

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE
MATERIALES DE CAUCHO PARA LA INDUSTRIA DE
REENCAUCHE DE NEUMÁTICOS”**

INFORME

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTADO POR

BAZÁN MENDOZA JOSÉ CARLOS

ASESOR

ING° RICARDO RODRIGUEZ VILCHEZ

CALLAO – JUNIO – 2017

PERÚ

PRÓLOGO DEL JURADO

El presente Informe fue Expuesto por el señor Bachiller **BAZÁN MENDOZA JOSÉ CARLOS** ante el **JURADO DE EXPOSICIÓN DE INFORME** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios :

ING°	ÓSCAR RODRIGUEZ TARANCO	PRESIDENTE
QF	WALTER TAPIA CHACALTAN	SECRETARIO
ING°	ESTELA TOLEDO PALOMINO	VOCAL
ING°	RICARDO RODRIGUEZ VILCHEZ	ASESOR

Tal como está asentado en el Libro de Actas N° 2 de Exposición de Informes Folio N° 19 y Acta N° 214 de fecha **OCHO DE MAYO DE 2017**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación de Informe, de conformidad establecido por el Reglamento de Grados y Títulos aprobado por Resolución N° 082-2011-CU de fecha 29 de abril de 2011 y N° 221-2012-CU de fecha 19 de setiembre de 2012

Dedicado a:

"Las personas que amo en esta vida y que acompañan mi camino: Mis padres Carlos y Carmen, mis hermanos, mi esposa Denice y mi hija Regina María, el más grande regalo que Dios me dio, te amo hija mía".

"Mis abuelos, tíos y sobrinos por el apoyo incondicional".

"Don Eleazar, mi suegro. Un ejemplo a seguir".

"La memoria de mi mamá Dorita, mi tío Cesar y mi padrino Maurilio. Que Dios los tenga en su gloria".

Agradecimientos a:

"Mi alma mater y mi facultad".

"Mis profesores, por formarme en la vida profesional durante los años de permanencia en la facultad".

"Las personas que colaboraron para la realización del presente informe".

ÍNDICE

	Pag	
I		
INTRODUCCIÓN	01	
II		
RESEÑA DE LA EMPRESA	03	
III		
OBJETIVOS	05	
3.1	OBJETIVO GENERAL	05
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	05
IV		
RESUMEN	06	
V		
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	07	
5.1	POLÍMEROS	07
5.2	TIPOS DE POLIMERIZACIÓN	09
5.3	ELASTÓMEROS	10
5.4	CAUCHO	11
5.4.1	ASPECTOS HISTÓRICOS	11
5.4.2	CLASIFICACIÓN DE LOS CAUCHOS	13
5.4.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS CAUCHOS	21
5.5	PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE COMPUESTOS DE CAUCHO	24
5.5.1	CARGAS REFORZANTES	24
5.5.2	PLASTIFICANTES	29
5.5.3	AGENTES DE ADHESIÓN	29
5.5.4	ANTIOXIDANTES Y ANTIOZONANTES	30
5.5.5	ACTIVADORES	33
5.5.6	VULCANIZANTES	33
5.5.7	ACELERANTES Y RETARDANTES	33
5.6	FORMULACIONES DE COMPUESTOS DE CAUCHO	34
5.7	ETAPAS DE FABRICACIÓN DE LOS MATERIALES DE CAUCHO USADOS EN LA INDUSTRIA DEL REENCAUCHE	37
5.7.1	MEZCLA DE COMPUESTOS	37
5.7.2	CALANDRADO	48
5.7.3	EXTRUSIÓN	49
5.7.4	VULCANIZACIÓN O PRENSADO	55

	Pag
VI ACTIVIDADES REALIZADAS POR LA EMPRESA	57
6.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA	58
6.2 CORTE, PESAJE DE MATERIA PRIMA	60
6.3 MEZCLA DE MATERIA PRIMA	61
6.4 CALANDRADO	61
6.5 EXTRUSIÓN	64
6.6 VULCANIZACIÓN	64
6.7 PRODUCCIÓN DE CEMENTO	67
VII ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA	68
7.1 CONTROLES DE CALIDAD	68
7.1.1 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE ACEITES Y SOLVENTES	68
7.1.2 DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS REOMÉTRICAS DE LAS PESADAS FINALES	69
7.1.3 DETERMINACIÓN DE DUREZA DE UN COMPUESTO VULCANIZADO (SHORE "A")	73
7.1.4 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO, ELONGACIÓN DE ROTURA, TENSIÓN DE ROTURA Y DESGARRO DE LOAS COMPUESTOS VULCANIZADOS	75
7.1.5 DETERMINACIÓN DE LA ADHESIÓN VULCANIZADA	79
7.2 APORTES REALIZADOS EN BENEFICIO DE LA EMPRESA	81
7.2.1 CODIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS DE PRODUCTOS	82
7.2.2 MUESTREO DE MATERIA PRIMA	82
7.2.3 MUESTREO Y PREPARACIÓN DEL PRODUCTO A ANALIZAR	85
7.2.4 DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL CAUCHO, COMPUESTOS MAESTROS Y FINALES	87
7.2.5 DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS COMPUESTOS	91
7.2.6 CONTROL DE IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS MAESTROS (PESADAS MAESTRAS)	95
7.2.7 CONTROL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MENSUALES	97
7.2.8 TRAZABILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS	99
7.2.9 SISTEMAS DE MONITOREO DEL BANBURY	100
7.2.10 CONTROL DE SÓLIDOS TOTALES DE LOS CEMENTOS	103
7.2.11 SISTEMA DE MONITOREO PRENSA COPE	105
VIII CONCLUSIONES	108

	Pag
IX RECOMENDACIONES	109
X BIBLIOGRAFIA	110
ANEXO	112

I INTRODUCCIÓN

El vulcanizado de caucho y su posterior desarrollo como materia prima para la fabricación de neumáticos, fue un hecho sobresaliente que afectó favorablemente nuestra calidad de vida en los pasados 150 años. En el Perú la producción de neumáticos comenzó hace 70 años y hoy se cuenta con dos plantas industriales.

La fabricación de neumáticos es la principal industria en donde se usa la mayor cantidad de caucho producido a nivel mundial. El incremento en los últimos años de la demanda de neumáticos por una gran cantidad de vehículos en el parque automotor está dando lugar a un problema de índole medio ambiental.

A su vez, se ha tenido un alza considerable del precio del caucho tanto natural como sintético así como los diversos insumos utilizados en la fabricación de neumáticos.

Estos dos inconvenientes han hecho que la industria del caucho busque alternativas para la reutilización de los neumáticos usados, alargando así el tiempo de vida del producto en mención.

Una de estas alternativas es el reencauche de los neumáticos, proveyendo de una nueva banda de rodamiento que permite la reutilización de la carcasa por más de un reencauche en función al cuidado del neumático.

Esta variable abre un abanico de oportunidades en la fabricación de materiales que son usados en la industria del reencauche y que deben tener un estricto control de procesos asegurando así la calidad del producto.

II RESEÑA DE LA EMPRESA

“Buro Outsourcing S.A.C es una empresa peruana especializada en ofrecer una amplia gama de servicios de tercerización en procesos integrales.

Cuenta con los mejores profesionales del mercado, lo que permite ser reconocida por los clientes, de diferentes industrias y por organizaciones nacionales e internacionales que premian la excelencia empresarial, brindando soluciones a la medida del cliente, aplicando el Know How de años de experiencia en tercerización e intermediación laboral.”¹

Dentro de las empresas clientes se encuentra Industrial El Sol S.A.C., la que está dedicada al rubro de manufactura de compuestos de caucho. Fundado el 2 de setiembre de 1977 con capitales enteramente nacionales, fue creada fundamentalmente para satisfacer las necesidades de los reencauchadores en materiales de reparación y reconstrucción de neumáticos. Está considerada como una de las más modernas y eficientes plantas dentro de las industrias de caucho en el Perú.

Cuenta con los más sofisticados equipos y tecnología de avanzada, lo que nos permite ofrecer un producto con calidad de exportación”.²

Para la elaboración de los productos ofrecidos por la empresa empleamos diversos insumos, los cuales seleccionamos y adquiridos de las principales fábricas del

¹ Buró Group - Servicios de Tercerización en Procesos Integrales

² Industrial El Sol S.A.C.

mundo. Estos insumos son mezclados en nuestros mezcladores internos obteniéndose un producto uniforme de alta calidad.

Industrial El Sol S.A.C. fabrica los siguientes productos para la industria del reencauche y reparación:

- a) Bandas precuradas para reencauche al frío.
- b) Goma cojín para reparaciones y reencauche.
- c) Camelback para reencauche en molde.
- d) Orbitiras para equipos orbitread.
- e) Cemento para reencauche.
- f) Parches al calor para reparaciones.
- g) También brinda servicio de mezclado de compuestos para caucho.

III OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Explicar detalladamente, cada uno de los diversos métodos de análisis que se efectúan durante el control de calidad de todo el proceso de elaboración de los materiales de caucho, realizados por Buro Outsourcing S.A.C. en la empresa Industrial El Sol S.A.C. y que son usados en la industria del reencauche.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1)** Clasificar los análisis de acuerdo a los pasos y etapas del proceso de elaboración de los materiales de caucho.
- 2)** Describir de manera clara y sencilla los métodos de análisis efectuados en cada etapa de producción.
- 3)** Analizar la materia prima, compuestos y productos terminados.
- 4)** Clasificar, determinar y presentar posibles soluciones a los principales defectos que ocurran en los productos para reencauche durante los diversos procesos de elaboración.

IV RESUMEN

La actualidad nos habla de que la tecnología moderna depende de un grupo selecto y reducido de materiales, uno de los cuales es el caucho.

El caucho es un polímero que se puede encontrar en la naturaleza o bien por sintetización como derivado del petróleo. Este material es la materia prima principal para la elaboración de la llanta neumática.

En la fabricación de los compuestos de caucho utilizado para la industria de reencauche es necesario conocer la formulación, los procedimientos de fabricación y el análisis para su respectivo control de proceso.

Para realizar el control de calidad de la materia prima y de los compuestos que intervienen en el proceso de fabricación del producto, se debe tener en cuenta el tipo de análisis fisicoquímico a realizar de acuerdo a la etapa del proceso.

El proceso inicia con el mezclado de los distintos tipos de materiales en los mezcladores internos conocidos como Banbury. Luego, según el tipo de compuesto pasaran a ser parte de los productos utilizados en el reencauche.

El proceso culmina con la vulcanización de las bandas precuradas. La vulcanización es el proceso en el cual al elevarse la temperatura, presiones controladas y tiempo especificado, se transforman los compuestos de caucho de material plástico a material elástico mediante una reacción química.

V FUNDAMENTOS TEÓRICOS

5.1 POLÍMEROS

La palabra polímero proviene del griego poli y meros, que significan mucho y partes respectivamente. Los polímeros son macro moléculas que tienen largas cadenas con grupos terminales definidos y característicos y cuyo tamaño y peso molecular está en el rango de varios miles de veces mayor que las sustancias simples como el agua, el amoníaco entre otras.

Cronológicamente podríamos describir el desarrollo de los polímeros comerciales considerando que antes del año 1800, se conocían de los materiales principalmente por su uso tales como el algodón, lino, lana, cuero y por los indígenas del centro y sur América al caucho natural, balata, gutapercha.

Entre los años 1800 y 1860, los hermanos Goodyear lograron la transformación del caucho natural, Charles transformó el material termoplástico en un elastómero de utilidad como es el caucho vulcanizado y Nelson en plástico termo estable como es la ebonita, También se logró la nitración de la celulosa y el moldeado de la laca y la gutapercha.

Entre los años 1860 y 1900 se obtuvo el nitrato de celulosa plastificada más conocida como celuloide, las fibras celulósicas recicladas, las películas fotográficas, las fibras de rayón cupramonio.

En los años 1900 y 1950 los avances se dieron en el descubrimiento de las resinas de fenol-formaldehído o baquelita, se obtuvieron las soluciones de acetato de celulosa o barniz, las películas fotográficas de acetato de celulosa así como las fibras de este mismo material, los recubrimientos de cloruro polivinílico, los elastómeros de poli cloropreno conocido en el mercado como neopreno, el poliestireno, los estireno-butadieno o buna-s y el estireno-acrilonitrilo o buna-n, el nylon-66 el polietileno de baja densidad, siliconas, los poliuretanos, las fibras de poliéster, entre otros.

En los últimos 60 años, el desarrollo de los polímeros fue creciente, con el desarrollo de las fibras poliacrilonitrilos, el polietileno de alta densidad, el polipropileno, el policarbonato, los elastómeros polibutadieno-cis y poliisopreno-cis, los etileno-propileno, entre otros, que son de uso comercial.

Si se descartan los usos finales, la diferencia entre los polímeros radica en las fuerzas intermoleculares o entre moléculas e intramoleculares o dentro de cada molécula individual y por los grupos funcionales presentes.

Los polímeros pueden ser clasificados en base a:

- a) Al origen del polímero.
- b) A la capacidad de moldeo y/o solubilidad del polímero
- c) Al comportamiento mecánico del polímero
- d) Al número de monómeros
- e) Al método de preparación del polímero
- f) A la estructura química de la cadena del polímero

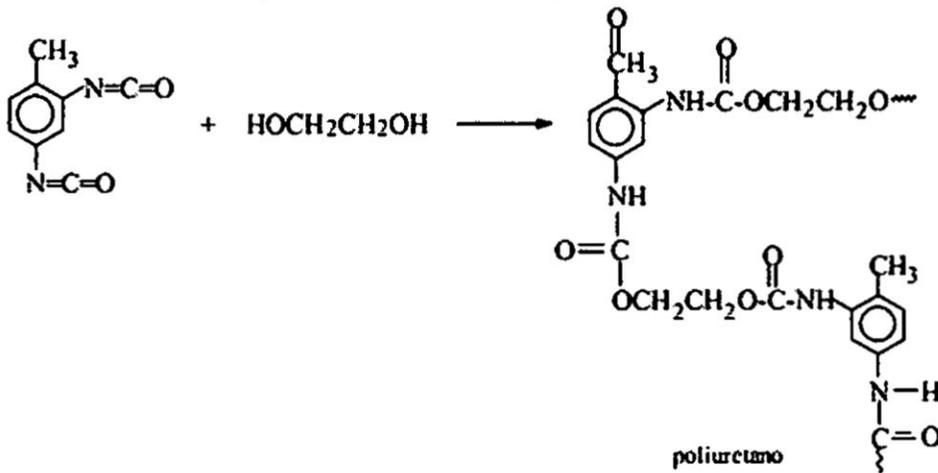
g) A la configuración de los átomos de la cadena de polímero.³

5.2 TIPOS DE POLIMERIZACIÓN

Los polímeros pueden ocurrir de dos formas, aunque presentan mecanismos de reacción distintas. Estas dos formas de polimerización son por adición y por condensación. Aunque presentan mecanismos de reacción distintas⁴

Polimerización por adición (poli-adición), cuando la molécula entera del monómero pasa a formar parte del polímero. Ejemplo: la reacción química entre un di-alcohol y un disocianato hacen que se reordenen las ligaduras que los unen formando el poliuretano.

FIGURA N° 1
POLIMERIZACIÓN DEL POLIURETANO



Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

³ Conociendo materiales poliméricos - André Luis Bonfim Bathista e Silva / Emerson Oliveira da Silva (pag.14)

⁴ Conociendo materiales poliméricos - André Luis Bonfim Bathista e Silva / Emerson Oliveira da Silva (pag.17)

Los elastómeros son polímeros amorfos que se encuentran sobre su temperatura de transición vítrea, de ahí esa considerable capacidad de deformación. A temperatura ambiente las gomas son relativamente blandas y deformables.

Se usan principalmente para cierres herméticos, adhesivos y partes flexibles. Comenzaron a utilizarse a finales del siglo XIX, dando lugar a aplicaciones hasta entonces imposibles como los neumáticos de automóvil.

5.4 CAUCHO

Conocidos como elastómeros, se obtienen en forma natural por la coagulación del látex o sintética (por los hidrocarburos insaturados) y se caracterizan por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica.

5.4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

La actualidad nos habla de que la tecnología moderna depende de un grupo selecto y reducido de materiales, uno de los cuales es el caucho.

Cuando Cristóbal Colón llegó a América en su segundo viaje vio jugar a los nativos con una pelota hecha de la sustancia extraída de un árbol que llamaban "CAU-UCHU" cuyo significado es árbol que llora, esta sustancia también la usaban para impermeabilizar sus ropas y sus calzados. Desde esa época hasta el siglo XIX solo se usaba en Europa como goma de borrar, por ese motivo que el químico inglés

Priestley en el año 1770 le dio el nombre de rubber para referirse de acuerdo a su primer uso y el más común de esa época (rubber = goma de borrar)

En el siglo XIX tres eventos principales iniciaron el desarrollo de la industria del caucho hasta nuestros días :

- a) Thomas Hancock en 1820 inventa el primer masticador, esto permitió que el caucho sea ablandado y deformado para poderlo disolver en solventes.
- b) Mackintosh en 1823 utilizó el caucho disuelto para fabricar impermeables.
- c) Charles Goodyear en 1839 descubre la reacción química entre el caucho y el azufre bajo la acción del calor y le da el nombre de vulcanización. El resultado de la vulcanización fue la obtención de un material resistente a las variaciones de temperatura, además recobra casi instantáneamente su forma luego de una deformación.

A mitad del siglo XIX un inglés llamado R.W. Thomson colocó una cámara de canvas y caucho a las ruedas de un carruaje lo llamó cinturón elástico fue la primera vez que se hizo una llanta, pero en el año 1888 John Dunlop inventa y patenta la primera llanta neumática.

En los inicios del siglo XX se generó una gran demanda de neumáticos gracias a la era motorizada lo cual produjo un gran esfuerzo para proveer de caucho natural desde Brasil y Perú a las industrias de neumático.

Entre las décadas del 40 y el 50 se produjeron hechos que desarrollaron esta industria :

- a) 1946, B.F. Goodrich inventa la llanta sin cámara.
- b) 1947, se desarrolla la polimerización en frío del SBR
- c) 1955, K. Sieglar descubre la catálisis estéreo específica.
- d) 1955, en los E.E.U.U. desarrollan los cauchos cis-1,4-poli butadieno y el poliisopreno.
- e) Entre los años 1960 y 1969, se producen los cauchos etilen-propilen y el trans-poliisopreno.
- f) A inicios de la década del 70 se polimeriza el bromobutilo.⁵

En sus inicios los neumáticos se recubrían de tela de algodón con compuesto de caucho para darle refuerzos a las llantas, pero con el descubrimiento de los compuestos sintéticos (nylon, poliéster), se cambiaron a estos.

5.4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS CAUCHOS

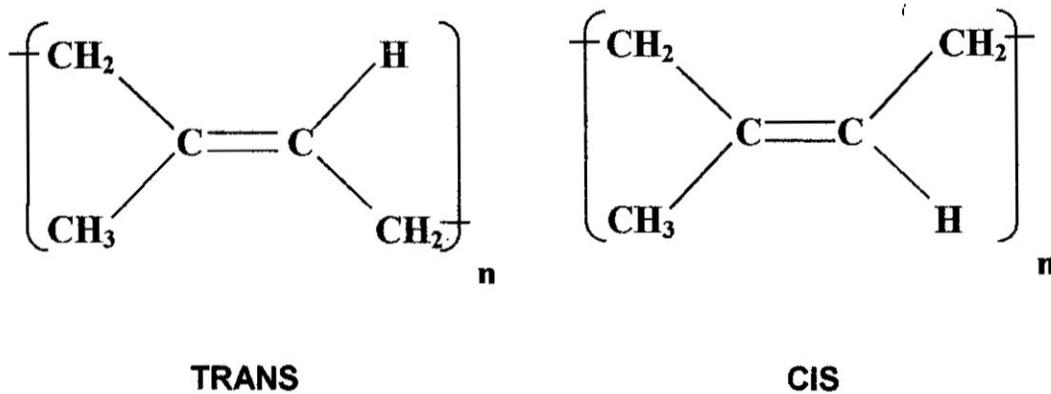
Se pueden clasificar los cauchos en dos grupos :

- a) **Caucho Natural.**- Prototipo de todos los elastómeros. Es una larga cadena de unidades repetidas de hidrocarburo isopreno (C_6H_8) donde cada uno contiene un doble enlace. Todas estas unidades de isopreno son simétricas con respecto a la cadena y en posición cis sobre el doble enlace.

⁵ Basada en el reporte "Borracha Natural NR", Elastotec.

El polímero básico es el poliisopreno. Se encuentra en la naturaleza, sea como isómero trans-1,4-poliisopreno en forma de plástico duro (gutapercha y balata) y como isómero cis-1,4-poliisopreno en las resinas del tipo Hevea Brasiliensis.

FIGURA N° 3
CAUCHO NATURAL – POLISOPRENO



Fuente : Elastotec

El caucho natural isómero cis-1,4-poliisopreno se obtiene del tratamiento del látex, Esta sustancia lechosa de color blanco se extrae de las plantas resinosas del tipo Hevea Brasiliensis o del árbol de Hule de Castilla, de este último es que también se le da el nombre de hule al caucho.

La técnica para extraer el látex consiste en hacer un corte profundo y en ángulo en la corteza, empezará a brotar la sustancia lechosa o látex y se recogen en pequeñas vasijas que se encuentran alrededor del tronco tal como se observa en la **Figura N° 4**. Esta etapa del proceso se le conoce como sangrado.

Para que el látex fresco sea transformado en caucho seco debe ser colado por medio de un tamiz perforado separando las impurezas como ramas, hojas, que se tenga la sustancia. Se procede a diluir desde la concentración inicial de 35% hasta un 12% de hidrocarburos de caucho. Se deja reposar con el fin de sedimentar las impurezas más finas como la arena. Se separan las impurezas, este producto diluido es para la etapa de coagulación.

FIGURA N° 4
RECOLECCIÓN DEL LÁTEX O SANGRADO



Fuente : <http://es.123rf.com>

Para realizar la coagulación se utilizan principalmente el ácido fórmico o el ácido acético, en algunos casos se coagulan con alumbre ordinario o con el alumbre de amoníaco. Se utilizan 40 mL de ácido al 4% por cada 10 L de látex al 12% y el pH

se debe controlar en un intervalo de 4,77 a 5,05. La cantidad de ácido depende del estado de los árboles y las condiciones de plantación de ellos.

En la actualidad los mayores productores de este elastómero se encuentran en el Asia. Entre los principales países se tienen a Malasia, Indonesia, China, Tailandia e India. Estos países abarcan alrededor del 90% del mercado productor de caucho natural.

En 1965 los principales productores de caucho de Malasia introducen al mercado el caucho estándar de Malasia (Standard Malaysian Rubber) o SMR, un producto que posee especificación técnica para poder evaluar su calidad mediante ensayos de laboratorio. El proceso de elaboración era el Hevea Grumb, que introduce mejoras en la operación de lavado y coagulación (calidad y uniformidad al material)

Este estándar fue generalizado por los principales productores de caucho y a partir de ello se establecen valores máximos de impurezas, contenidos de cenizas, material volátil y el índice de retención de plasticidad, que es una medida de la resistencia del caucho a la oxidación por calentamiento.

