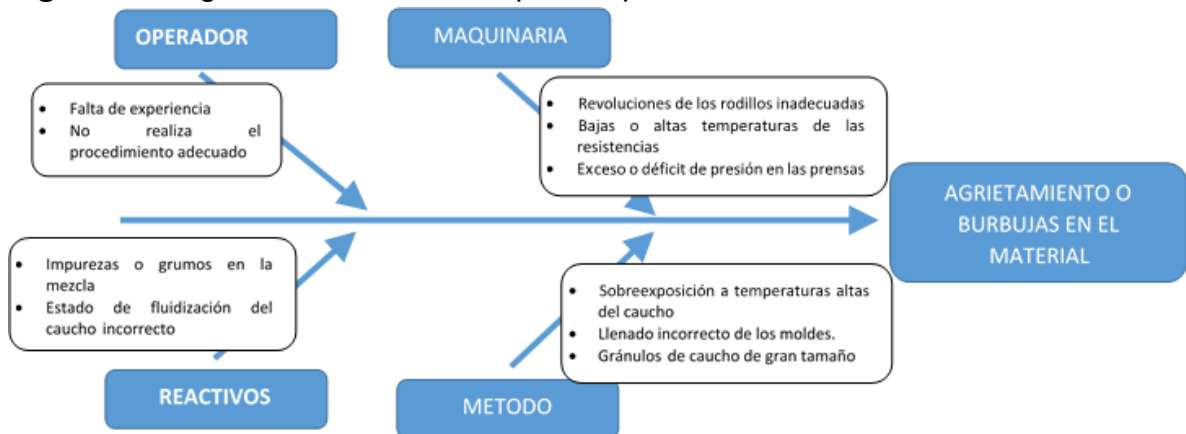
Figura 6. Diagrama causa – efecto para el proceso de mezclado



Fuente: elaboración propia.

En la fase de mezclado se necesita que se forme una mezcla homogénea donde se incorpore correctamente todas las materias primas involucradas, en este proceso se evidencian fallas respecto a la falta de experiencia de los operadores al no realizar el procedimiento adecuadamente, introduciendo sin ningún orden específico los componentes en el molino, debido a que no hay ningún tipo de control para este proceso, para el caso de las materias primas no se verifica si presenta algún tipo de impurezas, ni el estado en el que se encuentran las mismas, en la maquinaria se evidencian probables defectos en cuanto al molino ocasionado posibles revoluciones inadecuadas, ya que no se verifica el estado de funcionamiento de estos, provocando así como problema principal una mezcla que no es homogénea.

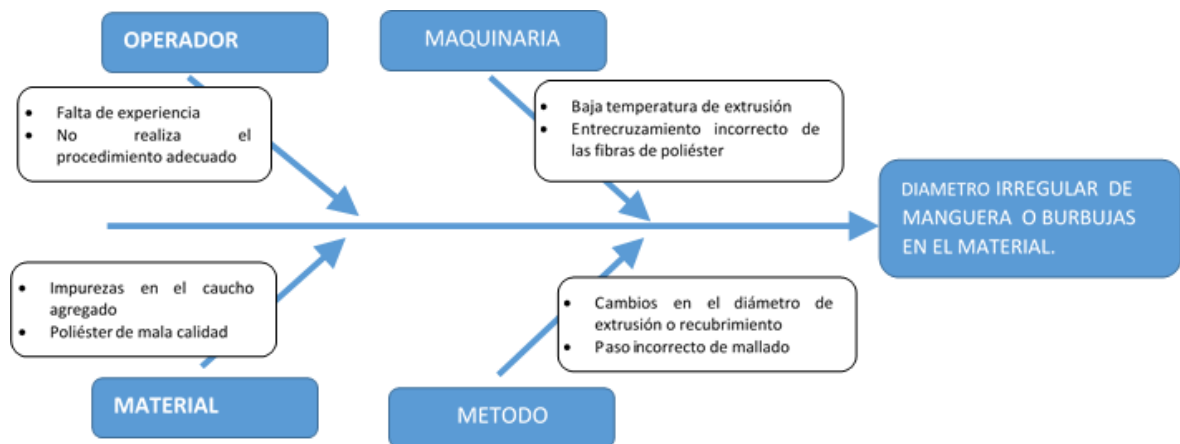
Figura 7. Diagrama causa – efecto para el proceso de vulcanización



Fuente: elaboración propia

La fase de vulcanización es una de las más importantes porque de aquí radica la durabilidad del artículo, para este proceso se encuentran probables falencias en torno a los operadores y métodos para llevar a cabo esta operación, ya que no se cuenta con la información y conocimientos necesarios para operarla correctamente, provocando un aumento en la exposición a la temperatura que conlleva a un producto de baja calidad, respecto a los reactivos los cuales posiblemente llegan con fallas de las anteriores fases ya sea del proceso de pesado o mezclado, para el caso de la maquinaria puede ser que no operen correctamente por falta de mantenimiento o que presenten algún desgaste o deterioro, para esta fase de vulcanizado como problema principal se evidencia un producto con agrietamiento o burbujas que pasa a ser declarado como producto no conforme.

Figura 8. Diagrama causa – efecto para los procesos de extrusión, mallado y recubrimiento.



Fuente: elaboración propia.

En los procesos de extrusión, mallado y recubrimiento radica la principal falla donde las mangueras presentan burbujas o diámetro irregular en el material, esto se debe a diversos factores, uno de ellos radica en donde los operadores no realizan correctamente estas operaciones por falta de experiencia o conocimiento, que estos, no realicen el correcto proceso de mallado y recubrimiento, para el caso del material los inconvenientes se dan porque se encuentren impurezas o exista la posibilidad de que las materias primas sean de baja calidad, respecto a la maquinaria, las posibles causas involucradas son la incorrecta manipulación de estas, acarreando variabilidad en la temperatura.

2.4.1 Conclusiones diagramas causa - efecto

- Se encuentran causas de posibles fallas en el material en común en las operaciones de pesado, mezclado, vulcanización, extrusión, mallado y

recubrimiento como lo son la falta de experiencia de los operarios o el mal método de realización del proceso.

- Se evidencio la importancia de la pureza de las materias primas para cada uno de los procesos debido a que si no se tiene un control riguroso puede ocasionar fallas en el material aun cuando se sigue el método paso por paso.
- Se verifica la importancia de un buen mantenimiento y limpieza de la maquinaria para de esta manera poder garantizar su funcionamiento.

2.5 IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Mediante el diagnóstico del proceso de fabricación de bujes y mangueras que se lleva actualmente en la empresa, se puede evidenciar que en la producción mensual el porcentaje de producto no conforme y devoluciones por parte del cliente superan el 5% del total de la producción el cual es el punto limite aceptado por la empresa. De ahí en adelante genera enormes pérdidas materiales y económicas mensuales para la empresa.

Lo anterior, fue determinado luego de analizar los datos de la producción del primer semestre del año 2018 que se pueden encontrar en el anexo A en los numerales A.1 y A. 2 mediante este análisis se evidencia que aunque en algunos casos el peso del producto no conforme influye en la cantidad de material de producto no conforme es más representativa la cantidad de unidades por lo cual el siguiente análisis de realizo en base de unidades de producto no conforme como se pueden ver presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Producción mensual en unidades de bujes y mangueras 2018

Mes	Estimado unidades	en Producto conforme	no Devoluciones por parte de cliente	% de perdidas
Enero	28946	518	4150	16%
Febrero	35816	404	4622	14%
Marzo	40398	479	5223	14%
Abril	35181	361	4491	14%
Mayo	25696	239	3891	16%
Junio	19157	266	2510	15%

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

En la Tabla 3 se presentan algunos de los productos (bujes) con la mayor cantidad de producto no conforme seleccionados por el material elaborado, ya sea caucho-metal 60, 70 o 75 (CM 60, CM 70, CM 75) producidos durante el mes de junio del año en curso, estos fueron escogidos porque son los que representan más del

76% de producto no conforme en el mes analizado, en el anexo A se muestran todos los artículos producidos por la empresa que presentan no conformidad.

De esta manera se realizará un seguimiento más profundo a las etapas involucradas en la producción de estas referencias y de este modo encontrar la razón por la cual se están generando mayor cantidad de producto no conforme y así poder formular alternativas de mejora al proceso que permita disminuir la cantidad de producto no conforme.

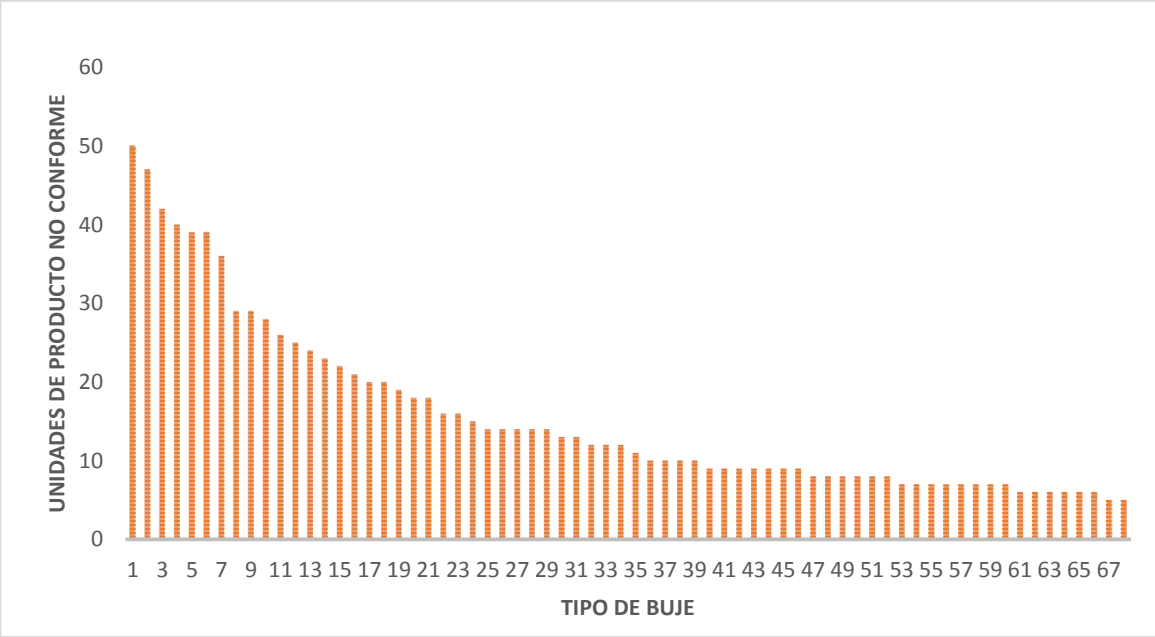
Tabla 3. Referencias que presentan mayor producto no conforme

Buje	Código	Unidades	Peso aproximado (Kg)	Material	No conforme (unidad)
1	31260	2781	117420	CM 60	50
2	31201	2636	21413,6	CM 70	47
3	31223	2318	60784,5	CM 70	42
4	39288	6766	228339	CM 60	40
5	31220	2149	119761,2	CM 70	39
6	39287	1198	18024,5	CM 60	39
7	31259	1995	62726,4	CM 60	36
8	31244	1584	54572,4	CM 70	29
9	31385	1784	191884	CM 70	29
10	39291	2040	204072	CM 70	28

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

En la gráfica 1 se muestran los datos de productos no conformes generados en la empresa referente al mes de junio del año en curso, (Anexo A) en donde se evidencia que aproximadamente el 76% del total de unidades de producto no conforme reportado por la empresa se ve representado gráficamente las unidades de producto no conforme identificados por referencia fueron previamente codificadas numéricamente.