Los principales cauchos estandarizados en el mercado son :

- 1) SMR, Caucho estándar de Malasia (Standard Malaysian Rubber)
- 2) RSS – 1, Caucho de hoja ahumada acanalada (Ribbed smoked sheet).
- 3) SAR, Caucho estándar de África (Standard African Rubber).

- 4) SIR, Caucho estándar de Indonesia (Standard Indonesian Rubber).
- 5) SSR, Caucho estándar de Singapur (Standard Singapore Rubber).
- 6) SVR, Caucho estándar de Vietnam (Standard Vietnam Rubber).
- 7) SGR, Caucho estándar de Guatemala (Standard Guatemala Rubber).
- 8) TSR, Caucho Técnicamente especificado (Technically Specified Rubber).
- 9) TTR, Caucho Técnicamente especificado de Tailandia (Thailand Technically Specified Rubber)⁶

Entre las propiedades del caucho natural tenemos :

- 1) Excelentes propiedades mecánicas
- 2) Alta elasticidad.
- 3) Buena compatibilidad con otros cauchos
- 4) Alta velocidad de cura (vulcanización)
- 5) Buena pegajosidad
- 6) Buena dureza (alta plasticidad)
- 7) Pobre resistencia al envejecimiento, al ozono y a la alta temperatura
- 8) Pobre resistencia a los aceites, grasas y solventes.

b) Caucho sintético.- Los cauchos sintéticos son generalmente derivados del petróleo. Al conocer los poderes emulsionantes se dio la posibilidad de sintetizar materiales de alto peso molecular. En la década del 30 se produjo el primer caucho sintético conocido como SBR (co-polímero butadieno-estireno) en las décadas del

⁶ "Caucho y sus Aditivos" – Élyo C. Grison

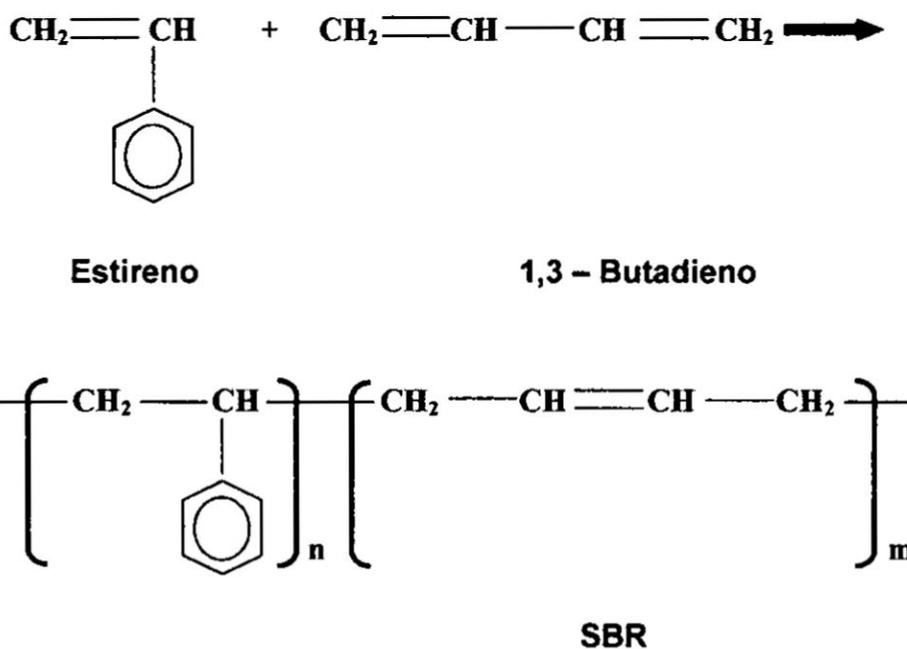
50 se descubre el cis-1,4-poli butadieno. Entre las variedades de caucho sintético tenemos :

- 1) **SBR (estireno butadieno)**.- Se proveen en series y se fabrican para propósitos generales, de buena procesabilidad, alta histéresis (generación de calor), de poca pegajosidad, poca resistencia al calor, aceites y grasas. Tiene buena flexibilidad a bajas temperaturas y es resistente a la abrasión y al crecimiento de cortes.

El SBR es un co - polímero de estireno y butadieno. De manera general se trata de un elastómero polimerizado en emulsión y de naturaleza amorfa.

FUIGURA Nº 5

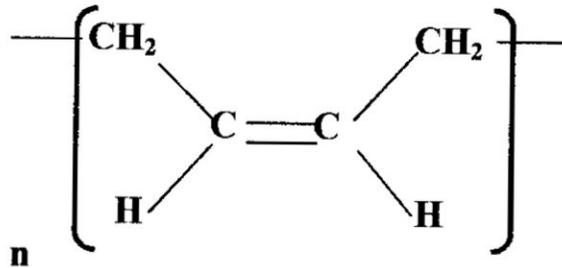
CAUCHO ESTIRENO BUTADIENO - SBR



Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

FIGURA Nº 6

CAUCHO CIS 1,4 – POLIBUTADIENO



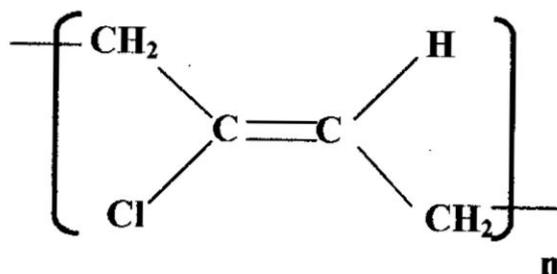
Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

- 3) **Caucho Policloropreno (Neopreno).**- El Policloropreno también conocido como neopreno, presenta propiedades especiales que combinan la resistencia al envejecimiento provocado por múltiples agentes y con muy buenas propiedades mecánicas.

La estructura del neopreno es muy regular consistiendo principalmente en un 85% de unidades poliméricas trans.

FIGURA Nº 7

CAUCHO POLICLOROPRENO (NEOPRENO)



Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

TABLA N° 2

DESIGNACIÓN ASTM, O – 1418 PARA TIPOS DE ELASTÓMEROS

SIGLAS	REFERENCIA
NR	Caucho Natural Cis 1,4 Poliisopreno
IR	Caucho Sintético Cis 1,4 Poliisopreno
SBR	Copolímero de Estireno Butadieno
BR	Polibutadieno
IIR	Poliisobutileno
EPDM	Termopolímero etileno propileno dieno tipo M
CR	Policloropreno o Neopreno
NBR	Copolímero de Acrilonitrilo Butadieno
XNBR	Nitrilo Carboxilado
HNBR	Nitrilo Hidrogenado
ECO	Epiclorohidrina
ACM	Poliacrílico
MVQ	Polisiloxano (Siliconas)
FKM	Cauchos Fluorados

Fuente: Struktol Company of América

También es bueno precisar la norma ASTM D-2000. Esta norma clasifica a los materiales de caucho por tipos según su resistencia al calor, (desde tipo A hasta tipo J) y por clase según su resistencia al aceite ASTM n 3 (desde clase A hasta clase K), con esto se puede determinar por ejemplo que un material de tipo y clase AA es un material hecho a base de caucho natural o caucho regenerado. Las **Tablas N° 3 y N° 4**, nos indican las clasificaciones de los materiales según los cauchos usados y los parámetros de análisis para determinar los tipos y clases.

En la **Tabla N° 5**, se aprecian las características principales de los elastómeros que son comúnmente utilizados en la industria de los neumáticos. Se podrá verificar el

nombre comercial y nombre químico que tienen cada elastómero, también las designaciones y las clasificaciones de cada uno.

TABLA N° 3

NORMA ASTM D – 2000 TIPOS Y CLASES DE MATERIALES DE CAUCHO

Tipo y Clase	Cauchos Básicos Normalmente Usados para Cumplir la Especificación
AA	Caucho natural, caucho regenerado, SBR, butilo, polibutadieno, poliisopreno
AK	Polisulfuros
BA	EPDM, SBR de alta temperatura y butilo
BC	Cloropreno (Neopreno)
BE	Cloropreno (Neopreno)
BF	Nitrilo
BG	Nitrilo, poliuretano
BK	Polisulfuro, nitrilo
CA	EPDM
CE	Polietileno clorosulfonado (Hypalon)
CH	Nitrilo, epicloridrina
DA	EPDM
DF	Poliacrílico (tipo butil-acrilato)
DH	Poliacrílico
FC	Silicona
FE	Silicona
FK	Fluorosilicona
GE	Silicona
HK	Fluoe elastómeros (Viton, Fluorel, etc.)

Fuente : www.enarubber.com/pdf/ena-astm-standard.pdf

TABLA N° 4

NORMA ASTM D – 2000 TEMPERATURAS DE ENSAYOS E HINCHAMIENTO MÁXIMO EN LA DETERMINACIÓN DEL TIPO Y CLASE

Tipo	Temperatura de ensayo para establecer el tipo	Hinchamiento máximo en aceite permitido en cada clase
	Temperatura de Ensayo (°C)	Hinchamiento Máximo Permitido (%)
A	70	No se exige resistencia al aceite
B	100	140
C	125	120
D	150	100
E	175	80
F	200	60
G	225	40
H	250	30
J	275	20
K	-	10

Fuente : Struktol Company of América

5.5 PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE COMPUESTOS DE CAUCHO

Entre los productos usados tenemos :

5.5.1 CARGAS REFORZANTES

Son cargas que tienen la habilidad de incrementar la dureza y rigidez de los compuestos y a la vez mejoran las propiedades de los compuestos, por ejemplo: la resistencia a la tracción, la abrasión y al desgarre, también influye en la viscosidad, fluidez y adhesión de las mezclas. El principal reforzante en la formulación de

compuestos de neumáticos es el negro de humo, pero también se cuenta con cargas claras como son las sílices, carbonato de calcio precipitado, caolines, tiza, talco, entre otros. El análisis principal que se le realiza a estos productos es el de granulometría o sieve analysis y el de determinación del número de absorción del dibutil ftalato DBP, y en algunos casos se le controla el pH

a) Negro de humo.- El negro de humo es un material de carbón coloidal fabricado industrialmente en forma de esferas y sus agregados con tamaños entre los 10 y los 100 nm

El negro de humo se forma por descomposición térmica o combustión incompleta de hidrocarburos; formándose radicales que se vuelven a combinar para dar lugar a las partículas de negro de humo primarias o elementales, que son esencialmente esféricas⁷

Las características de los negros de humo que inciden sobre el nivel de reforzado obtenido en el compuesto de caucho son :

1) El tamaño de las partículas individuales, el rango de variación del área específica de los negros de humo varía entre 6 m²/g hasta 250 m²/g

⁷ Tecnología del Caucho - Curso a Distancia - 2007

TABLA N° 5

PROPIEDADES DE LOS ELATÓMEROS DE MAYOR USO EN LA INDUSTRIA DEL REENCAUCHE

NOMBRE DEL POLÍMERO	1	POLIMERO BASE (NOMBRE USUAL)	CAUCHO NATURAL	BUTADIENO	SBR		
	2	NOMBRE QUIMICO	Polisopreno	Polibutadieno	Butadieno-estireno (Emulsión)		
Propiedades Generales	3	DESIGNACION ASTM 0 141B	NR	BR	SBR		
	4	CLASIF. SAE. J. 200 ASTM 0200	AA	AA	AA-BA		
	5	COSTO RELATIVO TOMANDO SBR=1	1.2	1.5	1		
	6	PESO ESPECIFICO (gr/cm ³)	0.92	0.91	0.94		
	7	COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA (10°, °C)	66.6	67.5	66.6		
	8	ADHESION A METALES / TEJIDOS	E/E	E/B	E/B		
	9	SABOR	P-B	P-B	P-B		
	10	OLOR	B-E	B	B		
	11	NO MANCHANTE	E	B	P		
	12	RANGO DE TEMPERATURA DE TRABAJO (°C)	-20 a 70	-20 a 60	-10 a 70		
	PROPIEDADES FISICAS	13	RANGO DE DUREZA (° Sh)	30-100	40-80	40-100	
		14	RESISTENCIA A LA TRACCION MAX (Kg /cm ²)	300	200	220	
15		ALARGAMIENTO DE ROTURA MAX.(%)	650	650	600		
16		DEFORMACION PERMANENTE POR COMPRESION	E	B	B		
17		RESILIENCIA	E	E	B		
18		PERMEAB. A LOS GASES (Coef. N de los gases, expresada en 10° cm ³ seg 4 atm)	6,12 (P)	20,0 (N)	4,8 (P)		
19		RESISTENCIA ELECTRICA	E	E	E		
Generales Temperatura Ambiente		20	RESISTENCIA A LA FLEXION	B/E	B/E	B	
		21	RESISTENCIA A LA ABRASION	e	e	B-E	
		22	RESISTENCIA AL DESGARRE	E	B	P	
		23	RESISTENCIA AL IMPACTO	E	B	E	
Altas Temperaturas		24	ENVEJECIMIENTO A 100°C	P-B	P	B	
		25	ELASTICIDAD A 100°C	B	B	B	
		26	RESISTENCIA A LA LLAMA	N	C	C	
Bajas Temperaturas		27	TEMPERATURA DE RIGIDEZ (°C)	-30 a -45	-35 a -50	-18 a -45	
		28	PUNTO DE VIDRIO (°C)	-65	-75	-65	
RESISTENCIA		Ambiental	29	OXIGENO	B	B	P
			30	OZONO	N	N	N
			31	AGUA Y LUZ SOLAR	C	C	C
	Química	32	AGUA / VAPOR	E/B	E/B	B/P	
		33	ALCALIS DILUIDOS / CONCENTRADOS	E/P-B	P-B/P-B	P-B/P-B	
		34	ACIDOS DILUIDOS / CONCENTRADOS	E/P-B	P-B/P-B	P-B/P-B	
		35	HIDROCARBUROS ALIFATICOS (KEROSENE, etc.)	N	N	N	
		36	HIDROCARBUROS AROMATICOS (BENCENO, TOLUENO)	N	N	N	
		37	HIDROCARBUROS CLORADOS, DESENGRASANTES	N	N	N	
		38	CETONAS, SOLVENTES OXIGENADOS	B	B	B	
39	ALCOHOLES	B-E	B	B			
RESISTENCIA	Aceites	40	ANIMALES Y VEGETALES	C	C	C	
		41	FUEL OIL	N	N	N	
		42	LUBRICANTES SINTETICOS DIESTER	N	N	N	
		43	LUBRICANTES DE BAJO PTO. DE ANILINA < 180°C	N	N	N	
		44	LUBRICANTES DE ALTO PTO. DE ANILINA > 180°C	N	N	N	
	45	LIQUIDO DE FRENOS BASE NO HIDROCARBURO	B-E	B	B-E		
	Fluidos Hidráulicos	46	BASE HIDROCARBURO	N	N	N	
		47	HIDRO-GLICOL	B-E	B-E	B-E	
		48	ESTER SILICICO	B-E	B-E	B-E	
		49	ESTER FOSFORICO	B	B	B	
	Refrigerantes	50	AMONIACAL	B	B	B	
51		CLORURO DE METILO	C	C	C		

REFERENCIAS E: excelente - B: bueno - P: pobre - C: uso en casos especiales - N: no usar - S/D: sin determinar

Fuente : Struktol Company of América

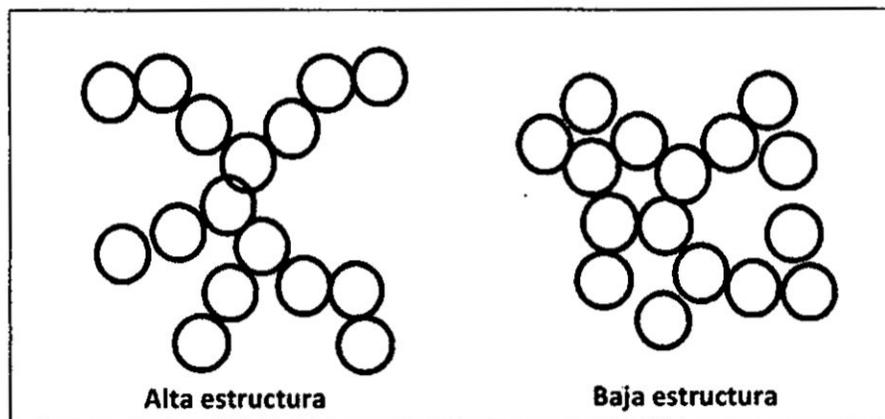
2) La estructura, se trata de un parámetro morfológico, relacionado con la forma en que se agrupan las partículas individuales, en el negro de humo.

En la **Figura N° 9** se representan los agregados de negros de humo de alta y de baja estructura.

En ambos casos se trata del mismo tamaño de partícula individual, pero en el agregado de alta estructura se dispone de mayor área para el contacto con las moléculas de caucho. Desde este punto de vista, entonces, la alta estructura permite lograr un mayor nivel de reforzado en el compuesto de caucho el cual está formado por resinas, antioxidantes, plastificantes, acelerantes y azufre adicionalmente a las cargas reforzantes; con lo que se ven beneficiadas todas las propiedades que tienen que ver con la rigidez del mismo: dureza, módulo, resistencia a la abrasión, etc. Pero ese "exceso" de reforzado puede ser contraproducente respecto del conjunto de propiedades de rotura: resistencia a la ruptura, desgarre.

FIGURA N° 9

ESTRUCTURA DE LOS NEGROS DE HUMO



Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

En la **Tabla Nº 6** se muestran diferentes tipos de negros de humo según su estructura indicando tamaño de partícula para cada tipo.

TABLA Nº 6
CLASIFICACIÓN DE LOS NEGROS DE HUMO

Nomenclatura según estructura		Nomenclatura ASTM	Diámetro partícula individual (nm)
SAF	Super Abrasión Furnace (da máxima resistencia a la abrasión y buena resistencia a la tracción)	N-110	22
ISAF-LS	Low Structure Intermediate Super Abrasión Furnace (alta resistencia a la tracción, gran alargamiento)	N-219	28
ISAF	Intermediate Super Abrasión Furnace (da una excelente resistencia a la abrasión, a la tracción y al desgaste. Moderada conductividad eléctrica)	N-220	28
ISAF-HS	High Structure Intermediate Super Abrasión Furnace (Excelente resistencia a la tracción, gran alargamiento)	N-242	28
HAF-LS	Low Structure High abrasion Furnace (muy buena resistencia a la abrasión, al desgaste, buen módulo, baja histéresis y bajo hinchamiento en la extrusión)	N-326	32
HAF	High abrasion Furnace (muy buena resistencia a la abrasión, al desgaste, buen módulo, baja histéresis y bajo hinchamiento en la extrusión)	N-330	32
HAF-HS	High Structure High Abrasion Furnace (excelente resistencia a la abrasión, bajo hinchamiento en la extrusión, baja histéresis)	N-347	32
FEF	Fast Extrusion Furnace (Reforzado moderado, buena extrusión con bajo hinchamiento, resistencia a la abrasión mediana con alto módulo, relativamente alta resiliencia)	N-550	47
GPF	General Purpose Furnace (Buen reforzado con baja histéresis, alta resistencia al desgaste)	N-660	70
SRF	Semi Reinforcing Furnace (Buena procesabilidad, baja histéresis, excelentes propiedades dinámicas y resiliencia)	N-770	83
FT	Fine Termal	N-880	190
MT	Medium Termal (Buena resiliencia, baja deformación permanente por compresión, baja histéresis. Se puede usar en altas proporciones)	N-990	300

Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

5.5.2 PLASTIFICANTES

El uso de los plastificantes tiene como finalidad la de reducir el fenómeno de recombinación de las moléculas de caucho, reducir la viscosidad de los compuestos de caucho y favorecer la incorporación de cargas.

Cuando se mastica el caucho, se reduce el tamaño de sus moléculas por acción mecánica, pero después de haberse masticado, las moléculas fraccionadas tienden a recombinarse, volviéndose nuevamente duro, este es el fenómeno de recombinación.

Dentro de los principales plastificantes tenemos los peptizantes de acción física y química, los aceites de tipo aromático, parafínico, nafténico y el alquitrán de madera.

En la **Tabla Nº 7** se aprecia un criterio de selección de plastificantes según el tipo de caucho a procesar.

5.5.3 AGENTES DE ADHESIÓN

Generalmente son resinas que tiene como finalidad darle la adhesión necesaria a los compuestos de caucho, tanto en crudo como en vulcanizado frente a otros compuestos, o materiales utilizados en la elaboración de neumáticos. Entre los principales agentes de adhesión tenemos: la resinas de colofonia, la resina comercialmente conocida como KORESIN, este es un producto de la adición polimérica del p-terc butil fenol y acetileno. También se cuenta con resinas de alquil fenol y con resinas xileno – formaldehido.

TABLA N° 7

SELECCIÓN DE PLASTIFICANTES SEGÚN EL CAUCHO A PROCESAR

Caucho a Procesar	Plastificante
Caucho Natural (Cis 1,4 Poliisopreno)	peptizantes (durante su masticación), y en formulación: aceites nafténicos y aromáticos, resinas de cumarona indeno, colofonia, alquitrán de pino y parafinas cloradas, esteres de acidos grasos, jabones metálicos
SBR	aceites nafténicos y aromáticos, polibutadieno líquido para bajas temperaturas y parafinas cloradas.
EPDM	Aceites parafínicos, (alta compatibilidad y es no manchante), aceites nafténicos. Los aromáticos solo se usan para EPDM de alto peso molecular(en curas que no sean con peroxidos)
EPDM de alto peso molecular	Aceites aromáticos (en curas que no sean con peroxidos), resinas
Butílicos	Aceites parafínicos, esteres de alto peso molecular, ceras y resinas
Nitrilos	Esteres de ácido ftálico: (DOP y DBP), el di octil sebacato (para bajas temperaturas), plastificantes poliméricos
Epiclorohidrina	Esteres como el DOP o varios adipados
EVA	Aceites parafínicos, y di octil adipatos y sebacatos
Polibutadieno	Aceites aromáticos o nafténicos
Policloropreno	Aceites aromáticos o nafténicos

Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

5.5.4 ANTIOXIDANTES Y ANTIOZONANTES

Son agentes que inhiben la acción del oxígeno y del ozono que son gases sumamente agresivos para los compuestos de caucho, sobre todo el caucho natural.

La oxidación presenta tres reacciones básicas :

- a) Ruptura Oxidativa
- b) Formación de nuevas uniones de entrecruzamiento
- c) Incorporación de Oxígeno a la cadena.

Basta que un compuesto absorba entre el 1% y 2% en peso de oxígeno para que se inutilice.

Una comparación entre el ataque por oxígeno y por ozono de un compuesto se aprecia en la **Tabla N° 8**

TABLA N° 8

COMPARACIÓN ENTRE EL ATAQUE POR OXÍGENO Y EL ATAQUE POR OZONO

VARIABLES	OZONO	OXÍGENO
Aspecto	Decoloración, grietas	Endurecimiento o ablandamiento
Degradación	En la superficie	En toda la masa
Insaturación	Ataca dienos solamente	Los dienos resisten menos que los saturados
Sistema de cura	No tiene efecto	Común < EV < Peróxido
Temperatura	No tiene efecto	Duplica la velocidad cada 10 °C
Deformación	Incrementa el tamaño de la grieta	No tiene efecto

Fuente : Struktol Company of América

Los principales antioxidantes y antiozonantes son los derivados de los fenoles, aminas y diaminas, quinolinas, y los antioxidantes miselánicos. Entre los más comunes

5.5.5 ACTIVADORES

Son insumos químicos que tienen la función de darle la energía de activación necesaria para el inicio de la vulcanización de los compuestos de caucho.