Gráfica 1. Producto no conforme para el mes de junio del 2018



Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

3. EVALUACION DE LAS FASES DE PROCESO CON POSIBLES FALLAS

En este capítulo se analizarán las fases de proceso que tienen incidencia en la fabricación de las referencias seleccionadas en la tabla 3, la cuales son las que presentan mayor cantidad de producto no conforme, se realizará una toma de muestras a las materias primas para conocer el estado en el que se encuentran para realizar la mezcla inicial y así analizar la materia prima que se está utilizando actualmente para la elaboración de bujes y mangueras.

Para la producción de EPDM (caucho de etileno propileno dieno) principal materia prima de los productos realizados por la empresa, el cual incorpora gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos que aportan propiedades al material como resistencia a la abrasión y al desgaste, y así permite desarrollar un producto que responda a las necesidades requeridas por el consumidor.

Actualmente la empresa realiza su formulación en PHR como base de cálculo, como se muestra en la Tabla 4 se puede encontrar la equivalencia en peso para un lote de producción de aproximadamente 23 kilos.

Tabla 4. Formulación del caucho EPDM en PHR

COMPONENTE	PHR	PESO (kg)
CAUCHO NATURAL	100	14,533
SILICE GRANULADA	20	2,907
OXIDO DE ZINC	5	0,727
ACIDO ESTERAICO	3	0,436
NEGRO DE HUMO	20	2,907
COLOFONIA	5	0,727
ACEITE INR	10	1,453
POLIETILENGLICOL	10	1,453
ANTIOXIDANTE	1,5	0,218
AZUFRE	3	0,436
SULFENAMIDA N-TERBUTYL 2 BENZOTYAZOL	1	0,145
DISULFURO DE TETRAMETILO	0,4	0,058

Fuente: INR. Inversiones Reinoso Y Cía. Ltda.

Se requieren diferentes componentes para asegurar las variables deseadas del caucho:

Azufre: es el agente más importante en el proceso de vulcanización, y debe tener una pureza al menos del 99,5%. además, deberá estar libre de ácidos, ya que este medio retarda la vulcanización. Por otro lado, es esencial una dispersión uniforme

del azufre en el compuesto para obtener una vulcanización uniforme y un vulcanizado con las mejores propiedades mecánicas.⁸

Donadores de azufre: son compuestos orgánicos que liberan azufre cuando alcanzan las temperaturas de vulcanización. Este azufre se consume en la formación de entrecruzamientos. Algunos de los compuestos que pueden ser considerados en ese renglón son: tetra sulfuros de tiuramio, como el tetra sulfuro de dimetil tiuramio (DMTT), y algunos derivados de la morfolina, como el disulfuro de dimorfolil (MOR)⁷

Sulfuros de Tiruamio: son agentes orgánicos que se utilizan como agentes donadores de azufre y como aceleradores de la vulcanización. los más importantes son: disulfuro de tetrametil tiuramio (tmtd) y monosulfuro de tetrametil tiuramio (tmtm). Cuando se combinan con una porción pequeña de azufre se logra un proceso más eficiente de vulcanización. Las propiedades del caucho dependerán de las proporciones entre estos componentes acelerantes y el azufre.⁷

Peróxidos: estos pueden dividirse en orgánicos e inorgánicos. se considera que los primeros son de mayor importancia en la vulcanización de hules. Existen dos grupos de peróxidos con grupos y sin grupos carboxílicos. Dependiente del tipo de peróxido se tienen ventajas en la reacción durante el proceso de vulcanización. Es importante determinar el tipo de peróxido y su proceso de vulcanización.⁷

Óxidos metálicos: Los óxidos metálicos más utilizados son el óxido de zinc, como agente vulcanizante y el óxido de magnesio, utilizado principalmente como atrapador de ácido. Una combinación adecuada de dos óxidos metálicos produce una relación satisfactoria entre la tendencia de los compuestos a quemarse y el grado de vulcanización que alcanza.⁷

Acelerantes: la vulcanización del hule sólo con azufre requiere de tiempos relativamente largos y temperaturas altas. Además, las propiedades del vulcanizado no son las mejores que se puedan obtener, ya que presentan, por ejemplo, muy baja resistencia al envejecimiento, alta tendencia a la migración del azufre, propiedades mecánicas bajas, etc.⁷

Plastificantes: se adicionan para facilitar la preparación de las mezclas, con el fin de controlar la viscosidad, reducen la fricción interna durante el proceso y mejoran la flexibilidad a bajas temperaturas del producto. Los plastificantes más utilizados son: aceites minerales (aromáticos, nafténicos, y parafínicos) y de tipo éster.⁷

Retardantes: el retardante debe operar al inicio del proceso de vulcanización retrasando su inicio, pero no debe afectar la siguiente etapa de la vulcanización,

⁸ RAMOS DEL VALLE, Fernando; SANCHEZ, Ernesto. Vulcanización y formulación de hules. (G. noriega Editores, Ed.) (p. 148). 2003. México, DF

frecuentemente se afirma que los retardadores reprimen el comienzo de la vulcanización, pero activan el curado a temperaturas de vulcanización. Los retardantes comerciales más comunes en presencia de azufre son: ácido salicílico, ácido benzoico, n-nitroso difenil amina y la triclorometilamina.⁷

Negro de Humo: de las cargas que imparten algún grado de reforzamiento al hule, el negro de humo es comercialmente el más importante. Las características que le aportan al caucho son incrementar la tenacidad, la resistencia a la tracción, torsión y al desgaste.⁷

3.1 TOMA DE MUESTRAS DE LAS MATERIAS PRIMAS

Se tomaron muestras de cada uno de los reactivos involucrados en el proceso y se procede a realizar un análisis de tipo fisicoquímico para ser comparados con la ficha técnica proporcionada por el proveedor o fabricante, estos se muestra en la tabla 5, 6 y 7; en este paso del proceso se confirma estado de agregación del reactivo, densidad, color y fechas de fabricación de esta manera se disminuyen las posibilidades de fallas en la composición del reactivo, como mecanismo de seguridad la empresa no cambia regularmente de proveedores para evitar el cambio de calidad de la materia prima.

Tabla 5. Análisis fisicoquímico Caucho Natural

Propiedad	Ficha Técnica	Análisis
Color	Beige 1,3 ±0,05 gr/cm ³	Beige 1,28 gr/ cm ³
Peso específico		
Dureza	50 ± 5 shore	50 shore
Alargamiento a la rotura	≥ 500 %	

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico negro de humo

Propiedad	Ficha Técnica	Análisis
Apariencia	Polvo o pellet	Polvo
Color	Negro	Negro
Valor de ph (20°C)	4-11 (50 g/l de agua)	5
Densidad(20°C)	1,7 a 1,9 g/cm ³	g/cm ³

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Tabla 7. Análisis fisicoquímico Sílice granulada (rubbersil RS-50)

Propiedades	Ficha Técnica	Análisis
Apariencia	Granular	Granular
SiO ₂ (*) Min., %	98%	98%
Humedad a 105 °C, %	3.0 – 6.0	4.0
pH	6.0 - 7.0	6,78
Área BET, m ² /g	170 - 200	190

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Como se enuncio anteriormente, se tomaron muestras de las materias primas incluidas en la mezcla master y se evidencia que cumplen con las características especificadas por el proveedor.

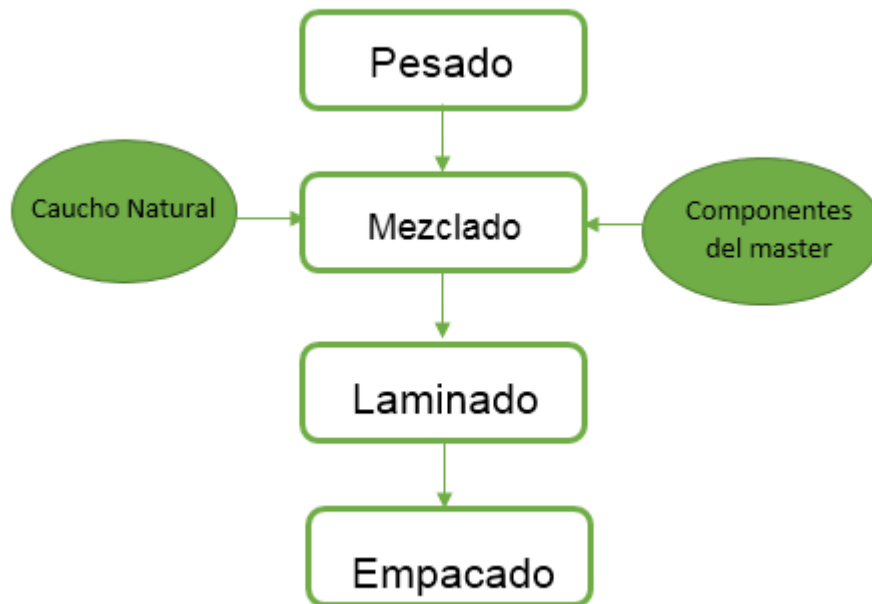
3.2 FABRICACIÓN DE LA MUESTRA BASE

Luego de verificar el estado y procedencia de las materias primas se procede a realizar el pesado del material correspondiente al tipo de caucho a realizar, estos son caracterizados básicamente mediante el índice de dureza (CM60, CM70, CM 75 y CM80) y de esta manera puede variar la cantidad de reactivos utilizados.