Existen dos tipos de activadores : los primarios, en donde destaca el óxido de zinc como el principal insumo activador en la vulcanización y los secundarios, en donde destaca el ácido esteárico.

5.5.6 VULCANIZANTES

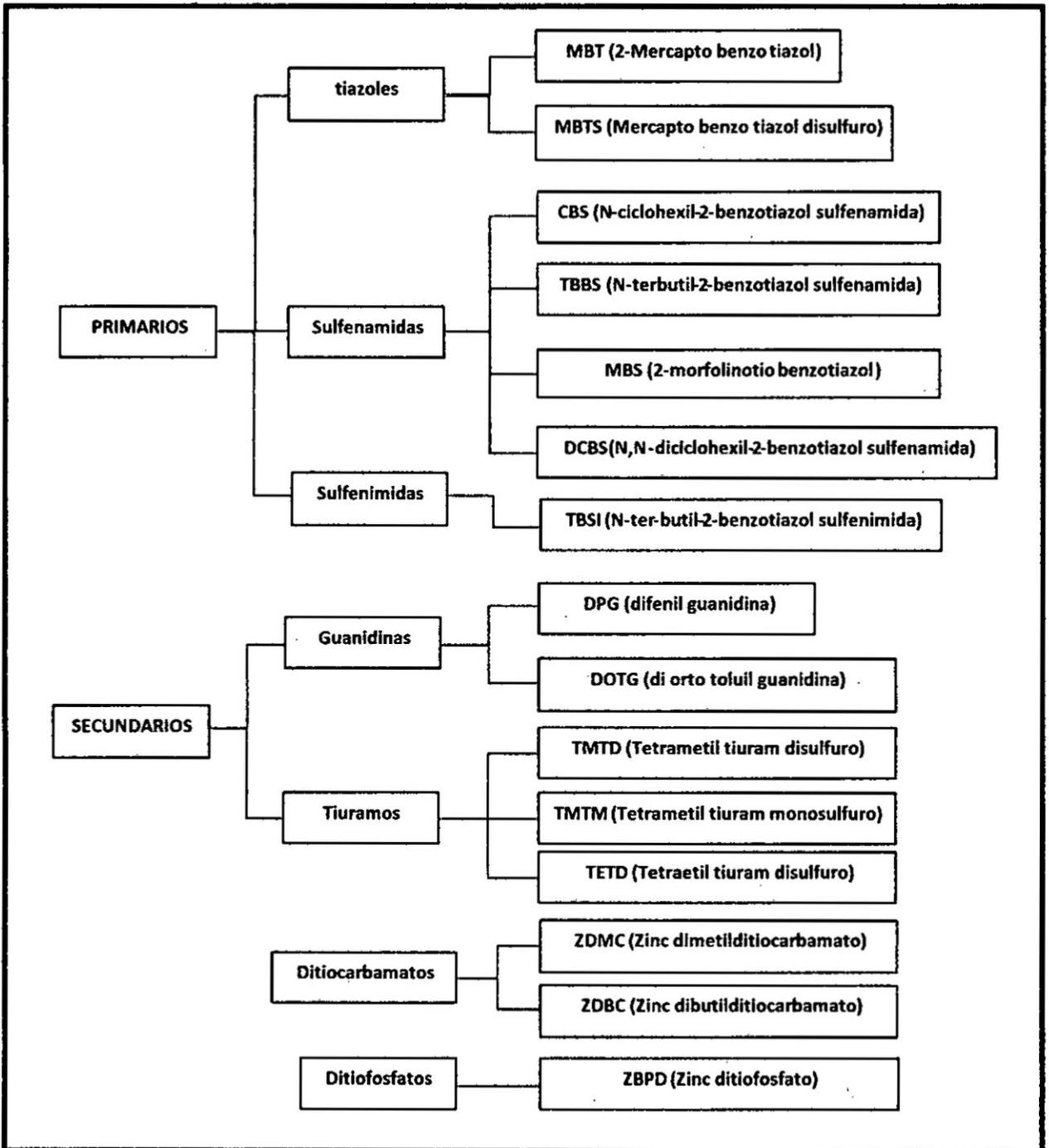
Son insumos que se añaden al compuesto y tienen por finalidad reaccionar con el caucho para formar parte de su molécula produciéndose de esta manera la vulcanización. Entre los principales agentes vulcanizantes se destacan el azufre soluble e insoluble, también se vulcanizan con peróxidos especialmente los de benzoilo. Por último se puede mencionar a los donadores de azufre con el DTDM (4,4-di tio di morfolina) que al reaccionar con el óxido de zinc forma el tetrametil tiuram y ceden átomos de azufre que se unen al caucho a través de puentes monosulfídicos.

5.5.7 ACELERANTES Y RETARDANTES

Son insumos químicos que cumplen la función de darle un incremento a la velocidad de reacción de vulcanización de los compuestos de caucho, mejorando los tiempos y haciendo que este proceso sea industrialmente económico. También retardan el inicio de la vulcanización, este punto es importante pues permite procesar al

FIGURA N° 12

ESQUEMA GENERAL DE LOS ACELERANTES



Fuente : Flexsys Chemical "Rubber Chemical Equivalents List"

En la Tabla N° 09 se aprecian los principales ingredientes que se utilizan en la formulación de los compuestos de caucho y sus funciones dentro del compuesto.

En la Tabla N° 10 se tiene una formulación típica de compuesto usado para bandas de rodamiento de neumáticos. Se puede observar en la tercera columna que la sumatoria de los phr de caucho es igual a cien. Dependerá del tipo de compuesto a formular para realizar las combinaciones de los cauchos y los ingredientes a usar. También se aprecia en la primera columna los porcentajes de materiales que se usaran en la formulación.

TABLA N° 09

PRINCIPALES INGREDIENTES EN LOS COMPUESTOS DE CAUCHO Y SUS FUNCIONES

Ingrediente	Función
Cauchos; naturales y/o sintéticos	Estructura viscoelastica del compuesto
Cargas reforzantes (negro de humo, silices)	Reforzante del caucho. Otorga mayor dureza al vulcanizado mejorando sus propiedades mecánicas
Cargas claras inertes	Reducir el costo, aumentar la densidad del compuesto
Plastificantes (aceites)	Facilitar la incorporación de cargas. Reducir la viscosidad
Fáctices	Permitir una reducción en la dureza del vulcanizado sin ablandar extremadamente al compuesto crudo
Resinas termorígidas	Permitir un aumento en la dureza del vulcanizado sin aumentar excesivamente la viscosidad del compuesto crudo
Oxido de zinc, acido estearico	Activación del sistema de aceleración
Resinas termoplásticas	Aumentar la pegajosidad del caucho en crudo (tack)
Antioxidantes, Antiozonantes y ceras	Retardar el envejecimiento
Acelerantes primarios, co-acelerantes	Reducir los tiempos de cura
Retardantes	Prevenir la vulcanización incipiente del compuesto
Azufre, derivados de la urea, peroxidos	Agentes vulcanizantes

Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

TABLA N° 10

FÓRMULA TÍPICA DE COMPUESTOS RODANTE DE NEUMÁTICOS

%	INSUMOS	phr
18.24	Caucho Natural (NR)	30.00
24.32	SBR 1502	40.00
18.24	BR	30.00
27.36	NEGRO DE HUMO 234	45.00
3.65	ACEITE AROMATICO	6.00
2.43	OXIDO DE ZINC	4.00
1.22	ACIDO ESTEARICO	2.00
1.22	RESINA COLOFONIA	2.00
0.61	PARAFINA	1.00
0.61	SANTOFLEX 6PPD	1.00
0.30	FLECTOL TMQ	0.50
0.36	SANTOCURE MBS	0.60
0.09	SANTOGARD PVI	0.15
1.34	AZUFRE CRYSTEX OT20 / IS-7020	2.20
100.00	Total	164.45

Fuente : Elaboración propia

**5.7 ETAPAS DE FABRICACIÓN DE LOS MATERIALES DE CAUCHO
USADOS EN LA INDUSTRIA DEL REENCAUCHE**

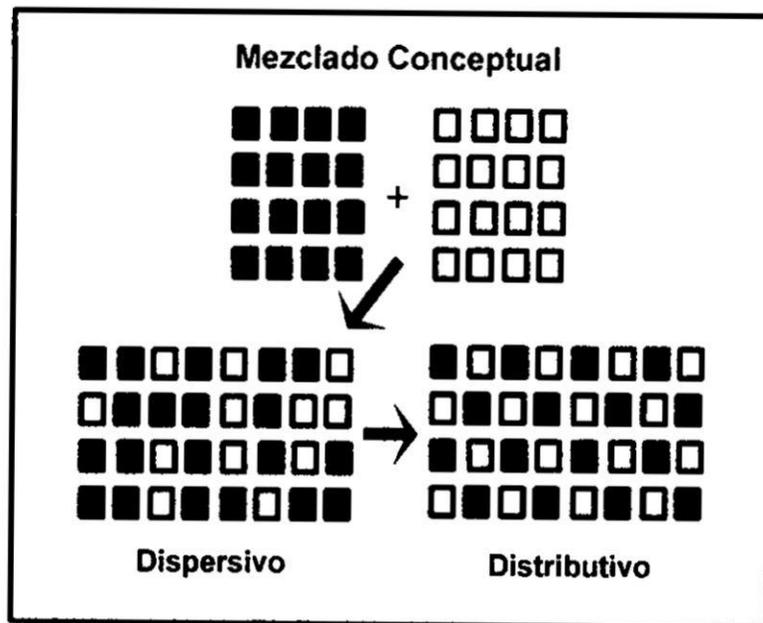
5.7.1 MEZCLA DE COMPUESTOS

Esta es la etapa más importante en la elaboración de los neumáticos. Consiste en mezclar los cauchos naturales y sintéticos según formulación con los aditivos que son incorporados, dispersados y distribuidos, de tal manera que permita un buen procesado, de acuerdo al tipo de compuesto que se obtendrá en las diferentes etapas de la fabricación de neumáticos. Este proceso es vital pues una variación en la forma de mezclar el compuesto de un batch a otro cambiará notablemente las propiedades físicas.

En el mezclado se identifican dos procesos fundamentales: el dispersivo, que implica la reducción de tamaño de todos los ingredientes, y el distributivo, que distribuye estas partículas reducidas de manera uniforme en toda la masa del material.

Esto se puede apreciar en la Figura N° 13

FIGURA N° 13
ESQUEMA DE MEZCLADO



Fuente : Cauchotecnia

El proceso de mezclado de los compuestos se puede realizar en dos tipos de mezcladores :

- a) **Mezcladores abiertos.**- Se realiza en molinos, también llamados cilindros, pues se conforman por dos cilindros metálicos de alta dureza superficial, horizontal y contra rotantes, con un sistema de refrigeración. Estos dos cilindros presentan entre si una diferencia de velocidad rotacional, esto a su vez provoca un esfuerzo de corte sobre el material que se carga en el molino y que se deforma y plastifica. Una típica

Una secuencia de mezclado puede ser considerado de la siguiente manera :

- 1) Iniciar el trabajo con los cauchos, primero el más viscoso, este debe calentarse con la fricción, luego se van agregando los demás cauchos hasta que se forme banda.
- 2) Agregar los productos como colorantes, óxido de zinc, que son productos difíciles de dispersar.
- 3) Abriendo los rodillos se agregan las cargas duras.
- 4) Se agregan las cargas blandas y los plastificantes, se homogeniza.
- 5) Se incorpora el resto de materias primas.
- 6) Se mezcla haciendo como mínimo tres rollos, pasados de punta a mínimo espesor, para luego bajar la mezcla y proceder a enfriarla.

Para calcular la capacidad de carga o volumen de carga que se mezclará en un molino podemos utilizar la expresión siguiente :

$$C = V = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot h}{(1 - B)} \quad (2)$$

Donde :

C : Capacidad de mezcla (cm³)

D : Diámetro del molino (cm)

L : Ancho (cm)

h : Espesor (cm)

B : Proporción (%) del banco en el total de la mezcla.⁹

Además :

$$\delta = \frac{W}{V} \quad (3)$$

Donde :

W : Peso de mezcla (Kg)

δ : Densidad de la mezcla (Kg/cm³)

Ordenando (3) en (2) se tiene :

$$W = \frac{\delta \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot h}{(1 - B)} \quad (4)$$

Para calcular la densidad de la mezcla, usaremos la siguiente expresión :

$$\delta = \frac{\sum pHR_i}{\sum (pHR / \delta)_i} = \frac{pHR_a + pHR_b + \dots + pHR_n}{\left(\frac{pHR}{\delta}\right)_a + \left(\frac{pHR}{\delta}\right)_b + \dots + \left(\frac{pHR}{\delta}\right)_n} \quad (5)$$

⁹ "Tecnología del Caucho" - Curso a Distancia – 2007 – Esteban Friedenthal

Tomando la información de la Tabla N° 10, se construye la Tabla N° 11, en donde se aprecian los cálculos: individuales para cada ingrediente así como la sumatoria en función a la expresión (5)

TABLA N° 11

CÁLCULO DE LA δ Y (pHR/ δ) DE LA MEZCLA DE CAUCHO

%	INSUMOS	pHR	δ (g/cm ³)	(pHR/ δ) _i
18.24	Caucho Natural (NR)	30.00	0.92	32.61
24.32	SBR 1502	40.00	0.93	43.01
18.24	BR	30.00	0.94	31.91
27.36	NEGRO DE HUMO 234	45.00	1.80	25.00
3.65	ACEITE AROMATICO	6.00	0.98	6.12
2.43	OXIDO DE ZINC	4.00	5.57	0.72
1.22	ACIDO ESTEARICO	2.00	0.85	2.35
1.22	RESINA COLOFONIA	2.00	1.08	1.85
0.61	PARAFINA	1.00	0.90	1.11
0.61	SANTOFLEX 6PPD	1.00	0.99	1.01
0.30	FLECTOL TMQ	0.50	1.04	0.48
0.36	SANTOCURE MBS	0.60	1.51	0.40
0.09	SANTOGARD PVI	0.15	1.30	0.12
1.34	AZUFRE CRYSTEX OT20 / IS-7020	2.20	1.95	1.13
100.00	Total	164.45		147.82

Fuente : Elaboración propia

Con lo cual la densidad del compuesto usado para banda de rodamiento del neumático es :

$$\delta = \frac{\sum pHR_i}{\sum (pHR/\delta)_i} = \frac{164.45}{147.82} = 1.1125 \left(\frac{g}{cm^3} \right) = 1.1125 \times 10^{-3} \left(\frac{Kg}{cm^3} \right) \quad (a)$$

Tomando el resultado (a), para un molino de 150 cm de largo, 40 cm de diámetro, espesor de 1 cm y un porcentaje de banco de 70%, ingresando los datos en la ecuación (4) se tiene :

$$W = \frac{1.1125 \times 10^{-3} (\text{Kg/cm}^3) \times 3.1416 \times 40 (\text{cm}) \times 150 (\text{cm}) \times 1.0 (\text{cm})}{(1 - 0.7)}$$

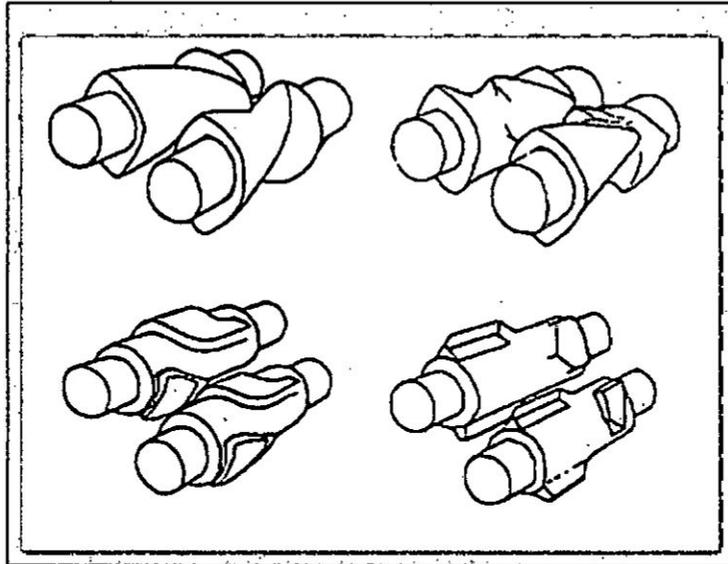
$$W = 69.90 (\text{Kg})$$

b) Mezcladores internos.- Es una máquina que consta de cuatro aspectos que lo diferencian de un molino, que son: dos rotores (piezas de forma helicoidal), cuya particular geometría posibilita el movimiento lateral y transversal del material. (Ver **Figura N° 15**)

Estos rotores son cerrados dentro de una cámara hermética y refrigerada de modo de generar un importante esfuerzo de corte, generado entre el borde del rotor y la misma. Este factor es importante para lograr la alta productividad que caracteriza a este mezclador. Consta además de un pistón o pisón neumático que ejerce presión al compuesto de manera que este pase siempre entre los rotores. Por último cuenta con una compuerta por donde se descarga la mezcla.

El primer mezclador interno fue inventado por Fernley Banbury, en 1816. En este tipo de mezcladores, el proceso se realiza en dos etapas :

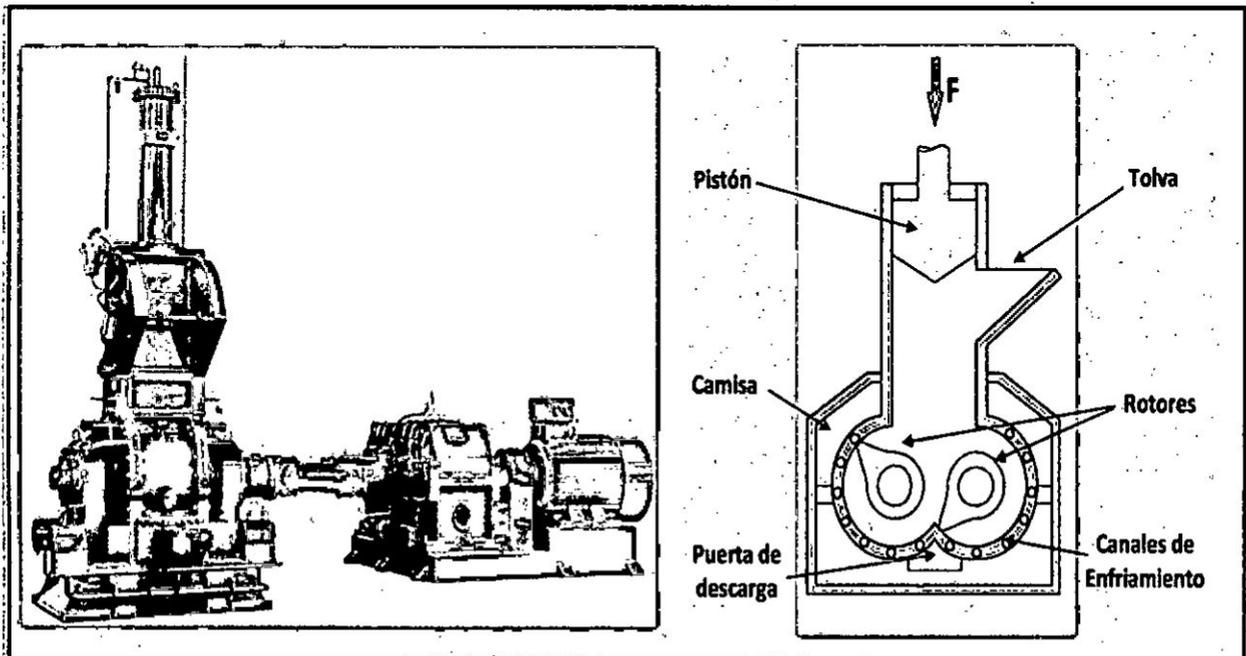
FIGURA N° 15
BANBURY - ROTORES



Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

En la Figura N° 16 se aprecia un Banbury y sus partes principales.

FIGURA N° 16
BANBURY - PARTES PRINCIPALES



Fuente : Cauchotecnia

- a) Primera etapa.-** Consiste en mezclar controlando los parámetros de potencia, temperatura y tiempo, los distintos tipos de cauchos con los aditivos, como son: los plastificantes, resinas, antioxidantes, antiozonantes y agentes activadores con excepción de los agentes vulcanizadores. Estos se mezclan primero debido a que este proceso tiene como consecuencia la generación de calor y el incremento de la temperatura de manera elevada que si se tuviese en este proceso a los agentes vulcanizadores se produciría la vulcanización y la pérdida del compuesto. Al resultado de esta mezcla se le denomina pesada maestra.
- b) Segunda etapa.-** En esta etapa el compuesto maestro reposado ingresa al Banbury, donde en un mezclado rápido a pocos minutos, se agregan los agentes vulcanizadores (azufre y los acelerantes o catalizadores). Este paso genera poco calor y poco incremento de temperatura, con esto se controla el proceso de vulcanización. A este compuesto se le conoce como pesada final y es el que se utilizara para fabricar las distintas partes del neumático luego de su respectivo reposo y reacomodo de sus moléculas.

En la **Figura N° 17** se puede describir el proceso en las dos etapas.