Se incorpora el caucho natural al molino tipo banbury y se le agregan los componentes del master (sílice granulada, óxido de zinc y ácido esteárico) que son los que intervienen como activantes y acelerantes de la vulcanización, este proceso se realiza durante 30 minutos aproximadamente a una temperatura entre 50°C y 60°C, esto para favorecer el punto de mezcla del caucho, pasado este tiempo se pasa la mezcla master al molino de rodillos en donde se le agregan los reactivos restantes (negro de humo, azufre, sales de azufre y los acelerantes de la vulcanización) esta etapa del proceso tiene una duración aproximada de 30 minutos por mezcla manteniéndola a una temperatura entre 40°C y 50°C hasta que queda completamente homogénea la masa de caucho.

Para finalizar se hace pasar la mezcla de caucho por una calandra de aplanado la cual proporcionara un espesor de 8 mm, de 2,5 a 3 metros de largo y 1 metro de ancho, la cual es colocada sobre una mesa de acero inoxidable durante 35 minutos a temperatura ambiente y así posteriormente ser empacada y enrollada para facilitar su transporte dentro de la fábrica. En la Figura 9 se resume el procedimiento mencionado anteriormente.

Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la muestra base



Fuente: elaboración propia

3.3 ANÁLISIS DE PROPIEDADES DEL MATERIAL REQUERIDO POR LA EMPRESA

La norma ASTM D-2000 permite clasificar los parámetros de resistencia al calor, cambios en la dureza, en la tensión y la elongación, determinando y clasificando su grado de calidad. Esta norma cubre el sistema de clasificación de las propiedades de materiales de caucho vulcanizado, así como el Caucho Natural (NR), Caucho Sintético (SR) y sus combinaciones para aplicaciones automotrices. Este sistema de clasificación también cubre las propiedades de materiales de caucho vulcanizado, esta clasificación está determinada por tipo de resistencia, elongación, tensión y dureza de acuerdo con la Tabla 8.

Tabla 8. Método para la aplicación de normas según ASTM D-2000

REQUERIMIENTO BÁSICO Y PRIMER SUFJO No.	básico	1	2	3	4	5	6	7	8	9
REQUERIMIENTO O LETRA SUFJO										
Esfuerzo en Tensión, Elongación	ASTM D412	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Dureza, Durometro Tipo A	ASTM D2240	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Sufjo A, Resistencia a la Temperatura	...	ASTM D573, 70 Horas	ASTM D865, 70 Horas	ASTM D865, 168 Horas	ASTM D573, 168 Horas	ASTM D573, 1000 Horas	ASTM D865, 1000 Horas	...	...	...
Sufjo B, Test de Compresión	...	ASTM D395, 22 Horas, Método B, so lido.	ASTM D395, 70 Horas, Metodo B, solido.	ASTM D395, 22 Horas, Metodo B, plegado.	ASTM D395, 70 Horas, Metodo B, plegado.	ASTM D395, 1000 Horas, Metodo B, so lido.	ASTM D395, 1000 Ho ras, Metodo B, plegado.	...	...	...
Sufjo D, Test de Compresión, Resistencia líquidos	...	ASTM D471, IRM 901 Oil, 70 Horas	ASTM D471, IRM 902 Oil, 70 Horas	ASTM D471, IRM 903 Oil, 70 Horas	ASTM D471, IRM 901 Oil, 168 Horas	ASTM D471, IRM 902 Oil, 168 Ho ras	ASTM D471, IRM 903 Oil, 168 Ho ras	ASTM D471, Servicio de Fluido No. 101, 70 Horas	Acete Diseño específico según Tabla 8, ASTM D	...
Sufjo G, Resistencia a la Ruptura o Desgarre	...	ASTM D624, Dado B.	ASTM D624, Dado C	...	...	...	...	...	...	...
Sufjo K, Adhesión	...	ASTM D429, Metodo A.	ASTM D429, Metodo B.	Pegado, despues de Vulcanización	...	...	...	...	...	...
Sufjo R, Resiliencia	...	ASTM D1054-2	...	...	...	...	...	...	...	...

Fuente: INR Inversiones Reinoso Y Cía. Ltda. Aplicación de Normas para bujes y mangueras.

Estos requerimientos básicos son aplicados actualmente en la empresa para la fabricación de sus productos y serán la referencia para clasificación de la materia prima para verificar si cumple con las especificaciones mínimas exigidas por la empresa como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Especificaciones mínimas exigidas por la empresa para la producción de EPDM

PRUEBA DE ENSAYO	MAGNITUD	
Reometría	Tmin: 1,24	T90: 2,54
Viscosidad	50 mu	
Resiliencia	15 % max	
Dureza	65+/5- shore A	

Tabla 9. (Continuación)

PRUEBA DE ENSAYO	MAGNITUD
Elongación final (% min)	300
Temperatura *C	25

Fuente: INR Inversiones Reinoso Y Cía. Ltda. Especificaciones muestra base

3.4 MÉTODOS DE ENSAYO

Los métodos de ensayo permiten evaluar el comportamiento de las piezas de caucho para este caso los bujes y mangueras, a continuación, se describen los métodos que se llevan a cabo en INR Inversiones Reynoso y Cía. LTDA.

3.4.1 Prueba de Reometría. La reometría es una prueba fundamental para determinar las propiedades mecánicas de varias mezclas a través de la medición del torque. A mayor torque mayores propiedades mecánicas tendrá la mezcla. También permite determinar los tiempos adecuados para el proceso de llenado de cavidades o moldeo y la determinación de los tiempos del proceso de vulcanización. El balance entre propiedades mecánicas adecuadas y los tiempos adecuados del proceso de vulcanización, permiten obtener una formulación y producto final óptimo para la aplicación con el menor costo por tiempo del proceso. Para esta prueba se tendrá en cuenta la norma ASTM D-5289, la cual es una prueba estándar para caracterizar la vulcanización del caucho y determinara las condiciones óptimas para este proceso, brindara información acerca del tiempo de almacenamientos de las mezclas y del tiempo que puede gastar el operario realizando el procedimiento.

3.4.2 Tiempo óptimo de vulcanización. Se procedió a determinar los tiempos óptimos de vulcanización de la mezcla para una muestra de caucho EPDM fabricado por la empresa esta prueba se realizará mediante la norma la norma ASTM D395 en donde son fabricadas 3 probetas en forma de cilindros de 29 mm de diámetro y 12.5 mm de altura dichas probetas se ingresan a un reómetro de propiedad de la empresa a una temperatura constante de 180°C. Luego de esta prueba se procedió a identificar las propiedades de la mezcla para dos geometrías de probeta: cilindros de 29 mm de diámetro y 12.5 mm de altura para acogerse a la norma ASTM D395 (ASTM 2008), y probetas tipo corbatín para

ensayos de tensión según norma ASTM 412 (ASTM 2008). pero empleando el tiempo de vulcanización óptimo que se determinó en el análisis de propiedades del material, se fabricaron cinco probetas cilíndricas de 12.5 ± 0.5 mm de espesor y 29.0 ± 0.5 mm de diámetro. Se seleccionaron aleatoriamente tres probetas y se sometieron a ensayos de compresión uniaxial bajo norma ASTM D575 utilizando una prensa hidráulica deformando las probetas 2 mm a una velocidad de 20 mm/minuto. Para esta mezcla se moldearon también cinco probetas de tensión y se seleccionaron aleatoriamente tres probetas que se sometieron a tensión bajo norma ASTM 412 utilizando una máquina de tracción una velocidad de mordazas de 500 mm/minuto, alcanzando el desplazamiento máximo que permite la máquina. En los ensayos de tensión se determinó el módulo al 100% y el módulo al 300%, y a las probetas se les midió dureza bajo norma ASTM D2240.

3.4.3 Prueba de dureza. Para esta prueba se tendrá en cuenta la norma ASTM D 2240, la cual establece la resistencia del material al ser penetrado por un objeto, de tal forma que es un indicador de flexibilidad y recuperación de sus dimensiones originales dadas por su formación o moldeo.

Se determina la dureza con un durómetro cuyo elemento penetrador tiene un resorte que ejerce una fuerza cuando se hace presión sobre la muestra colocando el pie de presión paralelo a la superficie, la fuerza que ejerce el resorte, se traduce en un rango de unidades SHORE, cuya escala es de 0 a 100, y el tipo de unidades depende del tipo de material ensayado, esto se puede apreciar en la figura 10.