“Para calcular la capacidad de carga o volumen de carga que se mezclara en un mezclador interno podemos utilizar la expresión siguiente :

$$Pm = Vc.f.\delta \quad (6)$$

Donde :

P_m : Peso de la mezcla (Kg)

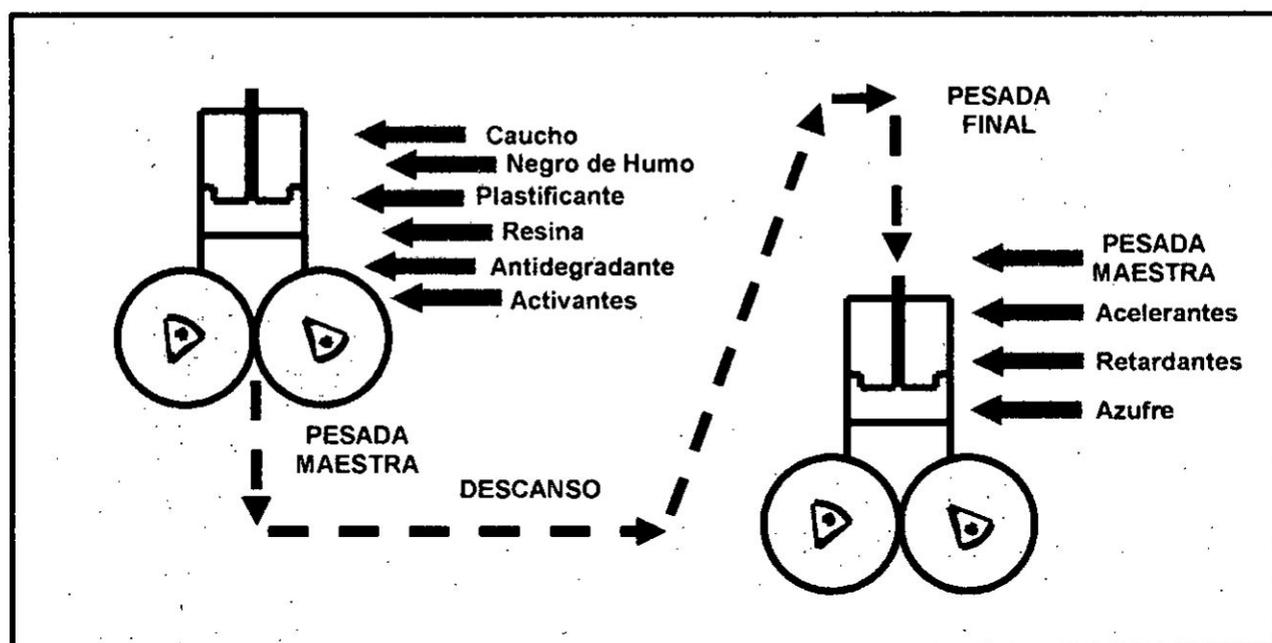
V_c : Volumen de la cámara (L)

F : Factor de llenado

δ : Densidad de la mezcla (Kg/L)¹⁰

FIGURA N° 17

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MEZCLADO EN MEZCLADORES CERRADOS (BANBURY)



Fuente : Friedenthal, Esteban "Visión moderna de la tecnología del caucho"

Tomando el ejemplo de la **Tabla N° 11** para un mezclador interno de 70 L con un factor de llenado de 0,772 y el resultado de densidad (a) calculamos el peso del compuesto :

¹⁰ "Tecnología del Caucho" - Curso a Distancia – 2007 – Esteban Friedenthal

Pm : 70(L) x 0,772 x 1,1125 (Kg/L)

Pm : 60,12 Kg

En base a este resultado y redondeando a 60 Kg, calculamos el peso de cada insumo utilizado en la **tabla N° 10** mediante una regla de tres simple entre la phr total del compuesto, el peso total y las phr de cada insumo. Estos resultados se reflejan en la **Tabla N° 12**

TABLA N° 12

CÁLCULO DEL PESO DE INSUMOS, BASE DE MEZCLA 60 Kg DE COMPUESTO

%	INSUMOS	phr	W (Kg)
18.24	Caucho Natural (NR)	30.00	10.95
24.32	SBR 1502	40.00	14.59
18.24	BR	30.00	10.95
27.36	NEGRO DE HUMO 234	45.00	16.42
3.65	ACEITE AROMATICO	6.00	2.19
2.43	OXIDO DE ZINC	4.00	1.46
1.22	ACIDO ESTEARICO	2.00	0.73
1.22	RESINA COLOFONIA	2.00	0.73
0.61	PARAFINA	1.00	0.36
0.61	SANTOFLEX 6PPD	1.00	0.36
0.30	FLECTOL TMQ	0.50	0.18
0.36	SANTOCURE MBS	0.60	0.22
0.09	SANTOGARD PVI	0.15	0.05
1.34	AZUFRE CRYSTEX OT20 / IS-7020	2.20	0.80
100.00	Total	164.45	60.00

Fuente : Elaboración propia

5.7.2 CALANDRADO

Proceso que utiliza un sistema de rodillos rotantes llamados calandras. Estas máquinas permiten elaborar una lámina continua de compuesto, de pequeño y muy controlado espesor. También impregnar tejidos con una o dos capas de compuesto. En general la industria del caucho utiliza calandras de tres y cuatro rodillos.

Las operaciones de calandrado se llevan a cabo en una línea productiva completa, que puede incluir: la calandra propiamente dicha, los equipos donde se producen las tiras de alimentación (generalmente una línea de molinos), los soportes de tela para el caso de producir tela engomada, alineadores, enfriadores, mecanismos de control de espesores, etc.

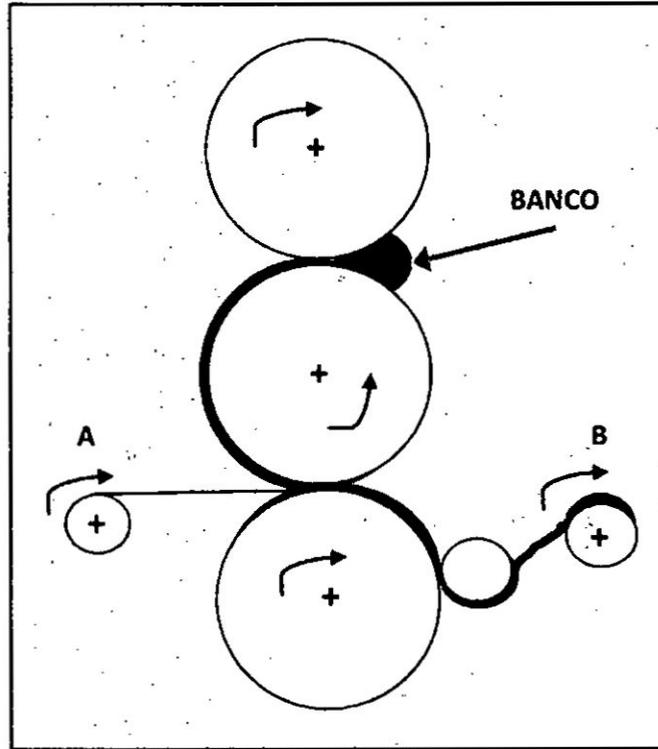
Generalmente la calandra, de tres rodillos se utiliza frecuentemente para elaborar delgadas láminas de compuesto, llamadas cojines.

En la **Figura N° 18** se observa la disposición del material en el equipo. El banco es la porción de mezcla que todavía no pasó entre los rodillos de arriba y del centro. El cilindro "A" contiene una entretela donde se enrollará el cojín elaborado, en el cilindro "B".

Esta entretela se usa para evitar el pegado del cojín consigo mismo y debe ser de un material tal que no interfiera con las características de la lámina obtenida, principalmente su pegajosidad.

FIGURA N° 18

ESQUEMA DE CALANDRIAS DE TRES RODILLOS



Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

En la **Figura N° 19**, podremos apreciar la forma típica de las calandras de cuatro rodillos que son usados para producir las telas engomadas: de izquierda a derecha, vertical, "L" invertida y "Z".

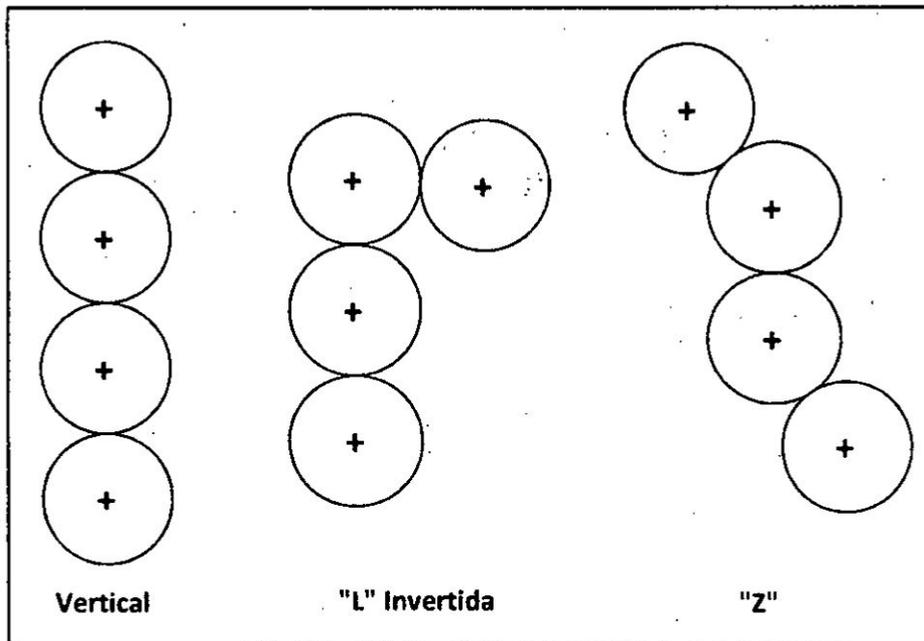
5.7.3 EXTRUSIÓN

Esta operación también conocida como extrusionado, es un proceso que consiste en conformar geoméricamente un material viscoelástico, forzándolo a pasar por una matriz o boquilla a fin de elaborar un perfil de dimensiones estables (extrudado)

Se utiliza típicamente para fabricar mangueras, tubos, perfiles, bandas de rodamiento y costados, bandas para la reconstrucción de neumáticos y también para fabricar cables y engomar alambres.

FIGURA N° 19

ESQUEMA DE CALANDRIAS DE CUATRO RODILLOS



Fuente : Friedenthal, Esteban "Tecnología del Caucho"

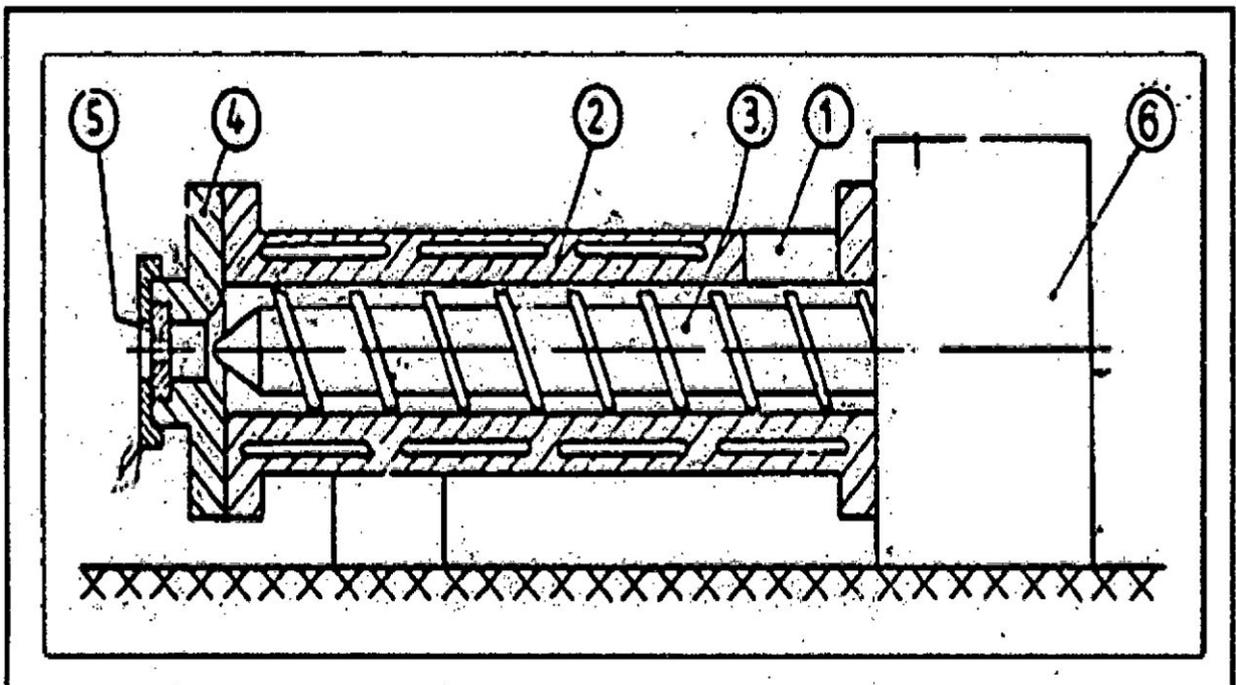
A la máquina que se utiliza para este proceso se denominan extrusoras. Son equipos que realizan el transporte del compuesto hacia una boquilla o matriz para obtener un perfil continuo de dimensiones establecidas previamente.

Como resumen y teniendo en cuenta la totalidad del equipamiento, sus funciones básicas son :

- 1) Transportar a la mezcla desde la tolva de alimentación, entre una camisa y un tornillo de geometría definidas.
- 2) Plastificar y comprimir al compuesto a lo largo de su paso por el tornillo.
- 3) Pre conformar el compuesto.
- 4) Conformar la sección transversal del perfil a través del paso por la matriz o boquilla.
- 5) Producir un perfil en la línea de extrusión
- 6) Identificar, marcar y/o cortar el extrudado
- 7) Enfriar el extrudado
- 8) Realizar el control continuo del proceso
- 9) Almacenar adecuadamente el extrudado.

En la Figura N° 20, se muestran las partes más importantes de la máquina :

FIGURA N° 20
EXTRUSORA – PARTES PRINCIPALES



Fuente : Friedenthal, Esteban "Visión moderna de la tecnología del caucho"

- 1) Boca de carga
- 2) Camisa
- 3) Tornillo, sinfín o husillo
- 4) Cabezal
- 5) Matriz, boquilla (die)
- 6) Motor de velocidad variable¹¹

La boca de carga tiene como función principal la de recibir la tira de alimentación y depositarla sobre las primeras aletas del tornillo. En ese sentido, hay dos tipos de extrusoras :

a) Extrusora de alimentación en caliente.- Son equipos que se alimentan de líneas de molinos.

Para la operación es absolutamente esencial el poder garantizar un alto nivel de homogeneidad de la tira de alimentación, en lo que se refiere a la uniformidad de temperaturas y viscosidades y a su estabilidad dimensional (ancho y espesor)

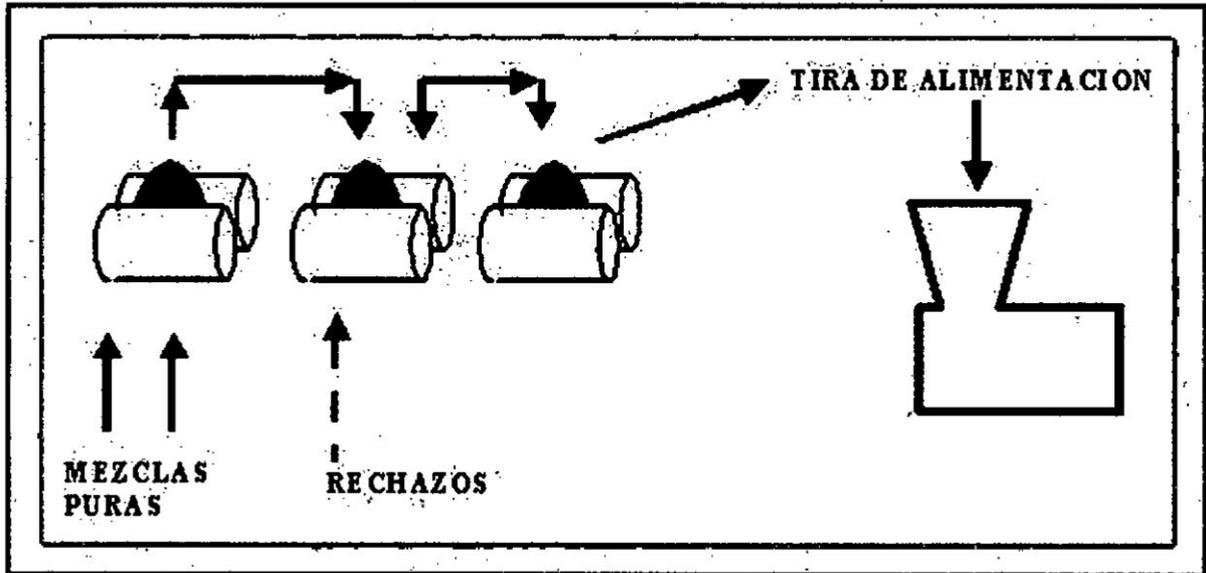
En ese sentido es importante controlar el gasto de material a reciclar (rechazos por fuera de dimensiones) y también el tamaño de los bancos en los molinos, porque si éstos son excesivos provocarían un enfriamiento en su parte superior que incidiría en la uniformidad de temperaturas buscada.

¹¹ "Tecnología del Caucho" - Curso a Distancia – 2007 – Esteban Friedenthal

La longitud de este tipo de máquinas es de alrededor de 5 veces el diámetro del tornillo. Ver Figura N° 21

FIGURA N° 21

ESQUEMA EXTRUSORA EN CALIENTE

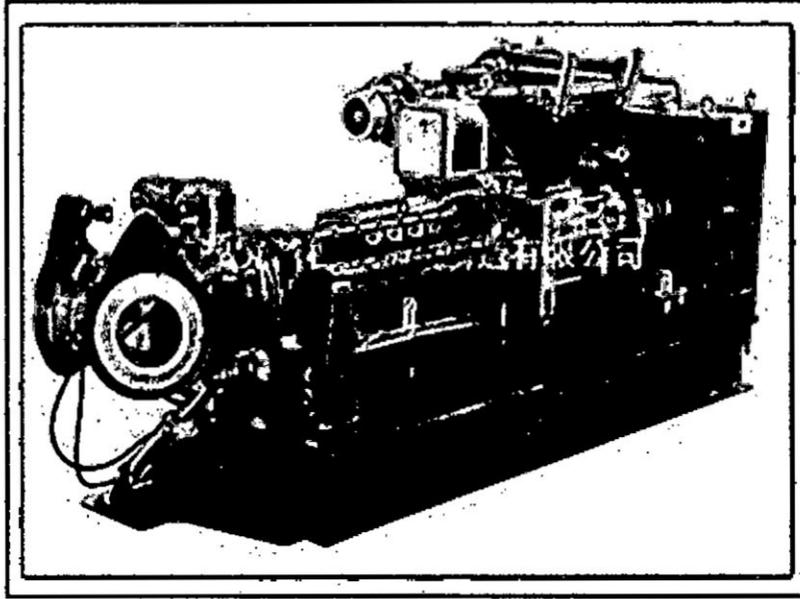


Fuente : Friedenthal, Esteban "Visión moderna de la tecnología del caucho"

- b) **Extrusora de alimentación en frío.**- La Figura N° 20 se ilustran el principio fundamental de estos equipos: a través de un tornillo más largo (longitud entre 10 y 20 veces el diámetro) el compuesto se va plastificando, homogeneizando y transportando hacia la matriz, en su paso por la extrusora. En la Figura N° 22 se aprecia una extrusora de alimentación en frío. De esta manera se suple el proceso de plastificación realizado por la línea de molinos.

El compuesto extruido debe salir a una temperatura menor a los 110°C y es enfriado en un túnel de enfriamiento con chorros de agua a presión. Al final del túnel se obtiene el material extruido a menor temperatura para su posterior uso.

FIGURA N° 22
EXTRUSORA EN FRÍO



Fuente : Extrusoras para caucho - www.google.com.pe

Los factores operativos más importantes, que influyen en la calidad dimensional y en las propiedades obtenidas por los artículos extruidos son los siguientes :

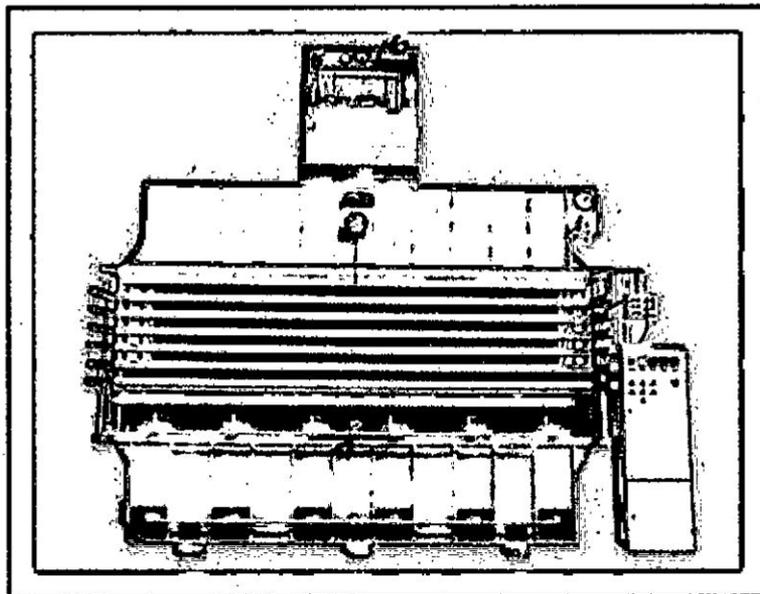
- 1) Abastecimiento consistente de mezclas
- 2) Caracterización y control de mezclas en el laboratorio
- 3) Control de materiales reciclados por fuera de dimensiones
- 4) Optimización de temperaturas y velocidades en la operación
- 5) Control de la estabilidad dimensional en cintas transportadoras
- 6) Diseño de matrices o boquillas

5.7.4 VULCANIZACIÓN O PRENSADO

El vulcanizado, prensado o moldeado de los compuestos extruidos de caucho se realiza en prensas a alta temperatura (entre 160°C a 180°C) y presión (entre 200 a 400 Kg/cm²) Ver Figura N° 23

El compuesto extruido es colocado sobre un molde el cual le dará la forma al compuesto. El tiempo de vulcanización depende de la temperatura de trabajo, de la velocidad de vulcanización del compuesto y del espesor de la pieza a moldear.

FIGURA N° 23
PRENSA HIDRÁULICA



Fuente : Manual - Prensas COPE

Pueden ser mecánicas o hidráulicas de diferentes variedades y tamaños. Cuanto mayor sea el diámetro del pistón, mejores condiciones operativas tendrá el equipo (mayor presión de cierre y mejor distribución de la misma). El área del plato siempre es mayor que el área del pistón, normalmente alrededor de un 30%

El calentamiento de la prensa puede ser a vapor, eléctrico o con fluido térmico.