Figura 10. Conversor de durezas en unidades SHORE

<i>conversor durezas</i>				
^o Shore A DIN 53505	^o IRHD ASTM D 1415	^o Shore D DIN 53505	^o Shore 0 ASTM D 2240	^o Shore 00 ASTM D 2240
100	100	58		
95	95	46		
90	90	39		
85	85	33		
80	80	29	84	98
75	74	25	79	97
70	68	22	75	95
65	64	19	72	94
60	62	16	69	93
55	54	14	65	91
50	49	12	61	90
45	44	10	57	88
40	39	8	53	86
35	35	7	48	83
30	28	6	42	80
25			35	76
20			28	70
15			21	62
10			14	55
5			8	45
<i>Elastómeros compactos y celulares</i>	<i>Elastómeros compactos</i>	<i>Poliuretanos, PTFE rígido, Termoplásticos y Elastómeros muy duros</i>	<i>Elastómeros compactos y celulares de media densidad</i>	<i>Elastómeros celulares de media y baja densidad</i>

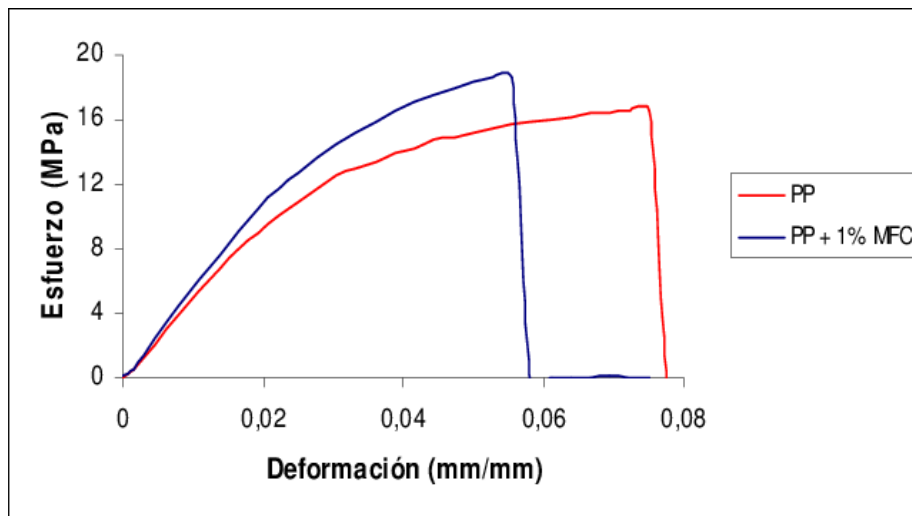
IRHD : International Rubber Hardness Degree

Fuente: Dureza de

cauchos. Disponible en: <http://www.eric.es/web/dureza/>

3.4.4 Prueba de elongación. La elongación se refiere a la extensión producida por una fuerza de tensión aplicada. Para esta prueba se tendrá en cuenta la norma ASTM D 412, la cual establece la resistencia del caucho o el polímero al someterlo a un esfuerzo a la tracción, midiendo la elongación que permite caracterizar la formulación. Esta propiedad se determina mediante el alargamiento de tensión y alargamiento de probetas en forma de corbatín, tomadas de las placas estandarizadas. El valor de la tensión se basa en el área transversal original de las probetas.

Figura 11. Curva de esfuerzo con respecto a la deformación



Fuente: RESEARCH GATE. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Curvas-esfuerzo-vs-deformacion-del-polipropileno-y-el-nanocomposite-con-1-de_fig1_277119543

3.4.5 Prueba de resiliencia. Para esta prueba se empleara la norma ASTM D395, esta norma determina la medida de la resiliencia como la relación del ángulo de rebote original en relación con el ángulo de rebote este es medido en grados sexagesimales, en la que se deja caer sobre la muestra de caucho el péndulo respectivo para dicha muestra. La resiliencia es una función tanto del módulo dinámico y la fricción interna de un caucho es muy sensible a los cambios de temperatura y a la profundidad como penetra el émbolo. Este método de ensayo se utiliza para el desarrollo y la comparación de los materiales.

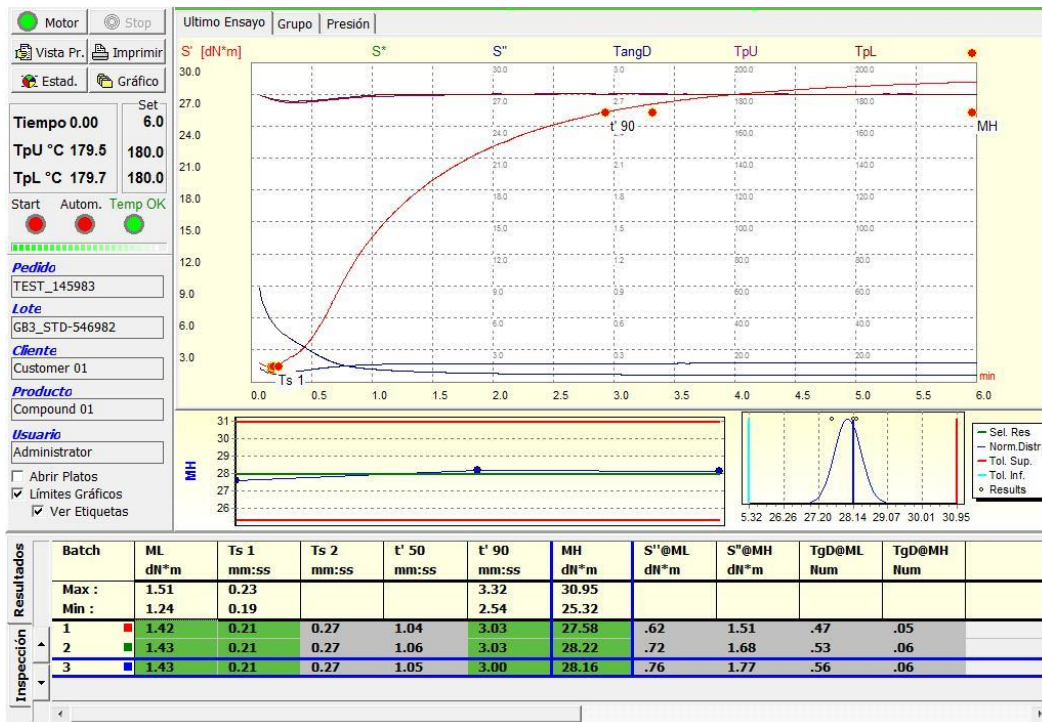
3.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO

Basado en los métodos de ensayo descritos en la sección 3.4, la empresa INR inversiones Reinoso & Cía. LTDA realiza un control de calidad constante a su materia prima y mezcla final de caucho que posterior mente será utilizado para la fabricación de sus productos.

A continuación, se mostrará los resultados de los métodos de ensayo con su respectivo análisis.

En la imagen 14 se muestra el reporte para la prueba de reometria método mediante el cual se rige el análisis de las características fundamentales del caucho como el tiempo de fluidización del material (Ts1) tiempo en el cual, el caucho pasa de un estado plástico a liquido viscoso, el (t90) que es el tiempo en el que a una temperatura constante inicia la vulcanización, así como los torques (ML) y (MH) a los que es sometida la mezcla durante la prueba, de esta manera se pueden calcular los tiempos óptimos de vulcanización y el incremento de las propiedades en el caucho vulcanizado.

Imagen 14. Reograma formulación actual



Fuente: INR Inversiones Reinoso Y Cía. LTDA.

Con los datos obtenidos en la imagen 14 se pudieron obtener los datos agrupados en la tabla 10.

Tabla 10. Análisis de datos reometría de vulcanización.

ESPECIFICACIONES EXIGIDAS POR LA EMPRESA	Muestra Examinada	
Tiempos	Tmin: 1,24 T90: 2,46	Tmin: 1,30 T90: 2,54
Viscosidad	50 mu	55 mu
Tiempo óptimo de vulcanización	4 minutos	4,5 minutos

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Mediante este análisis se pueden calcular los tiempos óptimos de vulcanización para cada una de las referencias fabricadas por la empresa teniendo en cuenta el volumen de caucho de cada una, para lo cual tienen especificada una densidad promedio de 0,00015 gr/mm³. Para el caso puntual de la probeta analizada el peso es de 1,238 gr

Ecuación 1. Peso probeta de caucho

$$\begin{aligned}
 \text{peso probeta} &= \pi * r^2 * h * \rho = \pi * (14.5\text{mm})^2 * 12,5\text{mm} * 0,00015 \frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \\
 &= 1,238 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Mediante estos análisis y pruebas de temperatura de vulcanización en donde a referencias seleccionadas de bujes les fue medida la temperatura interna y grado de vulcanización de caucho la empresa da un tiempo de vulcanización promedio de 7,5 minutos a una temperatura de 190°C para piezas vulcanizadas en prensa y de 30 minutos a una temperatura de 160° C para piezas vulcanizadas en autoclave que tengan un peso entre 10 y 60 gramos.

En la tabla 11. se muestran los resultados de la prueba de elongación a los que fueron sometidos tres muestras de mezcla de caucho CM60.

Tabla 11. Resultados prueba de elongación

Identificación de la muestra	Número probeta	de Tensión (MPa)	Tensión media	Elongación hasta rotura	Elongación media
MEZCLA CAUCHO CM60	1	0,34	0,38	430,9	437,5
	2	0,39		435,9	
	3	0,41		445,8	

Fuente: elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

En la tabla 12. se presentan los datos de las propiedades de dureza y resiliencia de la mezcla base para la fabricación de bujes y mangueras.

Tabla 12. Resultados de los métodos de ensayo dureza y resiliencia

Descripción	Exigencia de norma	Muestra examinada	% por debajo de la exigencia de la norma respecto a la exigida
Límites de dureza shore A	45 a 75	60	-
Resistencia a la tensión mínimo (MPa) ASTM D 412	15,5	15,18	1,02
Alargamiento a la rotura mínimo (%)	400	464,4	1,16
Compresión set (ASTM D 395 método B) 22 horas a 100 *C máximo	35	18,8	1,9

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Con base en los resultados de los métodos de ensayo, estipulados en la tablas 10, 11 y 12, y comparados con las especificaciones mínimas estipuladas por la empresa presentes en la tabla 9, se pudo observar que la muestra cumplió con los límites de dureza establecido en la norma ASTM D 2240 al presentar un valor medio de 60 en unidades shore; el método de elongación cumplió con la resistencia adecuada para el caucho utilizado en el sector automotriz respecto a las exigencias de la norma ASTM D 412, así como el método de alargamiento a la rotura y el método de compresión están dentro del rango de exigencias permitido por la norma.

Gracias a los resultados obtenidos en las anteriores pruebas no se evidencia ningún problema en la mezcla de caucho con la que se fabrican los productos de

la empresa ya que cumplen con la normatividad y especificaciones exigidas actualmente.

3.6 EVALUACION DE LA ETAPA DE VULCANIZACION

3.6.1 Análisis de los tiempos y temperatura del proceso vulcanización.

Esta etapa es una de las más importantes del proceso de producción de bujes y mangueras ya que, en esta etapa reside la calidad y durabilidad del producto, para las mangueras el tiempo de vulcanización debe ser de 160°C durante 30 minutos; para bujes el tiempo de vulcanización debe ser de 190 °C durante 7 a 8 minutos, según se enuncia en la sección 3.4.2. En la tabla 13, se muestran los datos recolectados del tiempo y temperatura para la fase de vulcanización en la producción de bujes realizada el día 2 de julio del año en curso.

Tabla 13. Tiempo y temperatura de vulcanizado para la producción de bujes del día 2 de julio del año en curso.

Molde	Tipo de buje	Tiempo de vulcanización (min)	Temperatura de vulcanización (°C)
1	BUJE CUNA RENAULT MEGANNE 2	7,5	156
2	BUJE TEMP MAZDA 626	8	158
3	BUJE TRASERO TIJ TRAS MAZDA 3	7,6	162
4	BUJE TEMplete TRAS CURVO MAZDA 3	12	166
5	BUJE TEMplete TRAS RECTO MAZDA 3	9	166
6	BUJE CACHO TRAS MAZDA 3 2006	7,9	168
7	BUJE TERMINAL ESTAB. MITSUBISHI WAGON	8	160
8	BUJE TENS. MITSUBI L-200	8,9	160
9	BUJE BALANCÍN MITSUBISHI L300 PICK	9	160
10	BUJE TIJ SUP CHEVETTE (375)	7	159
11	BUJE TIJ SUP CHEVETTE (376)	6,9	155
12	BUJE TIJ INF CHEVETTE (285)	7	155
13	BUJE TIJ CHEVROLET OPTRA 1,8	8	152

Tabla 13. (Continuación)

Molde	Tipo de buje	Tiempo de vulcanización (min)	Temperatura de vulcanización (°C)
14	BUJE TIJ CHEVROLET AVEO 1.4, 1.6 pequeño	7,9	152
15	BUJE TIJ CHEVROLET AVEO 1.4, 1.6 grande	7,3	156
13	BUJE RESORTE TROOPER (igual 39725)	10	158
17	BUJE MUELLE de TROOPER CARIBE	10	159
18	BUJE CAUCHO TRAS CHEVROLET OPTRA TODOS	12	160
19	BUJE MUELLE TRAS TROOPER 2741	7,3	160
20	BUJE SUSP DEL. TRAS TROOPER 3540	7,6	156
21	BUJE SOP CAJA CRONOS	9	158
PROMEDIO		8,471	158,85
DESVIACION ESTANDAR		1,484	4,19
PORCENTAJE DE ERROR (%)		5,87	0,71

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

3.6.2 Presión de la operación.

La presión de operación en la fabricación de bujes y mangueras se ve implicada en la fase de vulcanización, tanto en las prensas de vulcanizado que manejan presiones de operación entre 60 - 100 psi como en la autoclave que maneja una presión de 40 psi a 160°C, la presión juega un papel importante pues está acompañada de la temperatura que proporciona fijación y dureza al caucho.

3.6 ANALISIS DE RESULTADOS

Con base en los datos recolectados en la sección 3.6 se puede evidenciar que el proceso de vulcanización no cumple con las exigencias del proceso, como se puede evidenciar en la tabla 13 , respecto a la temperatura y los tiempos de vulcanización referente a cada producto, ya sea bujes o mangueras, se pudo corroborar que estos datos varían considerablemente a los valores cercanos al requerido como se pudo comprobar con los datos promedios para los dos tipos de productos, para el caso de bujes, la temperatura y tiempo promedio fueron de 158,85°C y 8,4 min, y un % error de 0,7 y 5,8 %, respectivamente.

Respecto a lo mencionado anteriormente, se centra el problema principal en el proceso de vulcanización en cuanto a las variables medidas tiene una variabilidad significativa ocasionando posibles inconveniente con el cumplimiento de las especificaciones que demanda el proceso de producción de bujes y mangueras estipulado en la sección 3.4.2. El no cumplimiento de estos parámetros de tiempo y temperatura, genera en un principio incertidumbre con respecto a la efectividad del proceso de vulcanización, siendo este un proceso de vital importancia para la calidad final del producto.

Estos datos obtenidos centran el problema principal en el proceso de vulcanización debido a que en su totalidad no se están cumpliendo los estándares que se deben ejecutar a la hora de realizar esta operación, afectando la calidad del producto que conlleva a la devolución de las autopartes y por consiguiente la economía de la empresa.

3.7 ALTERNATIVAS DE MEJORA

La problemática presentada reside en la operación de vulcanización que es vital en el proceso de producción y por ende afecta la calidad del producto final, lo que se ve representado en la cantidad de producto no conforme y las devoluciones del cliente. Para este proceso en primera instancia se deben tener presentes los estándares presentados en la sección 3.4.2 los cuales deben seguirse en esta fase y que los operarios no los tienen presentes y la mayoría de estos procesos se han venido realizando de forma empírica, a su vez no se cuenta con los equipos tecnificados para realizar este proceso de manera más eficiente.

Por estas razones se plantea unas alternativas de mejora, a saber:

- Realizar el cambio de las resistencias presentes en las prensas de vulcanización ya que muchas de estas se encuentran en mal estado o dañadas y por ende afecta directamente la temperatura necesaria para la vulcanización. Las resistencias son el componente que más se deteriora en estas prensas (Anexo D) y las cuales tienen el más alto índice de daño dentro de la máquina, ya que estas permanecen encendidas y funcionando durante doce horas diarias.
- Incluir un medidor de temperatura electrónico para poder realizar un seguimiento constante de la temperatura de operación en la etapa de vulcanización, ya que esta verificación se está realizando únicamente una vez por día y el operario no puede identificar si alguna resistencia está presentando alguna falla.
- Incluir un temporizador a las prensas mecánicas, esto con el fin de garantizar los tiempos óptimos de vulcanización para cada uno de los productos realizados

por la empresa teniendo en cuenta, tamaño, peso y tipo de material, ya que como se muestra en la tabla 13, los tiempos de vulcanización están siendo muy variables afectando la calidad del producto final.

4. IMPLEMENTACION DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

En el presente capítulo se mostrará el análisis de la implementación de las alternativas de mejora enunciadas en la sección 3.8. las cuales fueron propuestas luego de un análisis en cada una de las etapas involucradas en el proceso de fabricación en donde se encontró que la etapa de más incidencia en la falla del material es la vulcanización debido al mal estado de la maquinaria porque en el momento no se están realizando revisiones periódicas, ni mantenimientos preventivos a las maquinas únicamente se están realizando tratamientos correctivos en a los elementos en mal estado, y la falta de experiencia de los operarios pues todo lo están realizando empíricamente y con poca capacitacion.

Estas alternativas propuestas fueron analizadas y aceptadas por la empresa y por consiguiente se procedió a su implementación en una de las prensas que se encontraba fuera de trabajo debido a fallas técnicas, estas alternativas de mejora se llevaron a cabo en la semana del 5 al 11 de agosto del año en curso, se procedió a cambiar e instalar 10 resistencias para la Prensa – 200 Toneladas Marca Guix encargada del proceso de vulcanización, en la imagen 15 se observa el cambio de las resistencias para la prensa enunciada (recuadro rojo # 1) y adicional a esto se realizó el montaje en esta misma máquina de un medidor de temperatura para controlar que la temperatura sea adecuada y correcta para el proceso (190°C) , finalmente se instaló un temporizador incorporando un control lógico que permite que el pistón sea liberado al momento de cumplirse el tiempo de vulcanización (recuadro rojo # 2).

Imagen 15. Prensa Guix 200 toneladas con tablero electrónico de control



Fuente: elaboración propia

Debido a que se implementó a nivel de producción y no como prueba piloto se evaluaron cada una de las variables analizadas en la sección 3.6. Mostrando los resultados del análisis para conocer las condiciones del proceso con las alternativas de mejora.

4.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

Se procedió a realizar un análisis del proceso de producción en la fase de vulcanización, se evaluará las condiciones de tiempo y temperatura para este proceso, con el fin de conocer el efecto de las alternativas de mejora en el proceso de producción de bujes y mangueras.

4.1.1 Análisis de los tiempos y temperatura del proceso vulcanización. Para esta fase se analizó los tiempos y temperaturas con las alternativas de mejora propuestas en los bujes que se analizaron en la sección 3.6.1. En la tabla 14 se muestra los tiempos y temperaturas de vulcanización para la producción de bujes y mangueras respectivamente, con la implementación de mejora, estos datos se obtuvieron para la producción del día 15 de agosto del año 2018.

Tabla 14. Tiempo y temperatura obtenidos en la operación de vulcanización en bujes durante el día 15 de agosto del año en curso con la implementación de mejora.

Molde	Tipo de buje	Tiempo de vulcanización (min)	Temperatura de vulcanización (°C)
1	BUJE CUNA RENAULT MEGANNE 2	8	189
2	BUJE TEMP MAZDA 626	8	190
3	BUJE TRASERO TIJ TRAS MAZDA 3	8	190
4	BUJE TEMPLETE TRAS CURVO MAZDA 3	8	189
5	BUJE TEMPLETE TRAS RECTO MAZDA 3	8	188
6	BUJE CACHO TRAS MAZDA 3 2006	8	190
7	BUJE TERMINAL ESTAB. MITSUBISHI WAGON	8	190

Tabla 14. (Continuación)

Molde	Tipo de buje	Tiempo de vulcanización (min)	Temperatura de vulcanización (°C)
8	BUJE TENS. MITSUBI L-200	8	190
9	BUJE BALANCÍN MITSUBISHI L300 PICK	8	190
10	BUJE TIJ SUP CHEVETTE (375)	8	191
11	BUJE TIJ SUP CHEVETTE (376)	8	190
12	BUJE TIJ INF CHEVETTE (285)	8	190
13	BUJE TIJ CHEVROLET OPTRA 1,8	8	190
14	BUJE TIJ CHEVROLET AVEO 1.4, 1.6 pequeño	8	189
15	BUJE TIJ CHEVROLET AVEO 1.4, 1.6 grande	8	190
13	BUJE RESORTE TROOPER (igual 39725)	8	191
17	BUJE MUELLE de TROOPER CARIBE	8	189
18	BUJE CAUCHO TRAS CHEVROLET OPTRA TODOS	8	190
19	BUJE MUELLE TRAS TROOPER 2741	8	190
20	BUJE SUSP DEL. TRAS TROOPER 3540	8	190
21	BUJE SOP CAJA CRONOS	8	191
PROMEDIO		8	189,85
DESVIACION ESTANDAR		0	0,72

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Para el caso de vulcanización, cuya operación ha sido la problemática identificada y la causa más posible de las falencias del proceso, se pudo evidenciar con los datos obtenidos en este capítulo, que las alternativas de mejora generaron un cambio positivo, respecto a los datos obtenidos en la sección 3.6, manteniendo de forma estable las variables de temperatura y tiempo para cada tipo de buje mostrados en la tabla 14. En la tabla 15 se muestra la comparación de los valores promedio de temperatura y tiempo del proceso que se lleva a cabo actualmente, respecto al proceso con las alternativas de mejora; esto demuestra que para el caso de bujes la temperatura y tiempo se mantuvo en el rango de 189,8°C y 8 min como se establece en los parámetros para la producción de bujes y mangueras establecidos por la empresa, enunciados en la sección 3.4.2 Se puede decir que

al estabilizarse estos parámetros (tiempo y temperatura) se espera que el producto cumpla con las especificaciones de calidad que se requieren y por consiguiente con la disminución de “producto no conforme”, las devoluciones del mismo influyendo directamente en la disminución de costos en pérdidas para la empresa.