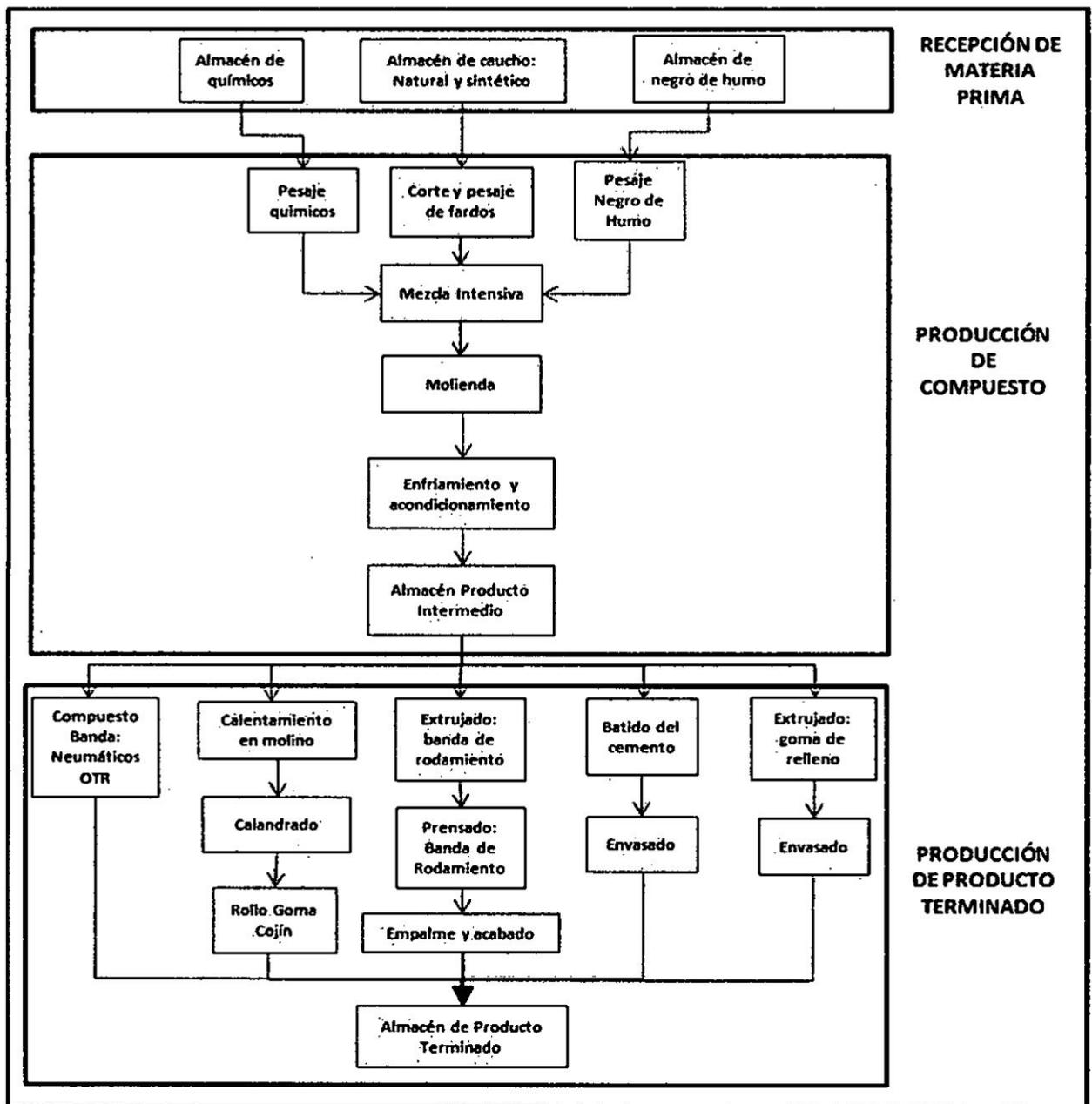
La velocidad de apertura y cierre debe ser la mayor posible, porque este es un tiempo "muerto" desde el punto de vista de la productividad de la operación y el control de tiempos de vulcanización. El control de temperatura es de la mayor importancia, no sólo el valor absoluto seleccionado para vulcanizar los distintos artículos, sino su uniformidad a través de toda la superficie de los platos. Se puede realizar mediante un sensor de temperatura (termopar o termocupla, infrarrojo), conectado a un temporizador para la apertura automática del equipo.

VI ACTIVIDADES REALIZADAS POR LA EMPRESA

En la **Figura N° 24** encontraremos un diagrama de proceso de producción de materiales para la industria de reencauche.

FIGURA N° 24

DIAGRAMA DE PROCESOS – PRODUCCIÓN DE MATERIALES PARA LA INDUSTRIA DE REENCAUCHE



Fuente : Elaboración Propia

6.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

Para la recepción y almacenamiento de materia prima se debe verificar guías, facturas, certificado de calidad que el proveedor proporciona. Se escoge el área de recepción según el tipo de pedido.

Se revisa el estado de las paletas, el estado de bolsas, bolsones, cajas, panes (para el caso de cauchos). Cantidad de bolsas, cajas, panes por paleta. Revisión de coincidencia del lote con el certificado.

Se llena el registro de ingreso de materia prima, Se rotula en el tablero el código de producto, la frase "Lote nuevo" para identificar de los lotes existentes y tener un mejor control en los ingresos y salidas.

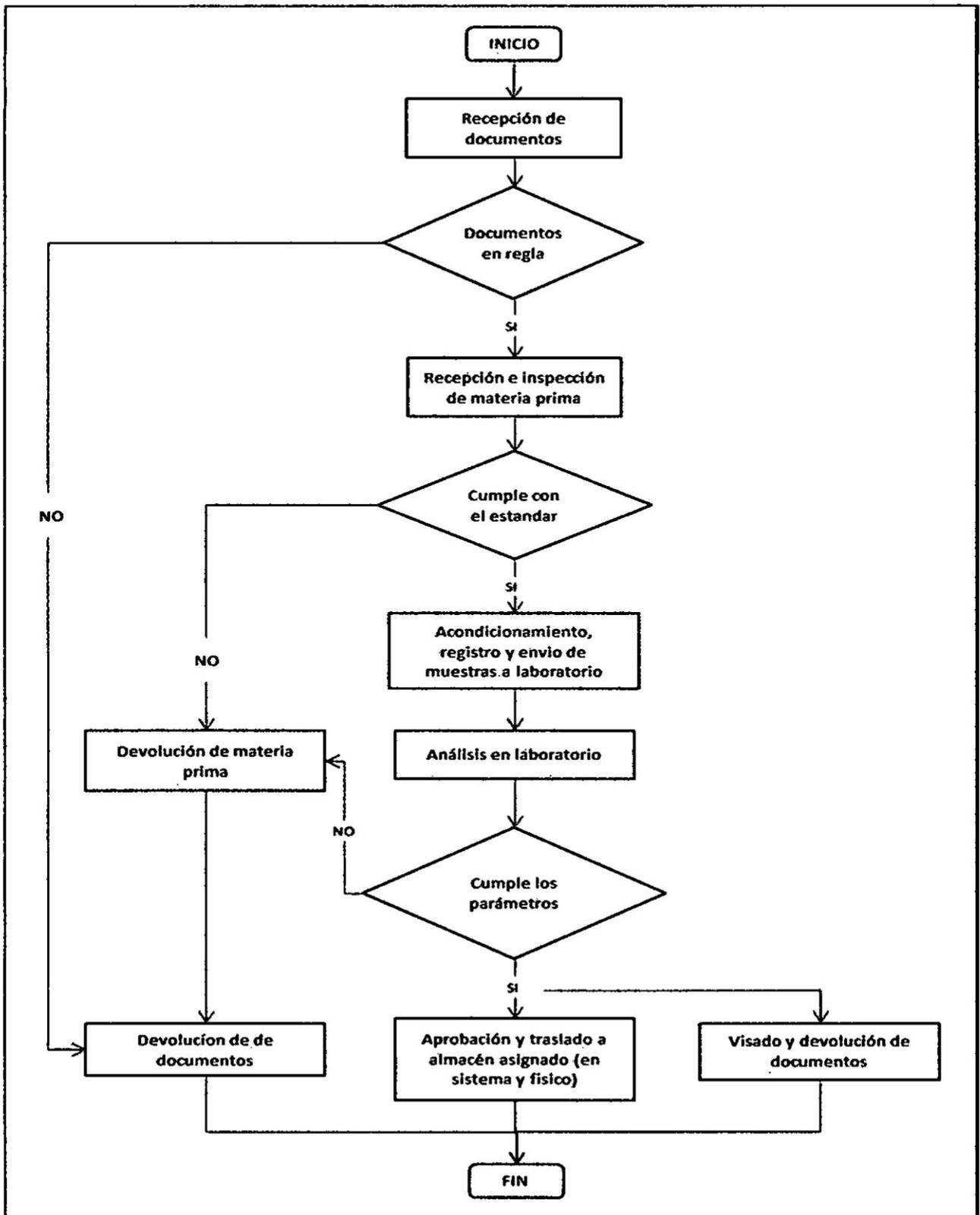
Se envía el registro de ingreso de materia prima a laboratorio junto con las muestras, la ficha técnica (si es producto de prueba) y el certificado de calidad.

Una vez aprobado se libera del sistema y se pone a disposición de planta de producción.

Este proceso se representa en la **Figura N° 25**

FIGURA N° 25

DIAGRAMA DE PROCESOS – RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA



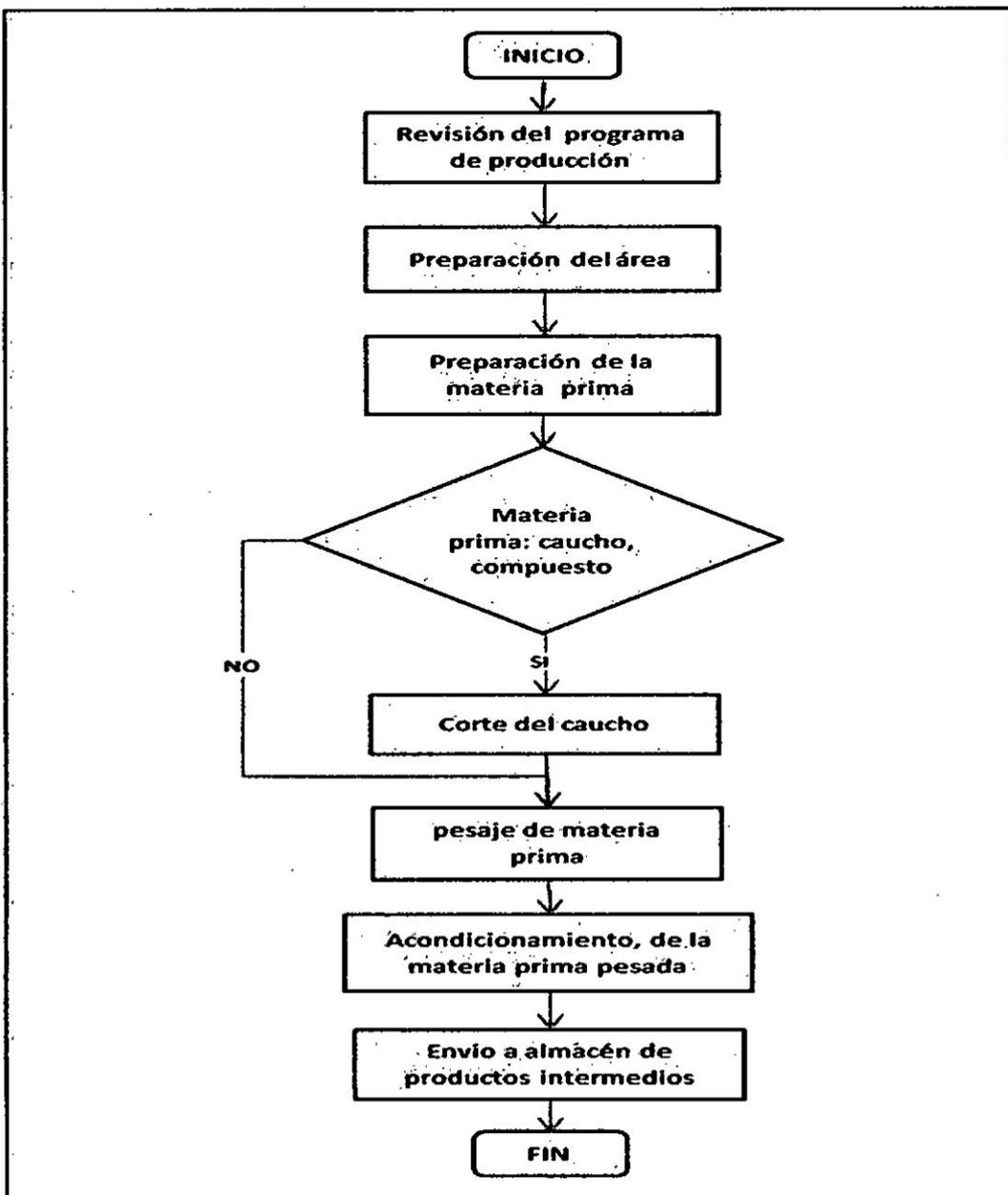
Fuente : Elaboración Propia

6.2 CORTE, PESAJE DE MATERIA PRIMA

En esta etapa se debe verificar el programa de producción, se revisan las balanzas (incluye ubicación del punto cero, verificación de balanzas), se ordenan e Identifican las pesadas y se realizan los controles de pesos. Ver Figura N° 26

FIGURA N° 26

DIAGRAMA DE PROCESOS – CORTE Y PESAJE DE MATERIA PRIMA



Fuente : Elaboración Propia

6.3 MEZCLA DE MATERIA PRIMA

La mezcla de los compuestos se realiza en un mezclador interno de tipo tangencial de capacidad de 60 L. Estas mezclas tienen una duración en promedio de 6 min. batch de las pesadas maestras y 2 min. batch de las pesadas finales con una producción promedio de 110 Tn mensuales.

En los **Anexos N° 1 y N° 2** se observan los parámetros de mezcla utilizados en el Banbury.

El proceso de mezclado se describe en la **Figura N° 27**, donde se debe tener en cuenta el registro de planificación de producción por día, los controles de identificación de la materia prima, controles de mezclado (Ingreso de caucho e insumos, Tiempo, potencia, temperatura, matillo). Controles en el molino de mezclado incluyendo el blender y descarga (Ancho y espesor de lámina) y la identificación de la paleta que contiene el compuesto.

6.4 CALANDRADO

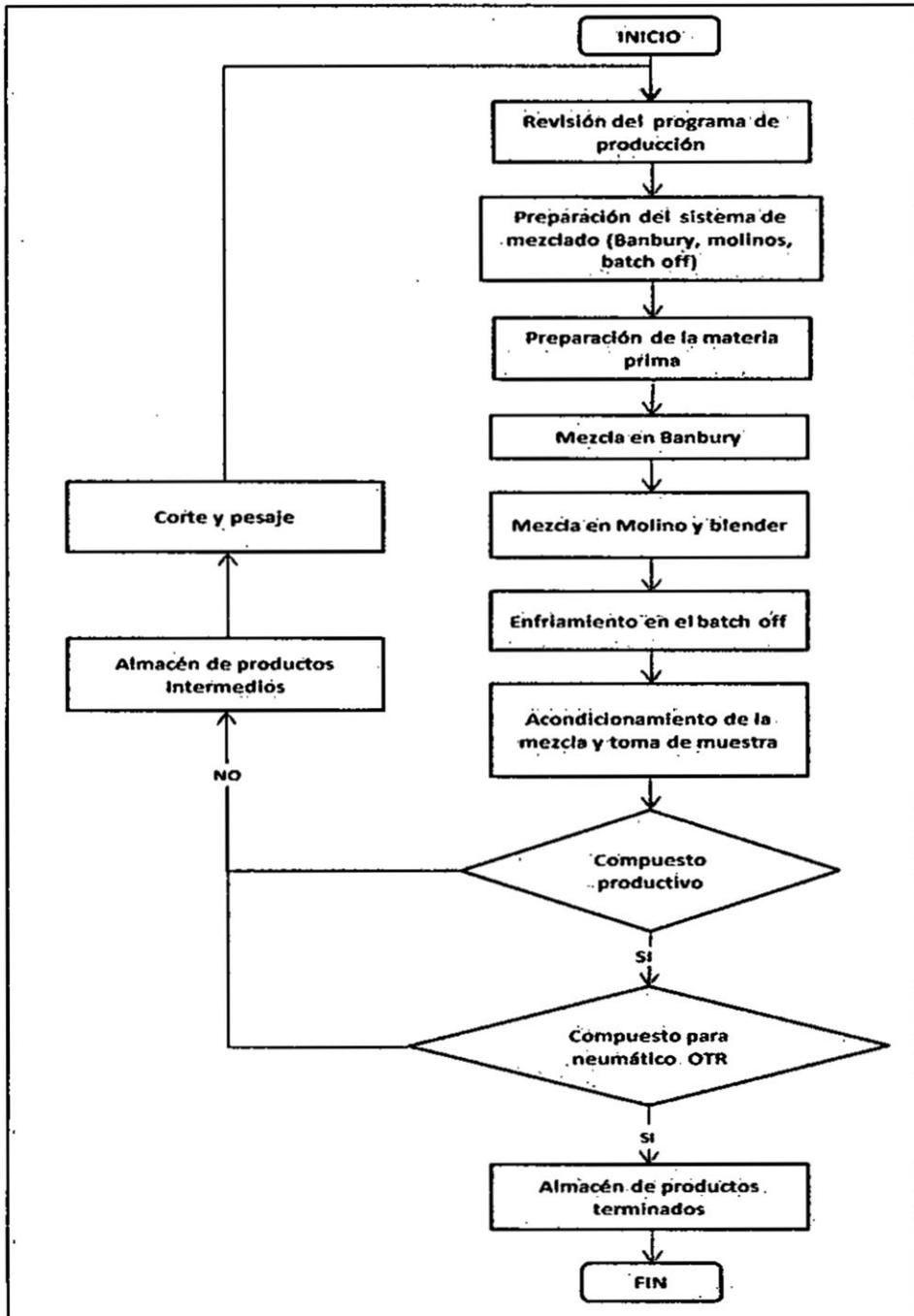
Este proceso se realiza en una calandra de tres rodillos de 20" de longitud y de velocidad de rotación variable. En el **Anexo N° 3**, se observan los parámetros de calandrado.

La producción de rollo de goma bordea el promedio de 15 Tn mensuales. En la **Figura N° 28**, se describe el proceso de calandrado de compuestos de goma cojín.

Para este proceso se debe tener especial cuidado en el tiempo y temperatura de calentamiento y del calandrado del compuesto de goma. El espesor y ancho de goma es otro de los parámetros de control en el proceso.

FIGURA N° 27

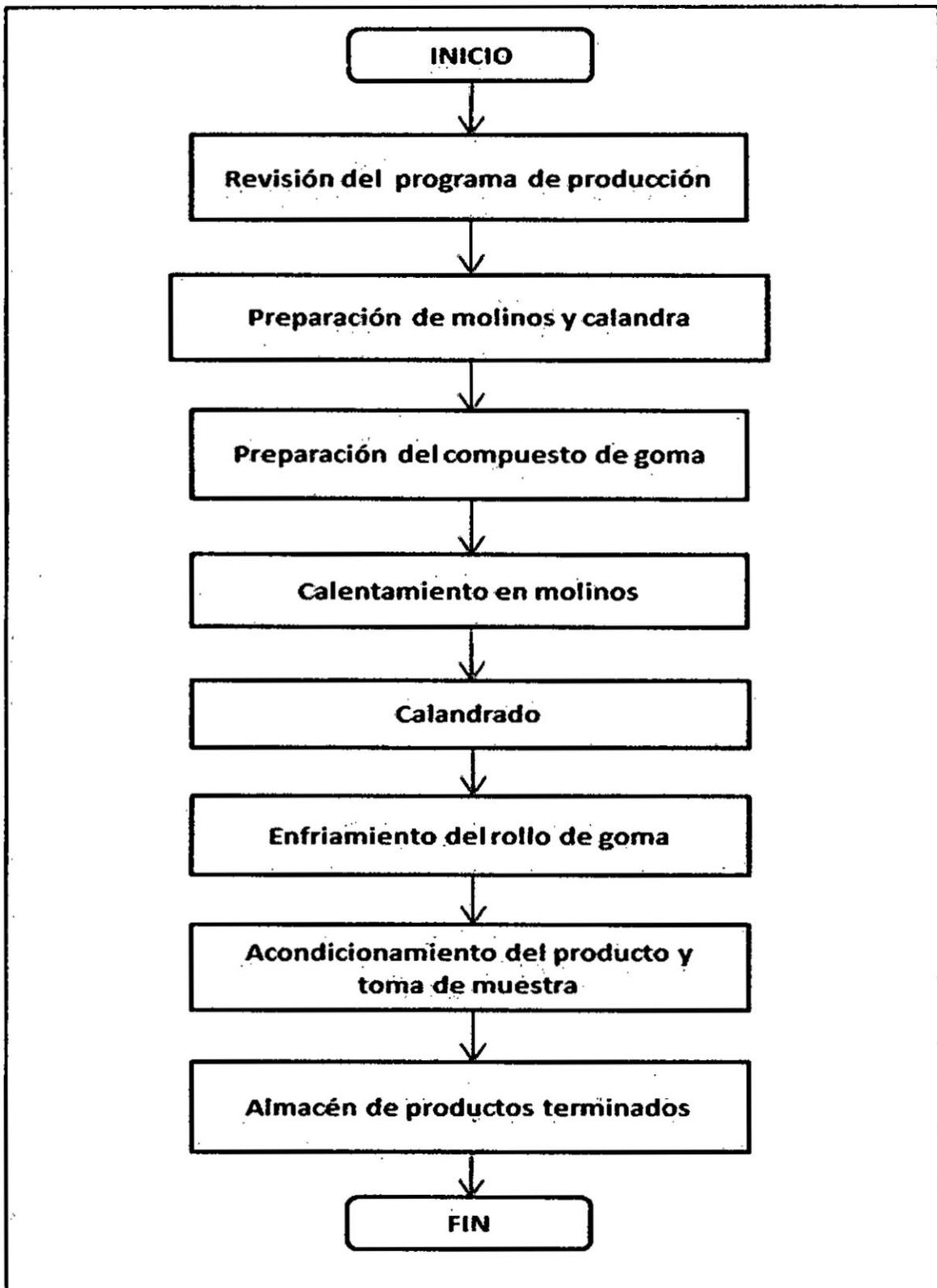
DIAGRAMA DE PROCESOS - MEZCLADO DE MATERIA PRIMA



Fuente : Elaboración Propia

FIGURA N° 28

DIAGRAMA DE PROCESOS – CALANDRADO DE COMPUESTOS (GOMA – COJÍN)



Fuente : Elaboración Propia

6.5 EXTRUSIÓN

El proceso de extrusión de compuestos para banda pre curada, se realiza en extrusoras de alimentación fría marca GUIX, con sistema de calentamiento a través de Schiller y cuenta con pines, que ayudan a la homogenización del compuesto extruido.

La programación de extrusión dependerá del diseño de banda que se producirá. Al mes se producen 90 Tn de producto extruido al mes. En el **Anexo N° 4** se tiene algunos parámetros de extrusión.

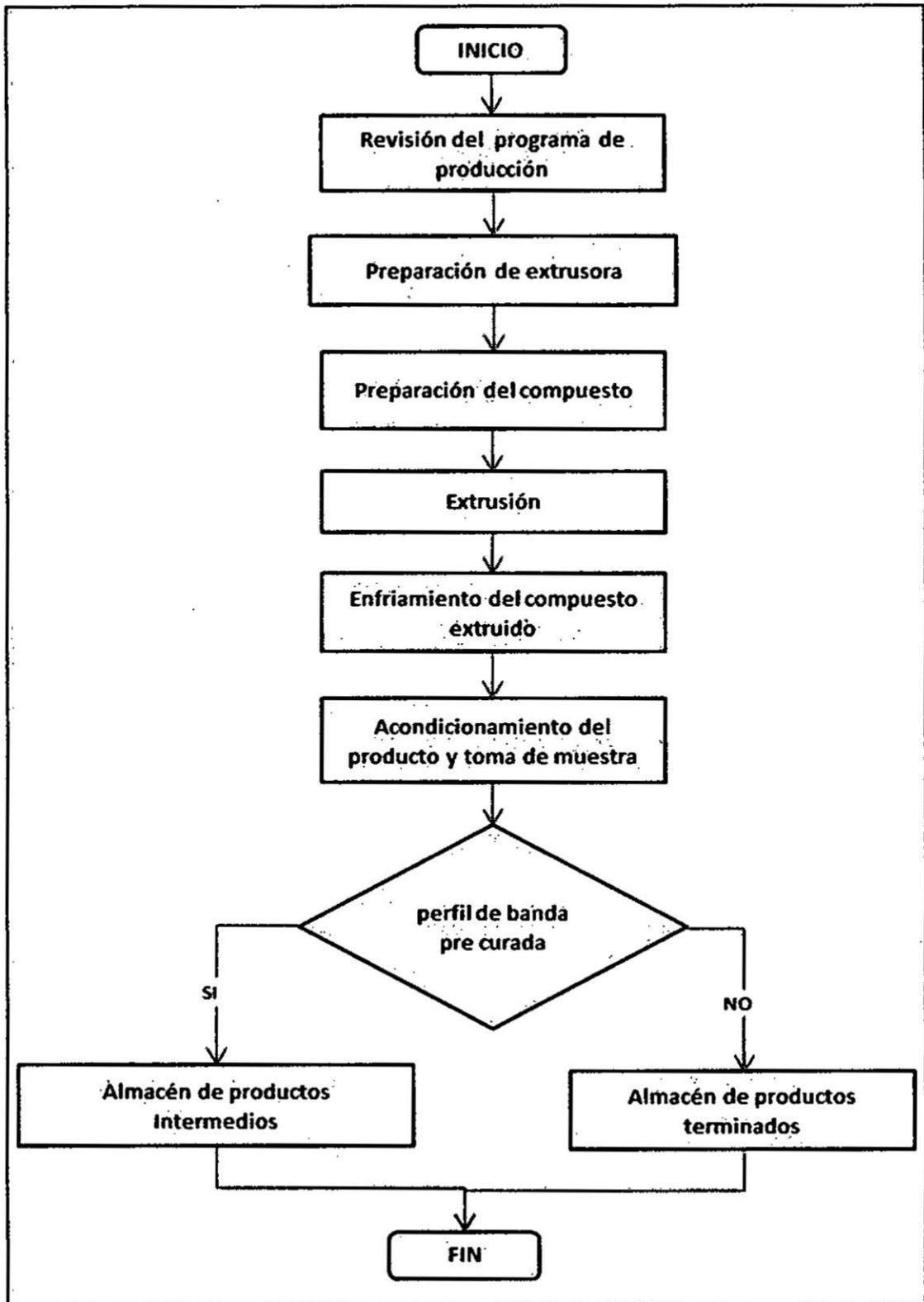
En la **Figura N° 29**, se observa el diagrama de proceso de extrusión.

6.6 VULCANIZACIÓN

El proceso de vulcanizado se realiza en prensas de la fábrica COPE, con capacidad de prensar 6 diseños por corrida. La producción de bandas es de 90 Tn al mes con más de quince diseños en distintas medidas. **Ver Anexo N° 5**

FIGURA N° 29

DIAGRAMA DE PROCESOS – EXTRUSIÓN DE TIRA DE RELLENO Y PERFIL DE BANDA PRE – CURADA

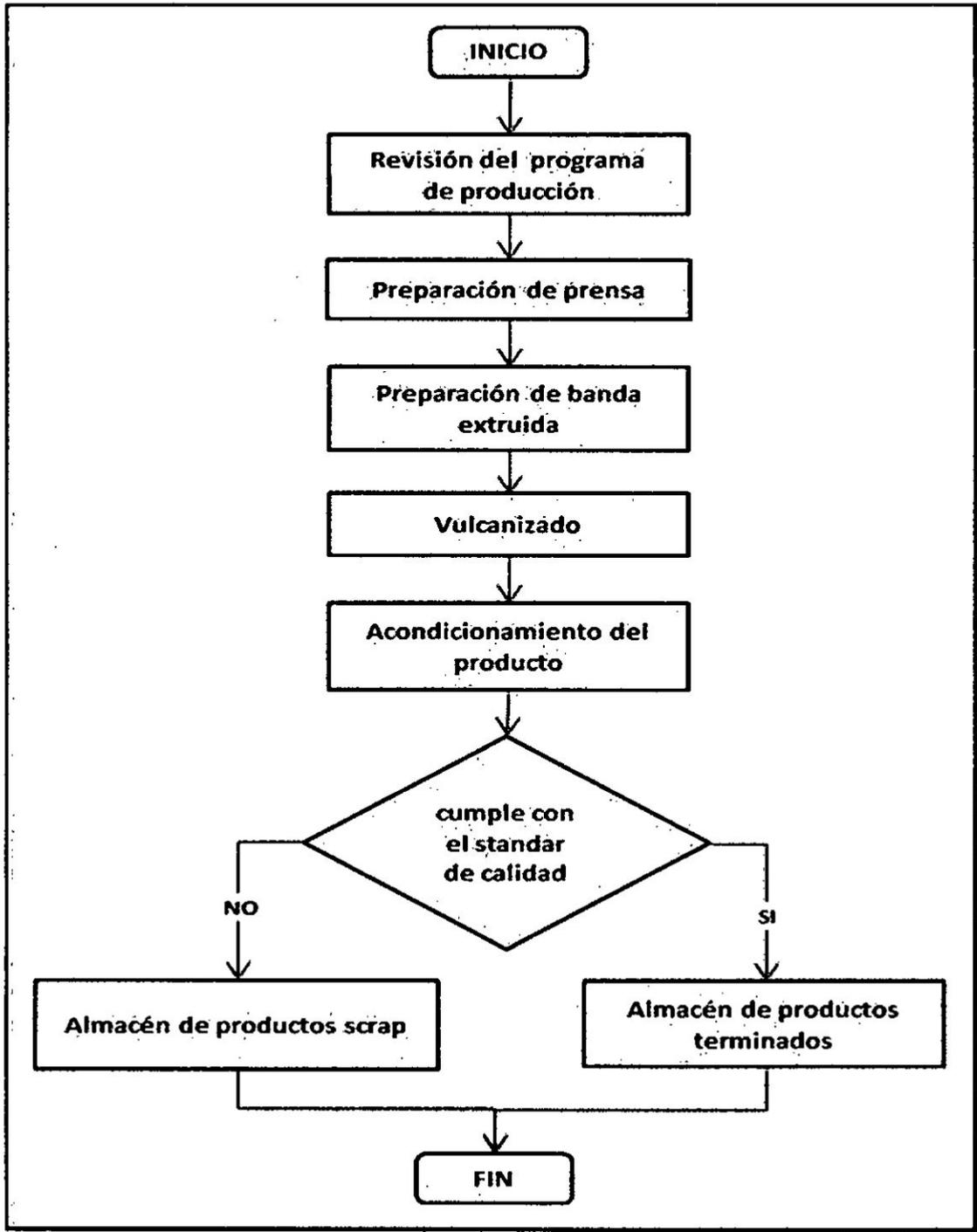


Fuente : Elaboración Propia

En la **Figura N° 30** se observa el diagrama de proceso de vulcanización de bandas precuradas.

FIGURA N° 30

DIAGRAMA DE PROCESOS – VULCANIZADO DE BANDA PRE – CURADA



Fuente : Elaboración Propia

6.7 PRODUCCIÓN DE CEMENTO

El cemento es un pegamento que resulta de la emulsión de compuesto de caucho con resinas en alta cantidad de solvente generalmente el solvente 1 o texina. La elaboración del cemento se realiza en dos batidoras de capacidades de 55 gal y 130 gal. Respectivamente. Las especificaciones de mezclado se dan en el **Anexo N° 6**. Se tiene una capacidad promedio de 5 700 gal/mes.

VII ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA EMPRESA

Las actividades realizadas en la empresa y que dio inicio la relación laboral fueron los controles de calidad del aceite de proceso y los compuestos producidos, formulación y mejora de compuestos.

7.1 CONTROLES DE CALIDAD

Para dar validez al aceite que se utilizara como plastificante en el proceso así como los compuestos mezclados, se realizan las siguientes pruebas :

7.1.1 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE ACEITES Y SOLVENTES

Análisis que se realiza a todos los líquidos que entran al proceso (siliconas, aceites, alcoholes)

Este análisis está basado en la norma ASTM D891-95 "Métodos de prueba estándar para la gravedad específica, aparente, de líquidos químicos industriales".

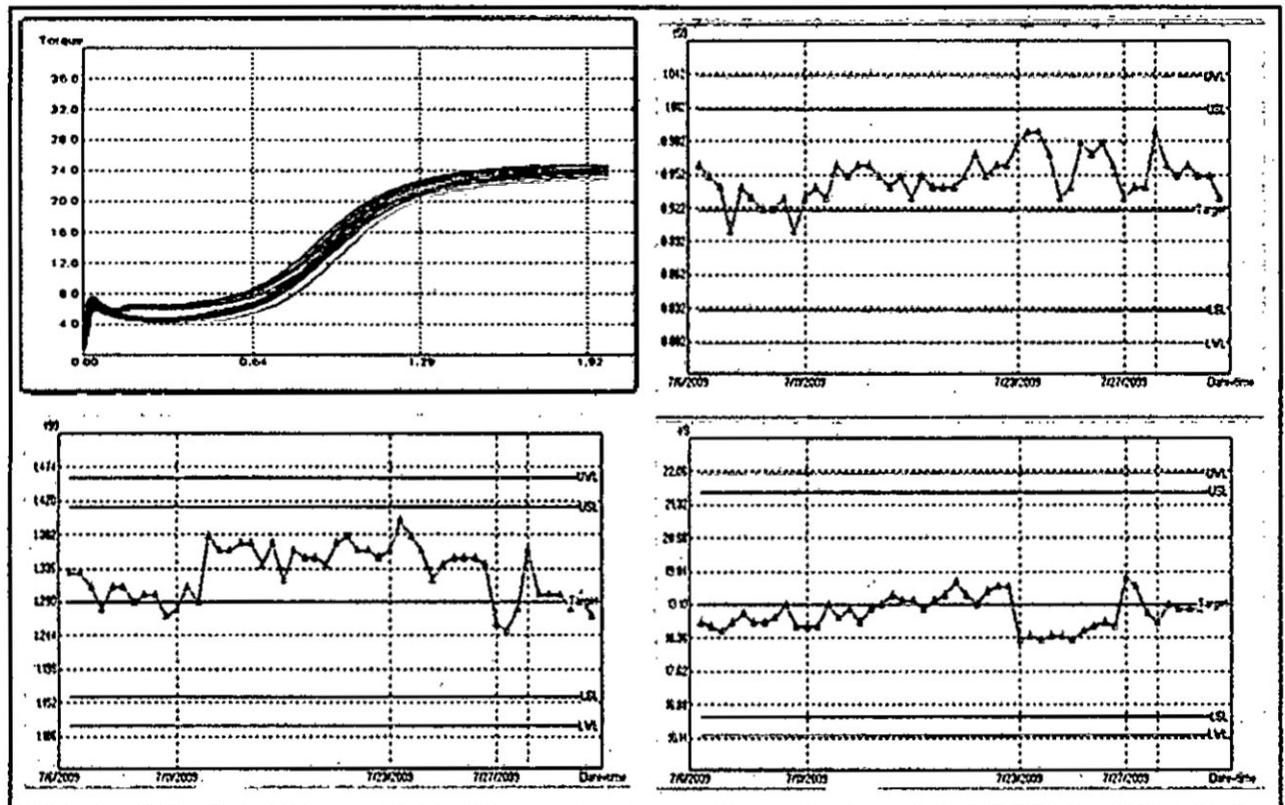
Se usa el método del densímetro, se requiere de una probeta de 100ml, un termómetro escala 0°C a 100°C, un mechero, hielo y un densímetro del rango de especificación para cada muestra.

Se calienta o enfría la solución hasta el rango de temperatura que indica el análisis, se vierte la solución en la probeta y se introduce lentamente el densímetro

El durómetro Shore A, es un instrumento consta de una punta en la parte inferior y un indicador en la parte superior con valores de 0 a 100 unidades shore. En algunos casos cuenta con un porta durómetros con base metálica y una pesa de 1 Kg \pm 0,01 Kg

FIGURA N° 33

CONTROL REOMÉTRICO DE COMPUESTOS FINALES – MUESTRAS DE BANBURY : t50; t90; eS (MH – ML) Y CURVAS REOMÉTRICAS

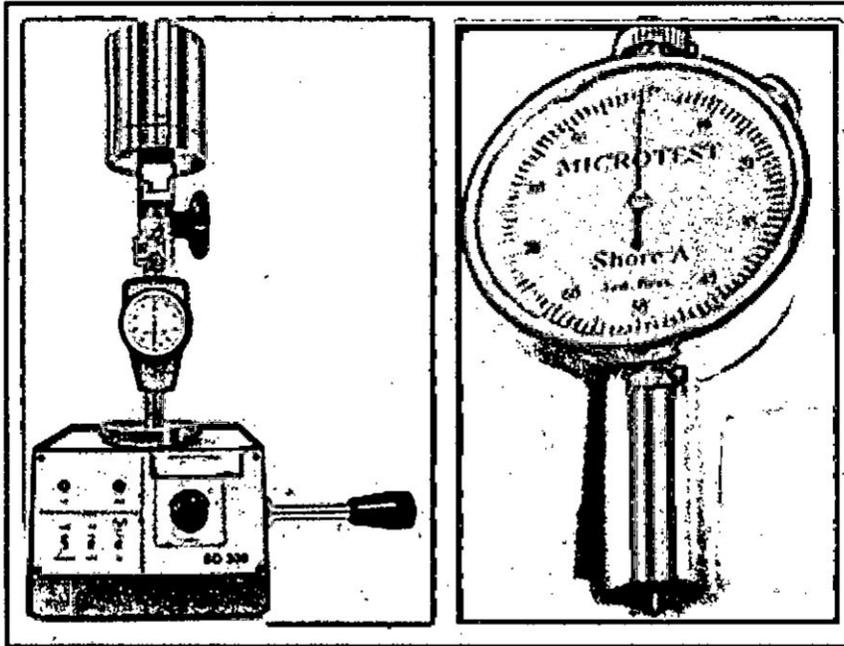


Fuente : Elaboración propia

La muestra vulcanizada con los parámetros de la Tabla N° 17, es colocada en una base plana, seguidamente se pone la aguja del durómetro encima de la muestra y se presiona hasta estabilizar, en ese instante se toma lectura de la dureza. Se repite entre 3 y 5 lecturas de dureza y se saca un promedio que será el resultado a reportar. En la Figura N°34 se observan algunos durómetros Shore A.

FIGURA N° 34

DURÓMETROS SHORE A



Fuente : Importécnica

7.1.4 DETERMINACIÓN DEL MÓDULO, ELONGACIÓN DE ROTURA, TENSIÓN DE ROTURA Y DESGARRO DE LOA COMPUESTOS VULCANIZADOS

Este análisis está basado en la norma ASTM D 412-C "Métodos de prueba estándar para el caucho vulcanizado, cauchos termoplásticos y elastómeros termoplásticos".

El módulo de un compuesto es la tensión necesaria para estirar las probetas hasta un valor predeterminado generalmente 100% y 300% de su longitud original expresada en mega pascal (MPa) o mega newton por metro cuadrado (MN/m²) con una equivalencia igual a 1 MPa = 10,19 Kg-f/cm². Esta propiedad mide la rigidez o

flexibilidad (alto o bajo módulo) del compuesto y depende de los ingredientes de formulación y aumentará a medida que aumente la densidad de entrecruzamiento en el elastómero.

La elongación de rotura es la máxima extensión que alcanza el compuesto antes de romperse y es expresado en porcentaje.

La tensión de rotura es la máxima tensión aplicada a la probeta al momento de la rotura expresada en MPa. Tanto la elongación y la tensión de rotura depende del tipo de elastómero y del tipo de carga utilizado en la formulación del compuesto.

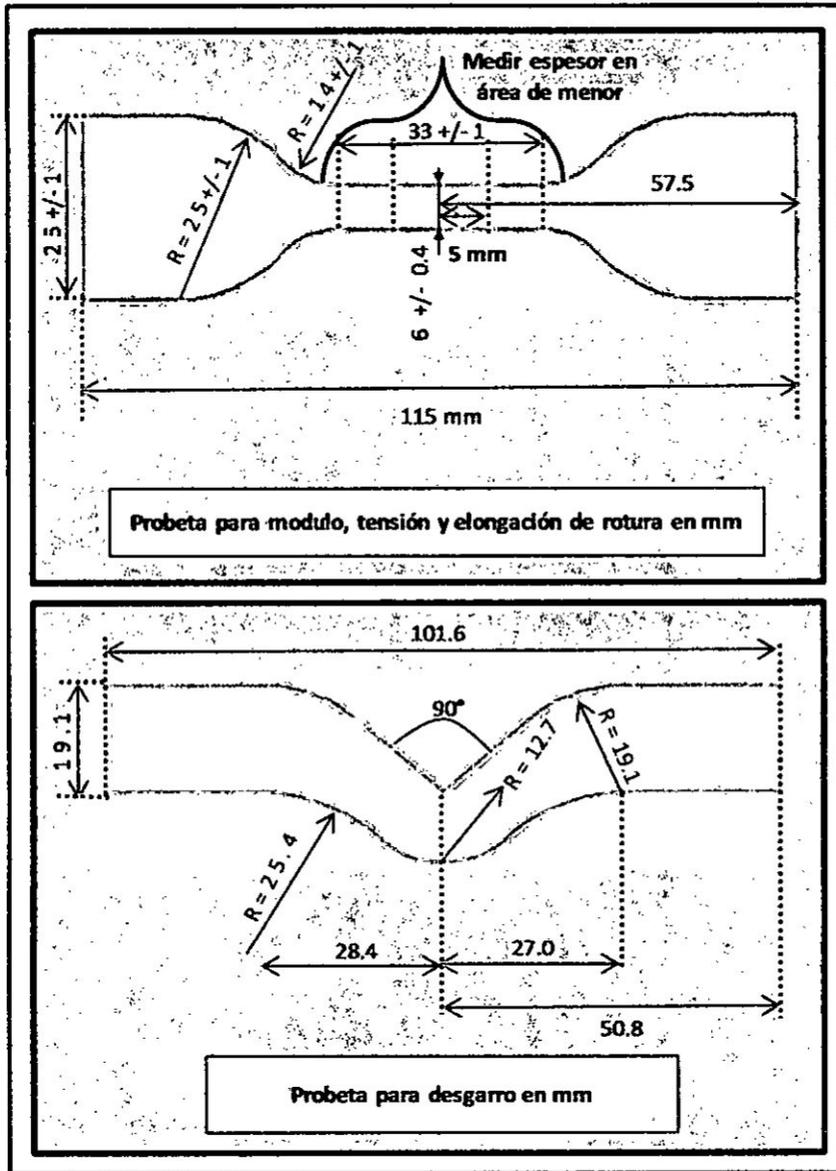
La resistencia al desgarro es una propiedad particular de rotura expresado en Kg-f/cm, que es causado por una concentración de tensiones en el material. Esta propiedad depende del grado de dispersión obtenido en las mezclas. Como regla general para una mayor resistencia al desgarro se debe conseguir la máxima resistencia a la tracción y el mínimo modulo posible en el compuesto. En la **Figura N° 35** se observa la forma de las probetas para los análisis.

Para el desarrollo de este análisis se necesita un dinamómetro con una velocidad constante de separación de las mordazas, comprendida entre 450 y 550 mm/min, sacabocados para probetas de tipo C, prensa manual con presión de corte hasta 5 Tn, regla de 20 cm, lapicero tinta plateada, vernier para medición de espesor en mm, probetas vulcanizadas. Se prepara la probeta la cual debe estar a 20 +/- 2°C. Se mide el espesor de la probeta, se trazan medidas centrales de 0,5 cm cual da un

total de 1 cm, estas medidas se aprecian en la **Figura N° 35** y nos servirá para ver cuánto ha estirado el compuesto.

FIGURA N° 35

PROBETAS PARA MEDICIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS



Fuente : Norma técnica mexicana NMX-T-023-SCFI-2003

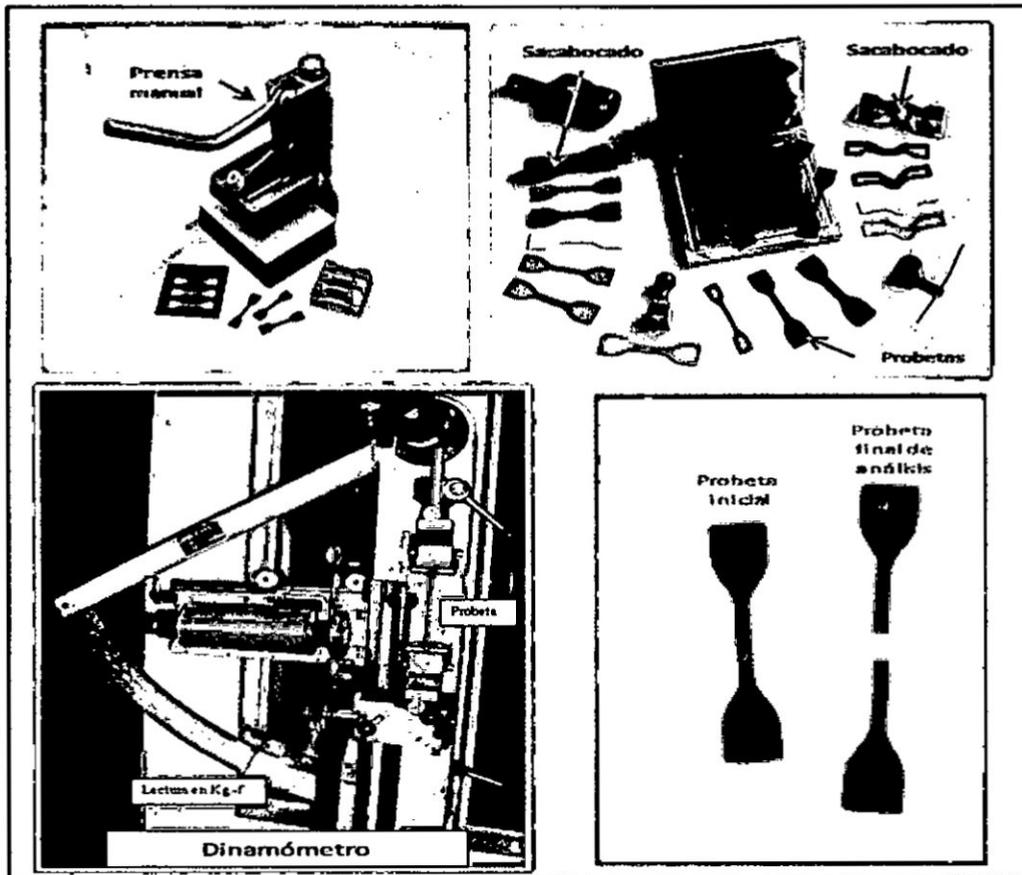
Se procede a colocar la probeta en el dinamómetro preparado para el análisis. Se enciende el equipo y se somete a estiramiento. Se mide los kg de fuerza necesarios para alcanzar el estiramiento a 100% y 300%. Se sigue estirando la probeta hasta la

ruptura. Se mide el estiramiento final y éste se reporta como elongación a la ruptura en porcentaje. Se mide los Kg de fuerza final y este se reporta como la tensión a la ruptura en Kg-f/cm^2 de sección transversal de la probeta.

Para la medición del desgarro, se procede a medir el espesor de la probeta en el punto de ángulo 90° . Se procede a colocar la probeta en el dinamómetro preparado para el análisis. Se enciende el equipo y se somete a estiramiento. Se mide los kg de fuerza final y este se reporta como la tensión al desgarro en Kg-f/cm de sección transversal de la probeta.

FIGURA N° 36

PREPARACIÓN DE PROBETAS Y PRUEBA EN EL DINAMÓMETRO



Fuente : Elaboración propia

En la Tabla N°13 se puede apreciar el cálculo de las propiedades.