Tabla 15. Comparación del tiempo y temperatura promedio del proceso actual respecto al proceso de mejora.

Artículo	ACTUAL		MEJORA	
	Temperatura promedio (°C)	Tiempo promedio (min)	Temperatura promedio (°C)	Tiempo promedio (min)
Bujes	166	8,5	189,8	8

Fuente: elaboración propia.

Se procede a realizar un análisis de los valores en unidades de producto no conforme y devolución del producto para estos artículos que fueron fabricados con las alternativas de mejora para corroborar que estas elecciones de mejora fueron eficaces a la hora de contrarrestar la problemática presente en el proceso de producción y por consiguiente las pérdidas en la empresa.

En la tabla 16 se muestran los valores de producto no conforme y devoluciones para la producción de bujes y mangueras del 15 de agosto al 15 de septiembre del año 2018, en la cual se ha implementado las mejoras.

Tabla 16. Producción de bujes y mangueras para el periodo del 15 de agosto al 15 de septiembre del 2018

Tiempo			Estimado en unidades	Producto no conforme	Devoluciones por parte de cliente	% de pérdidas
15	Agosto	-	15 25708	230	1344	6%
Septiembre						

Fuente: elaboración propia.

Como se puede evidenciar con los datos en la tabla 16. La alternativa de mejora para el proceso de vulcanización tiene mejoría en lo que es el producto no conforme y las devoluciones por parte del cliente, lo cual es una de las principales

problemáticas que presenta la empresa, mejorando a un 6% en relación a la producción mensual mostrada en la sección 2.4. en la tabla 2. Con lo anterior se puede reafirmar que la elección para la alternativa de mejora fue adecuada y que se puede contrarrestar de manera considerable las pérdidas materiales y económicas de la empresa.

5. ANALISIS DE COSTOS

En este capítulo se analizaron los costos operativos del proceso de producción actual comparado con los costos del proceso de producción con la alternativa de mejora este análisis de costos fue realizado por unidad de producto, esto para poder realizar una proyección mensual por unidades producidas, para hallar estos valores se tuvo en cuenta el valor del salario de cada uno de los empleados que intervienen en el proceso de producción y se sacó un promedio de mano de obra mensual, materia prima utilizada, consumo energético y de fluidos, porcentajes de aumento de costo de materia prima y el porcentaje de ganancia de la empresa, luego este valor fue dividido en cantidad de kilos producidos mensualmente por la empresa y así poder sacar un valor aproximado por kilo de producción.

Para la estimación de los costos de la implementación de las alternativas de mejora se requiere conocer el costo por unidad de cada una de las herramientas las cuales se presentan en la tabla 17.

Tabla 17. Costo por unidad de las herramientas de mejora

Herramientas de mejora	Costo por unidad (COP)
Resistencia para prensas	23000
Medidor de temperatura digital	315000
Temporizador	178000

Fuente: elaboración propia basada en Mercado Libre Colombia

Con dichos valores es posible determinar el costo total de la implementación de mejora propuesta para todos los equipos involucrados en el proceso de producción y la cantidad de herramientas de mejora que estos necesitan para el correcto funcionamiento para producir un producto en óptimas condiciones, los cuales se muestran en la siguiente tabla 18.

Tabla 18. Unidades de herramienta de mejora por equipo

Equipo a mejorar	Herramientas de mejora (unidad)			Total por equipo (COP)
	Resistencia	Medidor de temperatura	Temporizador	
Prensa de 4 pistones	20	1	1	953000
Prensa – 200 Toneladas Marca Guix	10	1	1	723000
	TOTAL			1676000

Fuente: elaboración propia.

Con dichos valores, es posible determinar el costo para la implementación de las alternativas de mejora mostrada en el capítulo 4.

5.1 ANALISIS DE COSTOS DEL PROCESO DE PRODUCCION ACTUAL

En la tabla 19, se muestra el análisis de costos referente a la producción actual que existente para la producción de bujes y mangueras en la empresa INR inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Tabla 19. Costos producción actual

	Item	Valor (COP)	Incidencia (%)
Gastos	Materia Prima Y Productos Comprados	2.192,30	33,87
Costos Variables	Mano De Obra	1.477,00	22,82
	Energia Y Fluidos	178,95	2,76
	Amortizaciones	10	0,15
	Mantenimiento Factoria	25,96	0,4
	Especificaciones Empaque	0,67	0,01
	Costo De Venta	67,04	1,04
	Subtotal	3.951,92	
Costos Fijos	Costos Administracion	520,43	8,04
	Costos Financieros	118,56	1,83
	Subtotal	4.590,91	

Tabla 19. (Continuación)

	Ítem	Valor (COP)	Incidencia (%)
Ganancias	UTILIDAD	1.882,27	29,08
	PRECIO	6.473,18	100

Fuente: elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Según la tabla 19. Se tiene un promedio total de costos por kilo de 6.473,18 COP de producción según la información suministrada por la empresa INR Industrias Reinoso y Cía. Ltda. para el proceso actual.

5.2 ANALISIS DE COSTOS DEL PROCESO DE PRODUCCION ALTERNO

En la siguiente tabla 20, se muestra el análisis de costos referente a la producción actual que existente para la producción de bujes y mangueras en la empresa INR inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Tabla 20. Costos producción implementación de mejora

	Ítem	Valor (COP)	Incidencia (%)
Gastos	MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS COMPRADOS	2.192,30	32,58
	MANO DE OBRA	1.477,00	21,95
	ENERGIA Y FLUIDOS	178,95	2,66
Costos variables	AUTOMATIZACION	256	3,8
	AMORTIZACIONES	10	0,15
	MANTENIMIENTO FACTORIA	25,96	0,39
	ESPECIFICACIONES EMPAQUE	0,67	0,01
	COSTO DE VENTA	67,04	1
	SUBTOTAL	4.207,92	62,53

Tabla 20. (Continuación)

	Ítem	Valor (COP)	Incidencia (%)
Costos fijos	COSTOS ADMINISTRACION	520,43	7,73
	COSTOS FINANCIEROS	118,56	1,76
	SUBTOTAL	4.846,91	72,03
Ganancias	UTILIDAD	1.882,27	27,97
PRECIO		6729,18	100

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Al implementar las mejores el proceso tendrá un incremento de 256 COP por kilo para el proceso de producción. Adicional a esto en la tabla 21 y 22 se realiza un paralelo entre la producción actual y la producción con mejora.

5.3 TABLA DE COMPARACION DE COSTOS

Para esta tabla comparativa se tuvieron en cuenta los kilos en promedio de producto no conforme que fueron hallados en el análisis del proceso de producción reflejados en la tabla 2 durante el primer semestre del año y se multiplico por el costo por kilo de proceso actual, que fue comparado con un seguimiento que se realizó en un periodo del 15 de agosto al 15 de septiembre a una de las líneas de producción en la que fue aplicada la alternativa de mejora analizada en el capítulo 6 en donde se estudiaron los productos con más incidencia en producto no conforme de la empresa como se demuestra a continuación en la tabla 24.

A continuación, se muestra el paralelo de perdidas entre la implementación de las alternativas de mejora para la producción de bujes realizada del 15 de agosto al 15 de septiembre respecto a la producción promedio realizada de enero a junio del 2018.

Tabla 21. Paralelo de porcentaje de pérdidas

Tiempo	Estimado en unidades	Producto no conforme	Devoluciones por parte de cliente	% de pérdidas
15 agosto - 15 septiembre	25708	230	1344	6%
Promedio enero a junio 2018	26456	378	4148	15%

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Tabla 22. Paralelo Perdidas (COP)

Periodo	Promedio no conformes (unidad)	Peso Promedio (kg)	Costo por kilo (COP)	Pérdida parcial (COP)
15 agosto - 15 septiembre	1574	0,0326	6.729,18	345.290
Promedio enero a junio 2018	4526	0,0326	6.473,18	955.032

Fuente: Elaboración propia basado en INR Inversiones Reinoso y Cía. Ltda.

Para realizar el paralelo realizado en la tabla 22, se halló el promedio de productos no conformes y se multiplicó por un peso promedio que fue hallado a partir del peso por unidad de productos no conformes en el primer semestre de 2018 y posteriormente se saca el valor de la pérdida parcial de la empresa en cada uno de los periodos con sus respectivos métodos de producción.

Gracias al análisis realizado presentado en las tablas 21 y 22, se encuentra que, aunque el costo por kilo de producto aumento al implementar la alternativa de mejora la empresa se va a beneficiar con una reducción del 64% de pérdida total en el proceso ya que el porcentaje de producto no conforme disminuyo en un 9 % aproximadamente.

6. CONCLUSIONES

- Según el diagnóstico realizado se encontraron falencias en el proceso como la falta de experiencia en los operadores involucrados en las distintas fases del proceso, equipos con fallas técnicas y un proceso que no está tecnificado que genera pérdidas mensuales superiores al 15% de la producción total de la fábrica razón por la cual es necesario intervenir en el proceso para asegurar que la empresa cumpla con su porcentaje máximo de producto no conforme.
- Mediante el análisis realizado al proceso de producción se pudo proponer varias alternativas de mejora en la fase de vulcanización ya que en este proceso se genera la mayor cantidad de producto no conforme (76%).
- Mediante los métodos de ensayo (dureza, resiliencia, elongación, tiempo óptimo de vulcanización y reometría) realizados en el capítulo 3 se comprobó que gracias a las mejoras propuestas al proceso de producción se llegó a disminuir el porcentaje de producto no conforme de un 15 % a un 5% mediante la producción realizada al aplicar la alternativa de mejora en el proceso de vulcanización.
- Gracias al análisis de costos realizado en el capítulo 5 se puede comprobar que al aplicar las mejoras pertinentes en la etapa de vulcanización se puede disminuir las pérdidas económicas de la empresa en un 73% con respecto al proceso utilizado actualmente por la empresa.