TABLA N° 13

CÁLCULO DEL MÓDULO, TENSION Y ELONGACIÓN DE ROTURA Y DESGARRO

Compuesto	Descripción	Fecha Test	Desgarro		Módulo 100%		Módulo 300% (Ancho=6 mm)		Elongación	Tensión de rotura (Ancho=6 mm)		Espesor (mm)
			kg-f	kg-f/cm	kg-f	kg-f/cm ²	kg-f	kg-f/cm ²	%	kg-f	kg-f/cm ²	
1	Producción mes	16/09/2009	9.1	52.0								1.8
			9.1	50.6								1.8
			12.2	64.2								1.9
			12.0	63.2								1.9
1	Producción mes	16/09/2009	10.6	57.5								1.8
1	Producción mes	16/09/2009			2.5	21.4	9.5	81.2	540	20.0	170.9	2.0
					2.0	17.1	9.4	80.3	530	20.0	170.9	2.0
					2.0	20.8	8.4	87.5	520	17.2	179.2	1.6
					2.0	20.8	9.0	93.8	520	18.0	187.5	1.6
					2.4	22.9	9.8	93.3	540	20.4	194.3	1.8
1	Producción mes	16/09/2009			2.2	20.6	9.2	87.2	530.0	19.1	180.6	1.8

Fuente : Elaboración propia

7.1.5 DETERMINACIÓN DE LA ADHESIÓN VULCANIZADA

Prueba que se realiza a los compuestos de caucho y que determina cuantitativamente la adhesión o fuerza necesaria que se requiere para separar dos capas, una capa de compuesto patrón y la otra de muestra a analizar.

Este análisis está basado en la norma ASTM D 4393-10" "Métodos de prueba estándar para la correa de adhesión de pelado de cables de refuerzo o telas para

compuestos de goma, adhesión, cable de acero, tela de acero, cuerdas de neumáticos”.

Para este análisis se necesita nylon engomado, goma patrón, tijeras, lapicero de tinta plateada, regla, rodillo, tela poliéster, dinamómetro con una velocidad constante de separación de las mordazas, comprendida entre 450 y 550 mm/min, guillotina, prensa neumática.

Se prepara la muestra cortando la goma patrón, goma de prueba y dos muestras de nylon engomado a las medidas de 11 cm de largo por 9 cm de ancho. Tener en cuenta que el nylon engomado se corta el largo en sentido de la cuerda.

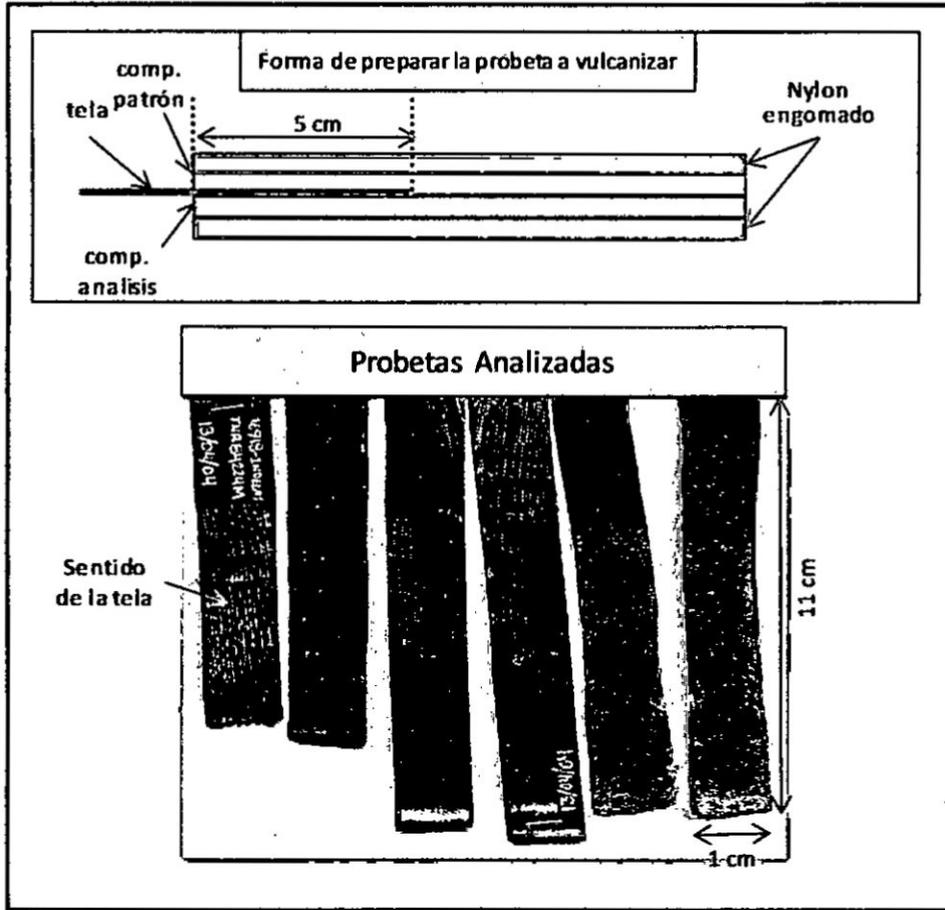
Se mide 5 cm en la muestra patrón y se le coloca la tela poliéster. Seguidamente se coloca la muestra a analizar encima de la goma patrón y tela haciendo un sándwich. Luego se coloca el nylon engomado sobre el sándwich en ambos lados y se prensa la muestra.

La muestra vulcanizada es medida y cortada en la guillotina con lo cual se sacan 9 muestras de 11 cm de largo y 1 cm de ancho por cada muestra **Ver Figura N° 37**

Se retira la tela poliéster y se procede a colocar la probeta en el dinamómetro preparado para el análisis. Se enciende el equipo y se somete a estiramiento. Se anota el valor máximo de adhesión en Kg-f

FIGURA N° 37

PROBETAS DE ADHESIÓN



Fuente : Elaboración Propia

7.2 APORTES REALIZADOS EN BENEFICIO DE LA EMPRESA

Buro Outsourcing S.A.C dentro de las funciones encomendadas por la empresa Industrial El sol S.A.C., solo realizaba controles que se mencionan en el capítulo 7.1 del presente informe al compuesto final o pesada final que se mezcla en Banbury. Si bien el control reométrico nos da como resultado el nivel de mezcla que tienen los compuestos, no se tenía un estudio de las fallas o defectos comunes que se tenía en los productos terminados.

Se realizó la codificación de los defectos de los productos terminados, seguidamente se analizó estos defectos y se tomaron acciones de control que redujeron el nivel de productos no conformes con las especificaciones de planta, y que se detalla a continuación.

7.2.1 CODIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS DE PRODUCTOS

Para poder tener controlados los productos elaborados en planta, se crearon fichas técnicas de productos terminados (**Ver Anexo N° 7**) tomando como base la norma técnica mexicana, NMX-T-161-SCFI-2010 "industria hulera - compuestos - productos para el proceso de renovado (recauchutado) de llantas - especificaciones".

Se comenzó a tomar fotos de fallas comunes se describió el defecto y se procedió a codificar las fallas. En la **Tabla N° 14** se puede observar los defectos comunes y sus respectivas codificaciones.

Estos defectos se empezaron a registrar y contabilizar en registros como el que se menciona en el **Anexo N° 8**, para bandas pre-curadas y se utilizó como base para la creación de nuevos controles y la reducción de defectos de los productos terminados.

7.2.2 MUESTREO DE MATERIA PRIMA

Para realizar el muestreo de materia prima se tomará en cuenta el tipo de materia prima, teniendo énfasis en los criterios que nos permita tomar muestras significativas por lote del producto a analizar.

TABLA N°14

CÓDIGO DE DEFECTOS EN PRODUCTOS TERMINADOS

producto	Código	Descripción del defecto
Banda de rodado pre-curado	B01	Base de banda lisa por deformidad en tela o tela mal centrada
	B02	Base de banda contaminada
	B03	Base de banda con rebaba
	B04	Base de banda con deformaciones (costras, tela incrustada, etc)
	B05	Diseño de banda con deformaciones
	B06	Banda con porosidad
	B07	Contaminación de banda por material extraño
	B08	Desintegración de tela en base de banda y tela muy impregnada
	B09	Fallas en el empalme
	B10	Error de identificación (etiquetado)
Compuesto de rodado crudo	T01	Contaminación de compuesto material extraño (metal, madera, piedra, tela, etc)
	T02	Compuesto prevulcanizado (puede haber presencia de grumos, pepas)
	T03	Tiras de compuesto demasiado ancho o sin corte
	T04	Error en la etiqueta de identificación (datos faltantes, lote incorrecto, error en el peso, etc)
	T05	Problemas de viscosidad
	T06	Material con poco antiadherente, pegado entre capas
	T07	Equívocación de compuesto
Compuesto de relleno	R01	Relleno prevulcanizado
	R02	Relleno con exceso de antiadherente
	R03	Relleno contaminado con material extraño (metal, madera, piedra, tela, etc)
	R04	Error en la etiqueta de identificación (color, fecha de vencimiento, nombre, etc)
	R05	Material con poco antiadherente, pegado entre capas
	R06	Tiras de compuesto demasiado gruesas (mas de 1 cm de diámetro)
	R07	Problemas de viscosidad
	R08	Equívocación de compuesto
Rollo de goma cojín	G01	Compuesto de goma prevulcanizado
	G02	Goma contaminada con material extraño (metal, madera, piedra, tela, antiadherente, etc)
	G03	Goma con deformaciones (incluye mal embobinado, plástico mal empalmado).
	G04	Goma con error en la etiqueta de identificación
	G05	Ancho y espesor de rollo fuera de lo especificado: tolerancia de goma: ancho +/- 1/8" y espesor +/- 0.05 mm
	G06	Pobre adhesión en verde
	G07	Equívocación de compuesto
Cemento	C01	Cemento diluido
	C02	Cemento contaminado (grumos, partículas extrañas)
	C03	Cemento contaminado-opaco (agua, aceite)

Fuente : Elaboración propia

Generalmente se usa la **Tabla N° 15** para tomar las muestras determinadas según la cantidad de parihuelas.

TABLA N° 15

TAMAÑO DE MUESTRA SEGÚN CANTIDAD DE PARIHUELAS Y/O UNIDADES

N° de parihuelas	Tamaño de muestra
1 - 10	1
11 - 30	3
31 - 50	5
51 - 80	6
81 - 100	7
101 - 120	8
Mas de 120	13

Fuente : Norma técnica Mexicana NMX-T-010-SCFI-2003

La mayoría de los cauchos vienen en parihuelas. Cada parihuela tiene 20 fardos de caucho de aproximadamente 30 Kg cada fardo. Se seleccionan las parihuelas según la **Tabla N°15** y a su vez, de la parihuela seleccionada se retira un fardo y de este fardo se saca una muestra significativa: (500 g aproximadamente) para su análisis en laboratorio.

El negro de humo y las sílices vienen en dos presentaciones: en sacos de 1 000 Kg o en parihuelas de 40 sacos de 25 Kg cada saco. El procedimiento de muestreo es similar al del caucho.

A los aditivos menores (por el uso en pequeñas proporciones en proceso) también se usa la **Tabla N°15** para proceder al muestreo.

Para los líquidos se toma muestra de 2 Lt. aproximadamente separadas en diferentes niveles del depósito, de manera general en los fondos y en los topes de los tanques, y si vienen en cisternas cada compartimiento deberá tener su muestra respectiva.

Depende de la materia prima las propiedades físicas y químicas a ensayar y evaluar. Se puede tomar la **Tabla N°16** como referencia para los análisis a realizar.

TABLA N° 16

RESUMEN DE PROPIEDADES FÍSICAS POR MATERIA PRIMA EN BASE A LAS NORMAS TÉCNICAS MEXICANAS

Materia Prima	Típicos parámetros a ensayar
Cauchos	Viscosidad
Negros de Humo	Índice de DBP
Cargas claras	Humedad, Ph
Ácido esteárico	Índice de acidez, punto de fusión
Ceras	Punto de fusión
Resinas termoplásticas	Punto de ablandamiento
Aceites plastificantes	Densidad, Viscosidad Saybolt
Antidegradantes	Punto de Fusión
Acelerantes	Solubilidad, Punto de fusión
Azufre	Fineza Malla 200
Ayudas de proceso	Cenizas

Fuente : Elaboración propia

7.2.3 MUESTREO Y PREPARACIÓN DEL PRODUCTO A ANALIZAR

El proceso de muestreo se determinará de acuerdo al tipo de compuesto que se desea analizar y se puede basar en lo siguiente :

- a) Para análisis de compuestos maestros y finales se saca una muestra de 30 cm de largo por 10 de ancho por cada pesada de producto (una pesada igual a un lote), se identifica con crayón el número de carga o bath al que pertenece, se le elabora la tarjeta de identificación y se envía a laboratorio para su respectivo análisis.

- b) Para análisis de cemento se retira en botellas de plástico aproximadamente 250 mL de producto por cada lote preparado y se envía a laboratorio, indicando la fecha de producción y la batidora al cual pertenece.

- c) Para análisis de las propiedades físicas y de adhesión de los compuestos productivos, la muestra patrón de cada programación es guardada (cada veinte cargas se guarda una muestra por corrida). Las muestras son llevadas al molino de laboratorio para homogenizar, luego se preparan muestras de 27 g para reometría a temperatura de 191°C y 138°C, 27 g para viscosidad mooney, 5 g aprox. Para gravedad específica.

Adicionalmente se preparan muestras para análisis de dureza, módulo elongación y tensión de rotura, desgarró. Se debe seguir la **Tabla N° 17** para la preparación de las muestras.

En el caso de rollos de goma cojín, se saca una muestra de 40 cm de largo por cada lote elaborado y se envía al laboratorio.

TABLA N° 17

VULCANIZADO DE MUESTRAS PARA ANALISIS DE PROPIEDADES

Análisis	Tipo de molde a utilizar	Cantidad de probetas por compuesto	Parámetros de vulcanizado		
			Tiempo (min)	Presión (Bar)	Temperatura (°C)
Dureza Shore A	circular. Dimensiones: 5 cm de diametro y 6 mm de espesor	2	30	80	160
Modulo, Tensión, Elongación de rotura, desgarró	Rectangular. dimensiones: 15 cm x 9 cm x 2 mm.	3	9	80	160
Abrasión	circular. Dimensiones: 5 cm de diametro y 1 cm de espesor	2	45	80	160
Adhesión	no aplica	1	17	40 - 60	160
Histieresis	Rectangular. dimensiones: 15 cm x 9 cm x 2 mm.	2	9	80	160

Fuente : Elaboración propia

7.2.4 DETERMINACIÓN DE LA VISCOCIDAD DEL CAUCHO, COMPUESTOS MAESTROS Y FINALES

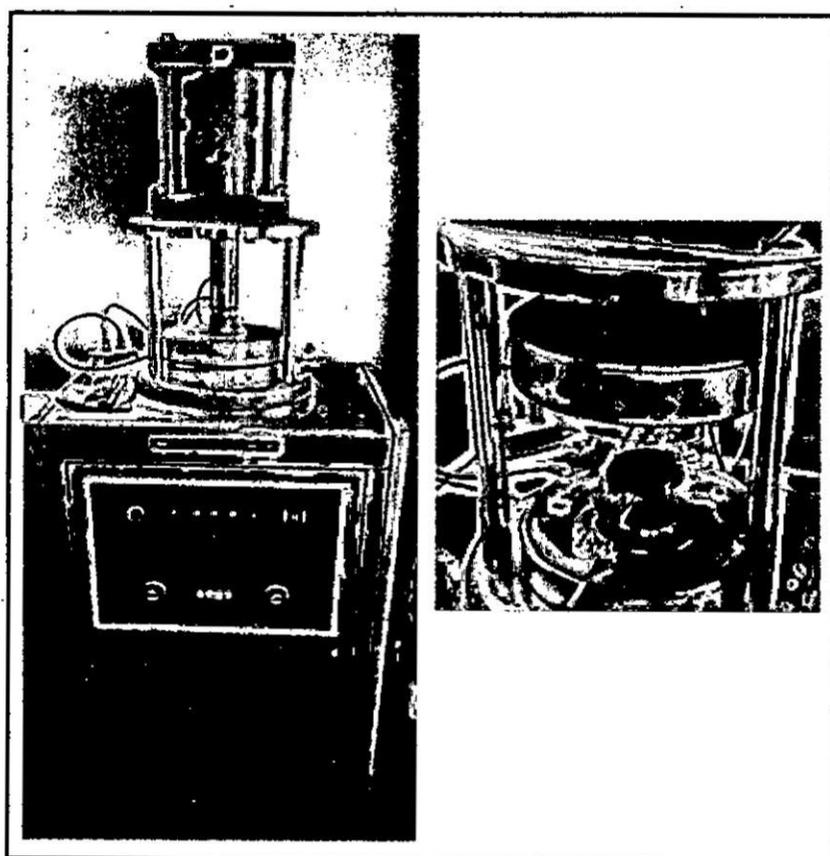
Se gestionó la compra de un viscosímetro mooney para controlar la viscosidad que en valores extremos o fuera de los límites especificados generan problemas en la calidad del producto.

Basado en la norma ASTM D1646 – 1992 "Método de prueba estándar para la goma .viscosidad y características de vulcanización viscosímetro Mooney".

Análisis que se realiza en un viscosímetro Mooney que consta de dos platos (superior e inferior) que se cierran al iniciar el análisis, un rotor similar a un clavo que se introduce en el centro del plato inferior que empieza a girar después de un minuto de calentamiento. **Figura N° 38**

FIGURA N° 38

VISCOSÍMETRO MOONEY



Fuente : Elaboración propia

Antiguamente se registraban los resultados en una carta reométrica, actualmente se cuenta con software. El principio de este análisis es medir la resistencia al torque que tienen los cauchos a una determinada temperatura y tiempo. Adicional a este equipo se necesita papel celofán, para evitar que se ensucien los rotores y retenes, un desarmador plano, guantes, molino de laboratorio.

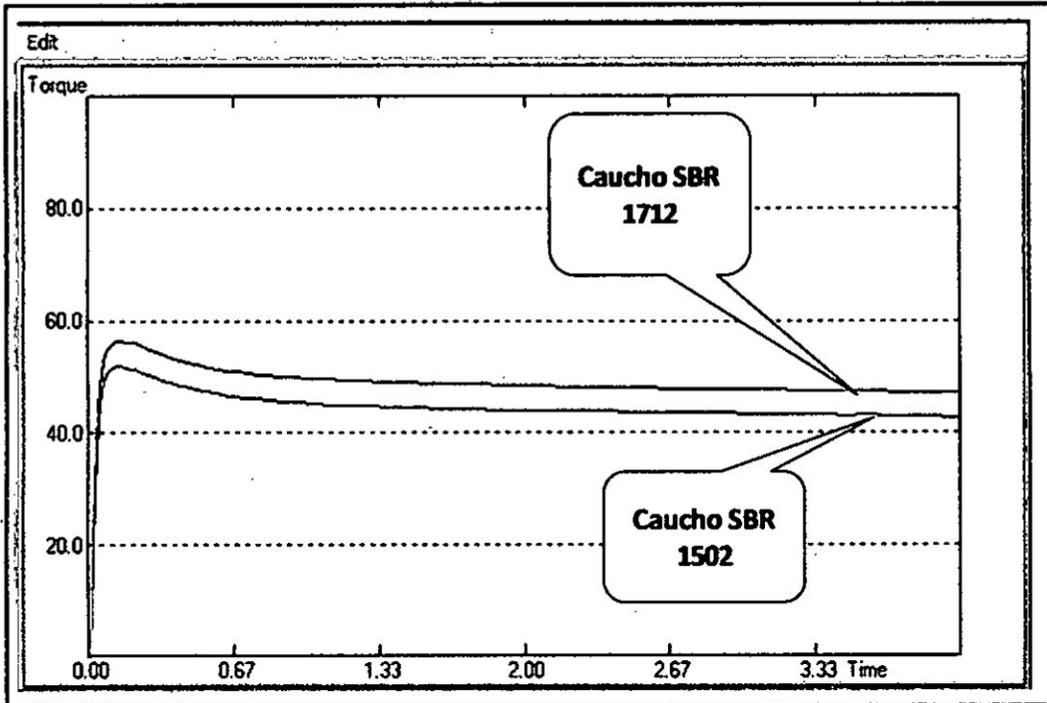
Con esta prueba se puede controlar los compuestos y así reducimos los problemas que se presentan en la extrusión y vulcanización de compuestos de caucho porque se controlan las viscosidades manteniéndolos en parámetros adecuados según especificación de compuestos.

Se calienta los platos del viscosímetro previa limpieza y cambio de retenes e introducción del rotor a la temperatura especificada y según el tipo de muestra a analizar.

Se corta la muestra en cuadrados (4*4cm y de espesor de 0,5 cm) pesa $27 \text{ g} \pm 3$ en total y dividido en dos partes, una de las muestras deberá contener un agujero en el centro. Si el caucho es un poliestireno se lamina la muestra pasándolo por el molino cerrado al máximo por doce veces, y se deja enfriar durante 30 minutos para luego pesarlo. La muestra con el agujero es introduce en el rotor y la otra parte por la cabeza del mismo, a su vez se coloca el papel celofán. Esto se pone en el plato inferior y se cierran los platos para iniciar el análisis, luego de cuatro minutos de iniciado el análisis se obtendrá el resultado de viscosidad. En las **Figuras N° 39 y N° 40**, se podrá apreciar las curvas de viscosidad del caucho SBR y la gráfica estadística del caucho natural respectivamente. En el **Anexo N° 9** se observa un comparativo de viscosidad de diversos cauchos.

FIGURA N° 39

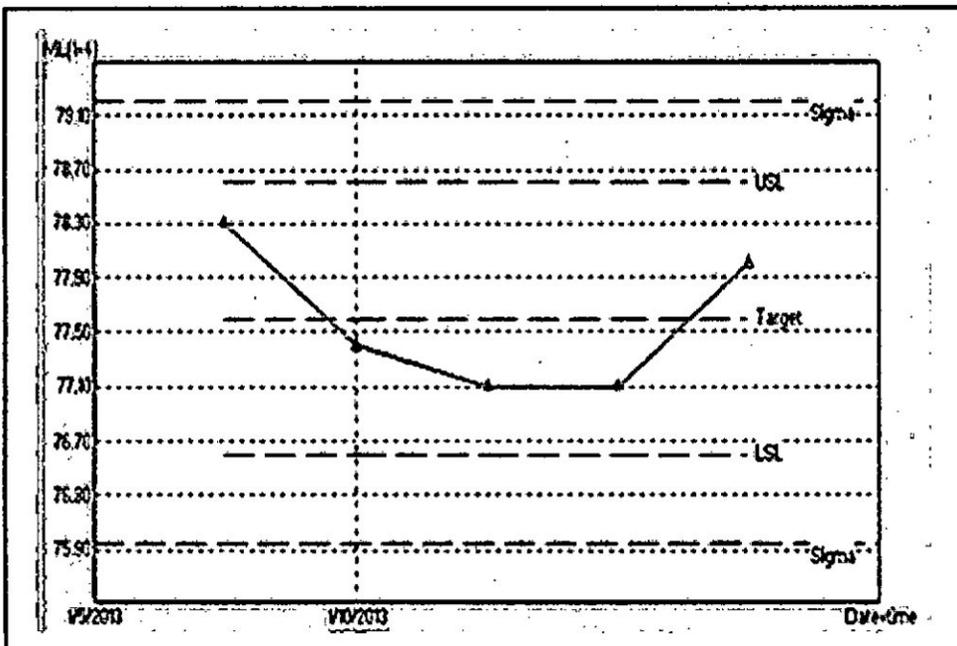
CURVAS DE VISCOSIDAD MOONEY ML 1' + 4' @ 100°C



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 40

ESTADÍSTICA DE VISCOSIDAD MOONEY ML 1' + 4' @ 100°C - CAUCHO NATURAL



Fuente : Elaboración propia

7.2.5 DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS COMPUESTOS

Análisis que se realiza a los compuestos maestros como prueba de rutina y a los compuestos productivos, cuando se encuentre un producto defectuoso y en los análisis mensuales de propiedades físicas y reométricas de los compuestos productivos.