7. RECOMENDACIONES

- Verificar la pureza de las materias primas a la hora de recibirlas por el distribuidor de estas para contar con la mezcla exigida por la empresa.
- Utilizar las cantidades de materia prima recomendadas por la empresa, tomando en cuenta la formulación exigida por la empresa, de esa forma las propiedades que exige el material serán las más óptimas para el producto final.
- Evaluar el trabajo que realiza cada operario, implementando un registro de actividades, con el fin de conocer los métodos que está utilizando a la hora de realizar su actividad con el fin de encontrar las falencias y poder corregirlas.
- Implementar la tecnificación en todos los equipos involucrados en el proceso de producción, como lo son las prensas de calentamiento, temporizadores y medidores de temperatura, ya que con esto se tendrá un mejor control a la hora de realizar cada operación con el fin de tener un producto con las mejores condiciones como lo exige la empresa.

BIBLIOGRAFIA

ASTM D2000 - 12. Standard Classification System for Rubber Products in Automotive Applications. West Conshohocken: ASTM International, 2012.

ASTM D 412-06a. Standard Methods For Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers - TENSIÓN. West Conshohocken: ASTM International. 2013

CLAVIJO A. El caucho natural, alternativa viable para tierras marginales cafeteras y cultivo promisorio para la sustitución manual de cultivos ilícitos. Colombia. ed. universitario. Facultad de ciencias y administración. Universidad Nacional de Colombia, pág. 13 – 14

GONZALEZ, Concepción. Componentes Involucrados En La Formulación De Caucho. [Consultado el Agosto 2016]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/6744-Componentes-involucrados-en-la-formulacion-de-caucho.html>.

González L; Rodríguez A; Valentín L; Marcos-Fernández A; Posadas P. (2006) Entrecruzamiento convencional y eficiente del caucho natural. Revista del Caucho nº 501. (Documento electrónico).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El instituto, 2008. 110 p

_____. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá: El instituto, 2008. 45 p.

_____. Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá: El instituto, 1998. 33 p.

OVIDIO, R. Situación mundial del caucho y sus perspectivas. [en línea] Disponible en: [file:///C:/Users/Fran/Downloads/221-2_21-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Fran/Downloads/221-2_21-1-PB%20(2).pdf) [Citado el 10 de julio de 2018]

PASTOR Y. (2003). Tecnología del caucho y aplicación en la industria automotor. Perú. Facultad de Ingenierías. Universidad Nacional de Ingeniería.

PIEDRAHITA, A (2013) Desarrollo de planes de mejoramiento a los niveles de contaminación del medio ambiente en empresas del sector del caucho. Colombia. Ed Universitaria. Facultad de Ingeniería. Universidad Javeriana. Pág. 22, 23, 24, 25.

RAMOS DEL VALLE, Fernando; SANCHEZ, Ernesto. Vulcanización y formulación de hules. (G. noriega Editores, Ed.) (p. 148). 2003. México, DF.

REVISTA FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA. Volumen 46. [en línea] Disponible en: <file:///C:/Users/FRAN/Downloads/28491-102423-1-PB.pdf> [Citado el 13 de julio de 2018]

REVISTA MUY INTERESANTE (2017). Historia del caucho sintético. [en línea] Disponible en: <https://www.muyinteresante.es/innovacion/articulo/historia-del-caucho-sintetico-el-material-que-revoluciono-la-automocion> [Citado el 10 de julio de 2018]

TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS. Vulcanización. 2012. Disponible en <<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2012/01/vulcanizacion.html>>. [Citado en 08 de julio de 2018]

VELASQUEZ Sandra, GIRALDO Diego. Caracterización y Evaluación del Tiempo de Vulcanización del Caucho Natural Colombiano obtenido de tres variedades clonales Hevea Brasiliensis. (U. d. Antioquia, Ed.) Ingeniería y Competitividad. Volumen 16 No. 2, 225-233.2014

ANEXOS

ANEXO A
ESTIMADO DE PRODUCTO NO CONFORME DEL 76%

BUJE	CODIGO	UNIDADES	PESO APROXIMADO (Kg)	MATERIAL	NO CONFORME (unidad)
1	31260	2781	117420	CM 60	50
2	31201	2636	21413,6	CM 70	47
3	31223	2318	60784,5	CM 70	42
4	39288	6766	228339	CM 60	40
5	31220	2149	119761,2	CM 70	39
6	39287	1198	18024,5	CM 60	39
7	31259	1995	62726,4	CM 60	36
8	31244	1584	54572,4	CM 70	29
9	31385	1784	191884	CM 70	29
10	39291	2040	204072	CM 70	28
11	33213	1568	115987	CM 70	26
12	32245	279	12408	CM 60	25
13	39345	3329	582561	CM 60	24
14	31206	1264	31620	CM 70	23
15	31361	1164	130977	CM 60	22
16	31361	1164	130977	CM 60	21
17	31252	1116	26031,6	CM 60	20
18	32202	1957	176126	CM 60	20
19	39721	1404	11008	CM 60	19
20	31277	997	69804	CM 70	18
21	31460	1555	252655	CM 60	18
22	31319	767	323803	CM 60	16
23	39380	2011	50304	CM 70	16
24	32270	1026	45600	CM 70	15
25	31280	772	135380	CM 60	14
26	31319	767	323803,2	CM 60	14
27	31514	638	38967	CM 60	14
28	39486	1638	102986	CM 60	14
29	39617	477	118800	CM 70	14
30	31355	620	74433	CM 60	13

31	39360	1991	204057	CM 75	13
32	32219	342	9495	CM 60	12
33	32264	184	17947,8	CM 60	12
34	32302	264	62745	CM 60	12
35	31355	620	74433,2	CM 60	11
36	32514	268	12272	CM 60	10
37	32207	2314	8990	CM 60	10
38	32220	483	11274,9	CM 70	10
39	39720	510	81543	CM 60	10
40	33229	241	3217,2	CM 70	9
41	31202	490	7002	CM 70	9
42	31270	516	30093	CM 75	9
43	31370	502	81835	CM 60	9
44	31463	460	55200	CM 70	9
45	39010	20	3800	CM 60	9
46	39263	63	4500	CM 60	9
47	31245	432	15360	CM 70	8
48	31287	432	13680	CM 75	8
49	31317	442	75174	CM 60	8
50	31357	424	48769,2	CM 60	8
51	31317	442	75174	CM 60	8
52	32470	368	1150,5	CM 60	8
53	32339	184	8743,8	CM 70	7
54	39259	160	6803,4	CM 70	7
55	39334	459	47710	CM 60	7
56	32437	105	11550	CM 60	7
57	36250	132	5725,2	CM 75	7
58	39264	287	25095	CM 70	7
59	39265	446	29016	CM 70	7
60	39754	126	9240	CM 70	7
61	31251	360	12806,4	CM 60	6
62	31224	322	13345,8	CM 70	6
63	31246	328	21325,2	CM 70	6
64	31335	327	13070,4	CM 70	6
65	31465	854	26786	CM 60	6
66	31276	324	7920	CM 60	6
67	33344	65	16250	CM 60	5
68	33344	77	19175	CM 60	5

A1 Estimado producción no conforme periodo enero a junio 2018

Codigo	Unidades	Peso Aprox	Material	No Conforme	Peso Aprox Por Unidad
31260	2781	117420	CM 60	50	42,2
31201	2636	21413,6	CM 70	47	8,1
31223	2318	60784,5	CM 70	42	26,2
39288	6766	228339	CM 60	40	33,7
31220	2149	119761,2	CM 70	39	55,7
39287	1198	18024,5	CM 60	39	15,0
31259	1995	62726,4	CM 60	36	31,4
31244	1584	54572,4	CM 70	29	34,5
31385	1784	191884	CM 70	29	107,6
39291	2040	204072	CM 70	28	100,0
33213	1568	115987	CM 70	26	74,0
32245	279	12408	CM 60	25	44,5
39345	3329	582561	CM 60	24	175,0
31206	1264	31620	CM 70	23	25,0
31361	1164	130977	CM 60	22	112,5
31361	1164	130977	CM 60	21	112,5
31252	1116	26031,6	CM 60	20	23,3
32202	1957	176126	CM 60	20	90,0
39721	1404	11008	CM 60	19	7,8
31277	997	69804	CM 70	18	70,0
31460	1555	252655	CM 60	18	162,5
31319	767	323803	CM 60	16	422,2
39380	2011	50304	CM 70	16	25,0
32270	1026	45600	CM 70	15	44,4
31280	772	135380	CM 60	14	175,4
31319	767	323803,2	CM 60	14	422,2
31514	638	38967	CM 60	14	61,1
39486	1638	102986	CM 60	14	62,9
39617	477	118800	CM 70	14	249,1

31355	620	74433	CM 60	13	120,1
39360	1991	204057	CM 75	13	102,5
32219	342	9495	CM 60	12	27,8
32264	184	17947,8	CM 60	12	97,5
32302	264	62745	CM 60	12	237,7
31355	620	74433,2	CM 60	11	120,1
32514	268	12272	CM 60	10	45,8
32207	2314	8990	CM 60	10	3,9
32220	483	11274,9	CM 70	10	23,3
39720	510	81543	CM 60	10	159,9
33229	241	3217,2	CM 70	9	13,3
31202	490	7002	CM 70	9	14,3
31270	516	30093	CM 75	9	58,3
31370	502	81835	CM 60	9	163,0
31463	460	55200	CM 70	9	120,0
39010	20	3800	CM 60	9	190,0
39263	63	4500	CM 60	9	71,4
31245	432	15360	CM 70	8	35,6
31287	432	13680	CM 75	8	31,7
31317	442	75174	CM 60	8	170,1
31357	424	48769,2	CM 60	8	115,0
31317	442	75174	CM 60	8	170,1
32470	368	1150,5	CM 60	8	3,1
32339	184	8743,8	CM 70	7	47,5
39259	160	6803,4	CM 70	7	42,5
39334	459	47710	CM 60	7	103,9
32437	105	11550	CM 60	7	110,0
36250	132	5725,2	CM 75	7	43,4
39264	287	25095	CM 70	7	87,4
39265	446	29016	CM 70	7	65,1
39754	126	9240	CM 70	7	73,3
31251	360	12806,4	CM 60	6	35,6

31224	322	13345,8	CM 70	6	41,4
31246	328	21325,2	CM 70	6	65,0
31335	327	13070,4	CM 70	6	40,0
31465	854	26786	CM 60	6	31,4
31276	324	7920	CM 60	6	24,4
33344	65	16250	CM 60	5	250,0
33344	77	19175	CM 60	5	249,0
32221	187	4669	CM 70	5	25,0
32280	215	16107	CM 70	5	74,9
32292	387	10324,8	CM 70	5	26,7
39740	77	15340	CM 60	5	199,2
37231	140	5250	CM 60	5	37,5
33242	322	7516,6	CM 70	4	23,3
36222	252	10647,6	CM 70	4	42,3
39286	93	10974,5	CM 60	4	118,0
32206	364	25485	CM 60	4	70,0
39281	182	11375	CM 70	4	62,5
39290	216	6840	CM 60	4	31,7
31219	217	5273,4	CM 70	4	24,3
39660	23	20709	CM 60	4	900,4
32450	12	3480	CM 70	4	290,0
33369	70	26250	CM 60	4	375,0
39650	322	14266,2	CM 60	4	44,3
32461	32	2403	CM 60	4	75,1
39793	227	7056	CM 70	4	31,1
37230	215	12885,6	CM 70	4	59,9
37304	120	21600	CM 60	4	180,0
33234	184	24850,8	CM 70	4	135,1
33219	300	30015	CM 60	3	100,1
37316	77	14573	CM 60	3	189,3
39611	172	13336,2	CM 60	3	77,5
36236	483	7516,6	CM 60	3	15,6

32442	252	16920	CM 70	3	67,1
32449	184	18408	CM 70	3	100,0
39204	126	5400	CM 60	3	42,9
33450	224	47600	CM 75	3	212,5
32212	126	3420	CM 60	3	27,1
39899	184	18408	CM 80	3	100,0
31275	182	19437,8	CM 80	3	106,8
31318	144	22800	CM 60	3	158,3
31330	99	16840,2	CM 70	3	170,1
31318	144	22800	CM 60	3	158,3
32230	140	15400	CM 70	3	110,0
32246	54	1800	CM 70	3	33,3
32271	414	14726,4	CM 70	3	35,6
39285	108	4860	CM 60	3	45,0
39565	200	3173	CM 70	3	15,9
32360	93	16345	CM 60	3	175,8
39467	360	23400	CM 70	3	65,0
33227	153	23777	CM 60	3	155,4
39795	322	12425,4	CM 70	3	38,6
33237	189	11340	CM 60	3	60,0
33244	123	20052,5	CM 60	3	163,0
33246	753	48546	CM 70	3	64,5
39266	136	11907	CM 70	3	87,6
33552	260	24700	CM 70	3	95,0
33563	112	7209	CM 70	3	64,4
33345	47	9340	CM 60	2	198,7
33348	153	13422,5	CM 60	2	87,7
33230	100	8506,8	CM 60	2	85,1
33203	154	11890,8	CM 70	2	77,2
33368	70	26250	CM 60	2	375,0
36230	252	4200	CM 60	2	16,7
39286	40	4700	CM 60	2	117,5

33410	483	14496,3	CM 70	2	30,0
33460	189	9660	CM 60	2	51,1
33486	288	11520	CM 70	2	40,0
39268	25	7875	CM 60	2	315,0
39631	148	9551,16	CM 80	2	64,5
39680	173	7342,3	CM 70	2	42,4
39880	72	5760	CM 70	2	80,0
39498	345	22626,5	CM 60	2	65,6
32393	67	8232	CM 60	2	122,9
32331	46	5055,6	CM 70	2	109,9
39353	630	30100	CM 70	2	47,8
32350	77	17257,5	CM 70	2	224,1
33525	144	4320	CM 60	2	30,0
39267	20	6300	CM 60	2	315,0
39671	245	29376	CM 70	2	119,9
31302	90	9600	CM 60	2	106,7
32247	322	11274,9	CM 70	2	35,0
32301	53	12006	CM 60	2	226,5
38206	203	6750	CM 70	2	33,3
38207	54	2040	CM 60	2	37,8
38234	376	23086,7	CM 70	2	61,4
38302	160	26013	CM 60	2	162,6
32340	60	13200	CM 60	2	220,0
39429	268	34898,5	CM 60	2	130,2
33377	212	21730	CM 60	2	102,5
33530	72	16132,5	CM 60	2	224,1
39470	47	7722	CM 60	2	164,3
39499	153	16490,5	CM 70	2	107,8
33560	184	33594,6	CM 60	2	182,6
39794	184	12425,4	CM 60	2	67,5
39007	80	10805,4	CM 60	2	135,1
39499	153	16490,5	CM 70	2	107,8

32450	29	8514,4	CM 70	2	293,6
37280	62	10236,6	CM 60	2	165,1
39488	322	11811,8	CM 70	2	36,7
39796	296	41440	CM 70	1	140,0
39798	168	14700	CM 70	1	87,5
32402	552	11044,8	CM 70	1	20,0
33665	108	11610	CM 60	1	107,5
32339	172	8173,8	CM 70	1	47,5
33245	320	11739,2	CM 75	1	36,7
33465	144	3960	CM 60	1	27,5
32435	160	9604,8	CM 60	1	60,0
33527	307	23040	CM 70	1	75,0
32448	58	3320	CM 60	1	57,2
32450	24	6960	CM 70	1	290,0
39481	345	25694,5	CM 60	1	74,5
33243	322	22549,8	CM 70	1	70,0
32394	154	4110,4	CM 60	1	26,7
33286	414	21169,2	CM 70	1	51,1
33436	200	23345	CM 60	1	116,7
39674	184	17027,4	CM 80	1	92,5
32330	107	11811,8	CM 70	1	110,4
33640	168	6160	CM 75	1	36,7
39561	189	2520	CM 70	1	13,3
33210	322	11965,2	CM 70	1	37,2
32252	315	12243	CM 75	1	38,9
32295	42	750,4	CM 70	1	17,9
32297	184	13806	CM 70	1	75,0
37234	184	26231,4	CM 70	1	142,6
32330	93	10271,8	CM 70	1	110,4
34403	56	2800	CM 70	1	50,0
37241	180	7000	CM 70	1	38,9
39391	168	9120	CM 70	1	54,3

39570	184	18408	CM 75	1	100,0
39904	370	35890	CM 70	1	97,0
39905	20	3720	CM 70	1	186,0
33314	40	10200	CM 70	1	255,0
39292	187	10738,7	CM 70	1	57,4
39355	184	15186,6	CM 75	1	82,5
32265	184	6442,8	CM 60	1	35,0
32401	598	25924,6	CM 70	1	43,4
39297	280	7003,5	CM 85	1	25,0
39428	164	6147	CM 70	1	37,5
39610	258	14626,8	CM 70	1	56,7
39672	259	23976	CM 70	1	92,6
33334	83	7923	CM 60	1	95,5
33364	124	11477,4	CM 60	1	92,6
38233	84	6240	cm 60	1	74,3
33715	301	15057	CM 70	1	50,0
32242	208	7800	CM 60	1	37,5
33291	216	11160	CM 70	1	51,7
32326	224	5600	CM 70	1	25,0
32408	168	11760	CM 70	1	70,0
33562	135	7665,3	CM 70	1	56,8
33385	451	45120	CM 60	1	100,0
33287	168	5760	CM 70	1	34,3
33440	297	16500	CM 60	1	55,6
39709	176	18040	CM 75	1	102,5
32410	245	6136	CM 70	1	25,0
33215	210	7500	CM 70	1	35,7
33485	273	22539	CM 70	1	82,6
33323	46	6442,8	CM 60	1	140,1
33266	368	21476	CM 70	1	58,4
33281	399	5460	CM 70	1	13,7
33277	535	14256	CM 70	1	26,6

A2 Grafica de peso de producto no conforme



ANEXO B
COSTOS DE MANO DE OBRA POR LOTE DE PRODUCCIÓN

Personal Necesario Por Lote De Produccion			
Ocupacion	Personal	Costo Por Lote	Salario
Ingeniero químico	1	\$ 15.556	\$ 7.000.000
Pesaje de mezcla	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Muestreo	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Molienda	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Bandado	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Laboratorista	1	\$ 2.889	\$ 1.300.000
Extrusion	2	\$ 3.720	\$ 837.000
Mallado	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Recubrimiento	2	\$ 3.720	\$ 837.000
Corte	5	\$ 9.300	\$ 837.000
Ensamble	5	\$ 9.300	\$ 837.000
Vulcanizado prensa	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Vulcanizado autoclave	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Almacenamiento	3	\$ 5.580	\$ 837.000
Supervisor	1	\$ 3.556	\$ 1.600.000
Recepción	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Logística	4	\$ 9.778	\$ 1.100.000
Programación	1	\$ 2.667	\$ 1.200.000
Taller	4	\$ 7.440	\$ 837.000
Seguridad	1	\$ 1.860	\$ 837.000
Transporte	1	\$ 2.222	\$ 1.000.000

B1 Consumo de materia prima diaria

Tipo de compuesto	Consumo diario en gr	Días hábiles	Consumo total mes en gr	Consumo diario en kg
CM 60	155244	23	3571	155,2
CM 70	109750	23	2525	109,7
CM 75	9063	23	209	9,06
CM 80	3112	23	72	3,1

ANEXO C
MANTENIMIENTO DE PRENSAS ENERO A JUNIO 2018

MANTENIMIENTO PRENSAS AÑO 2018				
MES	LIQUIDO HIDRAULICO (Lt)	RESISTENCIAS ELECTRICAS (Und)	MANGUERAS PRESION (Und)	EMPAQUES PISTONES (und)
ENERO	21	40	1	10
FEBRERO	22	30	2	8
MARZO	20	50	0	4
ABRIL	26	45	6	6
MAYO	22	25	2	2
JUNIO	22	15	2	0
TOTAL	133	205	13	30