La gravedad específica es la relación entre la masa de un volumen cualquiera de un material y la masa de un volumen igual de otro material que se toma como un estándar. Para la mayoría de los materiales sólidos o líquidos el estándar es el agua, cuya masa específica se toma como uno.

Este análisis está basado en la norma ASTM D 792-66 "prueba métodos para la gravedad específica y densidad de plásticos por desplazamiento".

Para apreciar la importancia de este análisis es necesario revisar la **Tabla N°18**

Al aumentar el peso de uno de los insumos varía la densidad del compuesto mezclado, este cambio nos producirá problemas en la aceleración, el extruido y el vulcanizado del compuesto, aumentando el índice de reproceso en planta.

Para esta prueba se necesita una balanza analítica con precisión de 0,0001 g, vaso de precipitado, alambre delgado de 0,1 mm, una parrilla (servirá para sostener el vaso sobre el platillo de la balanza), agua destilada, pedazo de plomo de 8 a 10 g, una brocha.

TABLA N° 18

VARIACIÓN DE LA δ DE LA MEZCLA DE CAUCHO POR AUMENTO Y/O DISMINUCIÓN DE PESOS DE LOS INSUMOS

INSUMOS	δ (Kg/Lt)	Formula patrón				Formula con variación de peso			
		phr	%	(pHR/ δ)i (L/Kg)	W (Kg)	W (Kg)	phr	%	(pHR/ δ)i (L/Kg)
Caucho Natural (NR)	0.92	30.00	18.24	32.61	10.95	10.95	30.00	17.65	32.61
SBR 1502	0.93	40.00	24.32	43.01	14.59	14.59	40.00	23.54	43.01
BR	0.94	30.00	18.24	31.91	10.95	10.95	30.00	17.65	31.91
NEGRO DE HUMO 234	1.80	45.00	27.36	25.00	16.42				
ACEITE AROMATICO	0.98	6.00	3.65	6.12	2.19	2.19	6.00	3.53	6.12
OXIDO DE ZINC	5.57	4.00	2.43	0.72	1.46	1.46	4.00	2.35	0.72
ACIDO ESTEARICO	0.85	2.00	1.22	2.35	0.73	0.73	2.00	1.18	2.35
RESINA COLOFONIA	1.08	2.00	1.22	1.85	0.73	0.73	2.00	1.18	1.85
PARAFINA	0.90	1.00	0.61	1.11	0.36	0.36	1.00	0.59	1.11
SANTOFLEX 6PPD	0.99	1.00	0.61	1.01	0.36	0.36	1.00	0.59	1.01
FLECTOL TMQ	1.04	0.50	0.30	0.48	0.18	0.18	0.50	0.29	0.48
SANTOCURE MBS	1.51	0.60	0.36	0.40	0.22	0.22	0.60	0.35	0.40
SANTOGARD PVI	1.30	0.15	0.09	0.12	0.05	0.05	0.15	0.09	0.12
AZUFRE CRYSTEX OT20 / IS-7020	1.95	2.20	1.34	1.13	0.80	0.80	2.20	1.29	1.13
Total		164.45	100.00	147.82	60.00	62.00	169.93	100.00	150.87
δ del compuesto (Kg/Lt)			1.1125				1.1264		

Fuente : Elaboración propia

Se prepara la muestra, revisando que no contenga porosidad, limpiarla con la ayuda de la brocha.

Para sólidos más pesados que el agua se coloca el alambre suspendido del gancho de la balanza analítica y pesar (A)

Colocar la muestra en el alambre suspendido y pesar (W1)

Colocar el sistema de parrilla y vaso de precipitado por encima del platillo de la balanza de tal manera que no tenga contacto con la balanza y llenar el vaso con agua destilada.

El sistema alambre y muestra suspendida en el gancho de la balanza es sumergida por completo en el agua destilada y de toma lectura del peso (W_2)

$$\text{Gravedad Específica} = \frac{W_1 - A}{W_1 - W_2}$$

Donde :

- A** : Masa del alambre seco en gramos
- W_1** : Masa de la muestra y el alambre en el aire en gramos
- W_2** : Masa de la muestra y el alambre en el agua en gramos

Para sólidos menos pesados que el agua se coloca el alambre y el pedazo de plomo tomando lectura de la masa (M_1). Se coloca la muestra en este sistema y se toma lectura de la siguiente masa (M_2). Colocar el sistema de parrilla y vaso de precipitado por encima del platillo de la balanza de tal manera que no tenga contacto con la balanza y llenar el vaso con agua destilada.

El sistema alambre, plomo y muestra suspendida en el gancho de la balanza es sumergida por completo en el agua destilada y de toma lectura del peso (M_3). Por último, se saca la muestra y el alambre con el plomo se introduce nuevamente en el agua tomando lectura de la masa (M_4). Se procede a calcular :

$$\text{Gravedad Específica} = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_2 - M_3) - (M_1 - M_4)}$$

Donde :

- M_1 : Masa del sistema alambre y plomo en el aire en gramos
- M_2 : Masa de la muestra y el sistema alambre plomo en el aire (g)
- M_3 : Masa de la muestra y el sistema alambre plomo en agua (g)
- M_4 : Masa del sistema alambre y plomo en el agua (g)

En la **Tabla N°19** observamos resultados de análisis de uno de los compuestos maestros que se trabaja en planta mediante el procedimiento para sólidos más pesados que el agua y en la **Figura N° 41** su respectiva gráfica.

TABLA N° 19

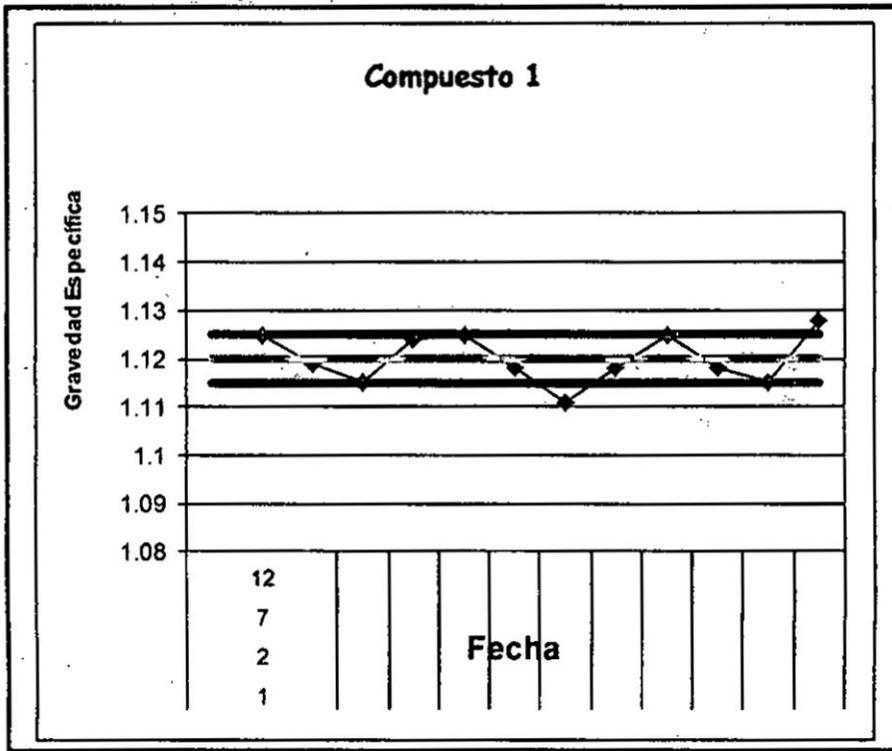
ANÁLISIS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA POR LOTE DE PRODUCCIÓN

Compuesto	Código	Gravedad Específica		
		Min.	Especif.	Max.
Compuesto 4	004	1.115	1.120	1.125
Fecha de Producción	Turno	Resultado		
1	A	1.125		
		1.119		
2	A	1.115		
		1.124		
7	A	1.125		
		1.118		
	D	1.111		
		1.118		
12	A	1.125		
		1.118		
	D	1.115		
		1.128		

Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 41

CURVA DE GRAVEDAD ESPECÍFICA POR FECHA DE PRODUCCIÓN



Fuente : Elaboración propia

7.2.6 CONTROL DE IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS MAESTROS (PESADAS MAESTRAS)

Para identificar los compuestos maestros y finales antiguamente en la empresa utilizaban crayones, indicando en la parte superior de la paleta de caucho el nombre del compuesto procesado y las cargas.

Esta variable de identificación de compuestos es crítica. Alrededor del 4% de los reprocesos por pesadas defectuosas se debían a la equivocación del compuesto maestro y que solo pueden ser detectadas con las pruebas reométricas y de densidad.

A raíz de este problema se recurre a la identificación de los compuestos por tarjetas tal como se aprecia en la **Figura N° 42** y que fue acompañado de un instructivo de llenado de tarjeta.

Con este control de identificación de compuestos se redujo el porcentaje de reprocesos a niveles similares al 0% por confusión de compuestos maestros.

FIGURA N° 42

TARJETA DE IDENTIFICACIÓN PESADAS MAESTRAS

NO PRODUCTIVO	COMPUESTO:
	MASTER <input type="checkbox"/> PEPTIZADO <input type="checkbox"/>
	Fecha de producción : ____ / ____ / 2010
	Turno: Día <input type="checkbox"/> Amanecida <input type="checkbox"/>
	Plataforma N° :
Cargas del al	
Esperando aprobación del laboratorio	

NO PRODUCTIVO	COMPUESTO:
	MASTER <input type="checkbox"/> PEPTIZADO <input type="checkbox"/>
	Fecha de producción : ____ / ____ / 2010
	Turno: Día <input type="checkbox"/> Amanecida <input type="checkbox"/>
	Plataforma N° :
Cargas del al	
Enviar al laboratorio con muestras	

Fuente : Elaboración propia

7.2.7 CONTROL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MENSUALES

Análisis estadístico de los compuestos que nos permite descubrir cambios en las propiedades físicas y reométricas debido a varios factores como son el clima, materia prima, cambios en el mezclador, entre otros.

Para este control, se guardan muestras aleatorias de los compuestos productivos durante todo el mes. Con estos compuestos se realizan pruebas físicas modulo, tensión, resistencia a la rotura, al desgarro, pruebas reométricas a 191°C y 138°C. Esta última temperatura para hallar el cure rate.

Los resultados obtenidos son registrados y analizados tal como se muestra en la Tabla N° 20 y en la Figura N° 43 cuyas conclusiones nos permitirá realizar cambios para mantener o mejorar la calidad de los productos que Buro Outsourcing S.A.C. elabora para Industrial El Sol S.A.C.

TABLA N° 20

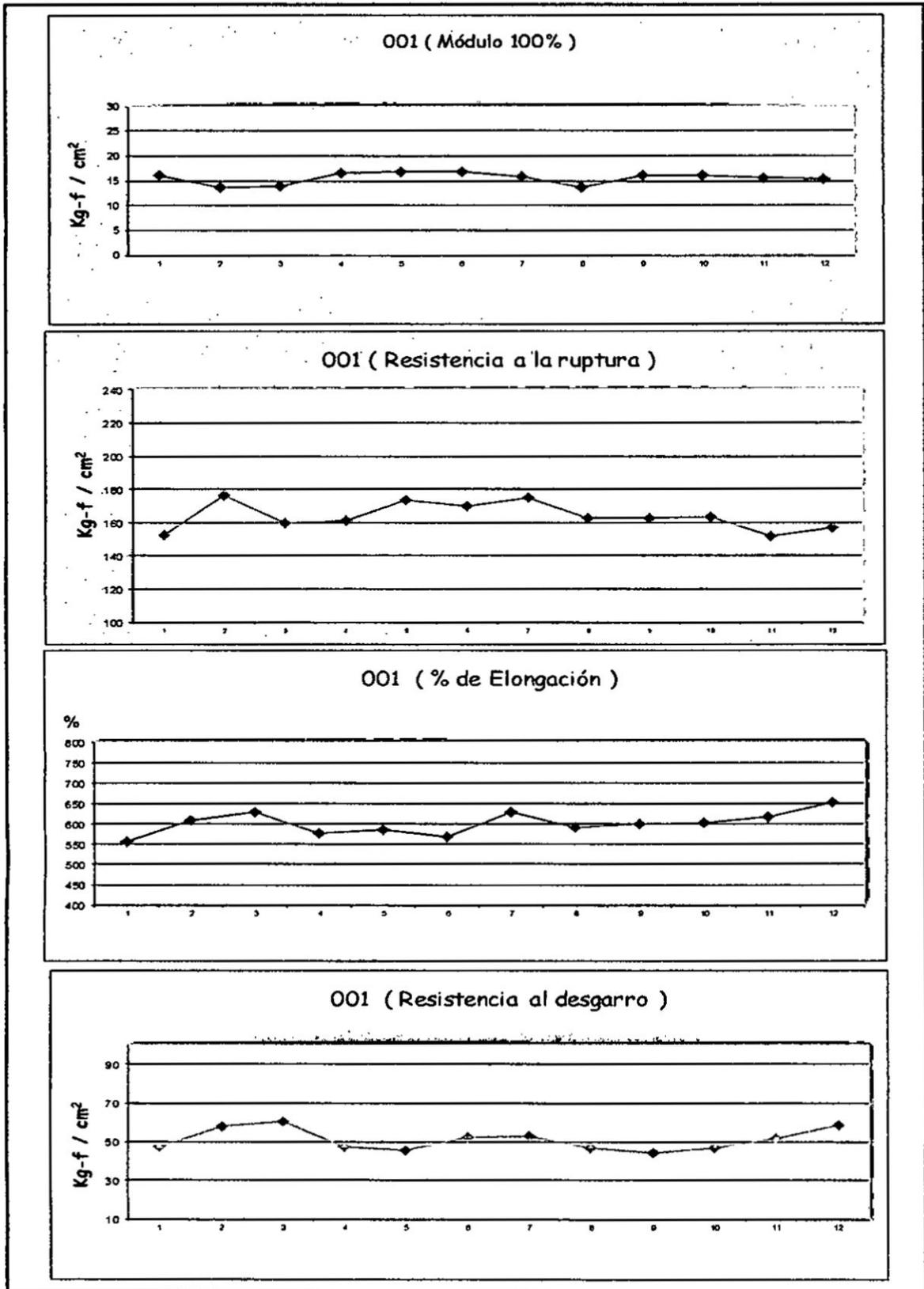
REGISTROS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE COMPUESTOS FINALES (PESADAS FINALES O COMPUESTOS PRODUCTIVOS)

Código del Compuesto	Serial	MES	Gravedad Especifica	Propiedades Físicas						Adhesión Compuesto-Goma	Cure Rate (138 °C) min.	% de Rebote	Histéresis
				Dureza (Shore A)	Módulo (Kg-f/cm ²)		% Elongación	Ruptura (Kg-f/cm ²)	Resist. desgarre (Kg-f/cm ²)				
					100%	300%							
001	1	1	1.152	64	16	70.2	558	152.9	47.4	33	36.87	23	3.5
001	1	2	1.152	64	13.7	62.1	610	176.6	58.2	33	35.62	24	3.8
001	1	3	1.149	62	14	57.6	630	159.9	60.3	41	31.62	24	3.7
001	1	4	1.150	63	16.7	69	578	161.5	47.3	30	33.88	24	3.7
001	1	5	1.151	64	16.9	75.8	585	173.9	45.8	31	35.17	29	3.7
001	1	6	1.148	64	16.9	76	570	169.7	52.6	27	33.23	23	3.6
001	1	7	1.148	64	15.9	64.8	630	175.4	52.9	31	33.23	23	3.6
001	1	8	1.149	64	13.7	68.5	593	162.9	46.9	26	32.97	22	3.8
001	1	9	1.147	64	16.2	70	600	162.9	44.4	36	34.23	23	3.6
001	1	10	1.148	64	16	66.6	605	163.5	47.0	37	39.73	23	3.9
001	1	11	1.148	64	15.6	60.5	618	152.2	52.0	53	39.88	23	3.7
001	1	12	1.148	64	15.4	58.4	653	156.9	58.5	51	37.33	25	3.7

Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 43

GRÁFICAS MÓDULO 100% – RESISTENCIA A LA RUPTURA – ELONGACIÓN MÁXIMA – RESISTENCIA AL DESGARRO



Fuente : Elaboración propia

7.2.8 TRAZABILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS

Control que va relacionado con las propiedades físicas. Cada cambio de materia prima involucra un cambio en las propiedades de los compuestos, algunos casi imperceptibles en todos los controles de laboratorio pero perceptibles en la manipulación y utilización del producto por los clientes.

El control o trazabilidad de las materias primas en uso es simple, consta de indicar en cuadros el inicio y el fin de uso de cada insumo y sus genéricos en el proceso de producción de compuestos. En la **Tabla N° 21** se aprecia uno de los cuadros de trazabilidad y en el **Anexo N°10** un registro de materias primas creado para este control.

TABLA N° 21
TRAZABILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS

CAUCHOS EN USO																																		
		MES		ENERO		AÑO		2009																										
Código del Insumo	Nombre del insumo	Fabricante	DIAS																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
NATURAL																																		
NC100	SER-10	PROCAESA																																
	TSR - 10	PROHULE																																
SINTETICOS																																		
SI800	POLIBUTADIENO BUNA CB N° 40	LANDES																																
	Caucho BSTE BR 01	TSSTE Tailandia																																
	BR 1208 LG	LG Korea																																
	BU DENE 1207	GOODYEAR CHEMICAL																																
SI500	ARPOL 1502	PETROBRAS ENERGÍA S.A.																																
	BUNA SE 1502	LANDES																																
	SBR 1502 L6	L6 Korea																																
	KUMHO1502	KUMHO																																
SI700	ARPOL 1712	PETROBRAS ENERGÍA S.A.																																
	SBR 1712 L6	L6 Korea																																
	EMULPREME 1712	INSA																																
	PLF1712	GOODYEAR CHEMICAL																																

Fuente : Elaboración propia

7.2.9 SISTEMAS DE MONITOREO DEL BANBURY

Monitorear el proceso de mezclado de compuestos en el Banbury es importante, sobre todo para poder controlar la uniformidad del mezclado, más cuando se cuenta con varios operadores de máquina.

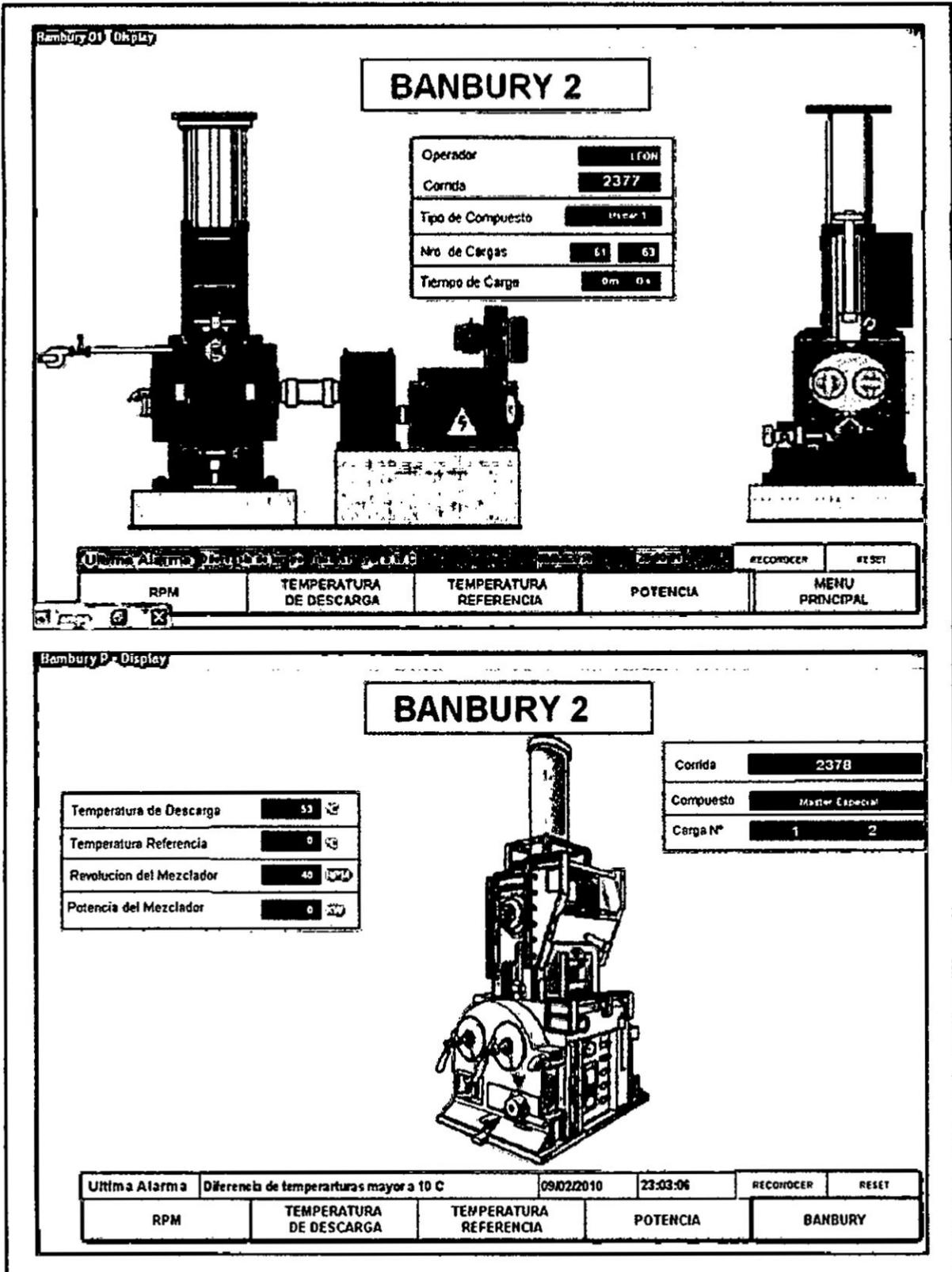
Para esto se elaboró un software de monitoreo de mezcla en Banbury que nos permite controlar variables como :

- a) Uniformidad de mezclado entre operadores de máquina.
- b) Fallas mecánicas en el mezclado.
- c) Problemas de mezclado por variación de materias primas.
- d) Permite determinar el parámetro de control de descarga del mezclador (temperatura o potencia)
- e) Reduce el porcentaje de reprocesos de compuesto por mal mezclado.

En las **Figuras N° 44 y N° 45** se observan algunas pantallas que nos muestra este software.

FIGURA N° 44

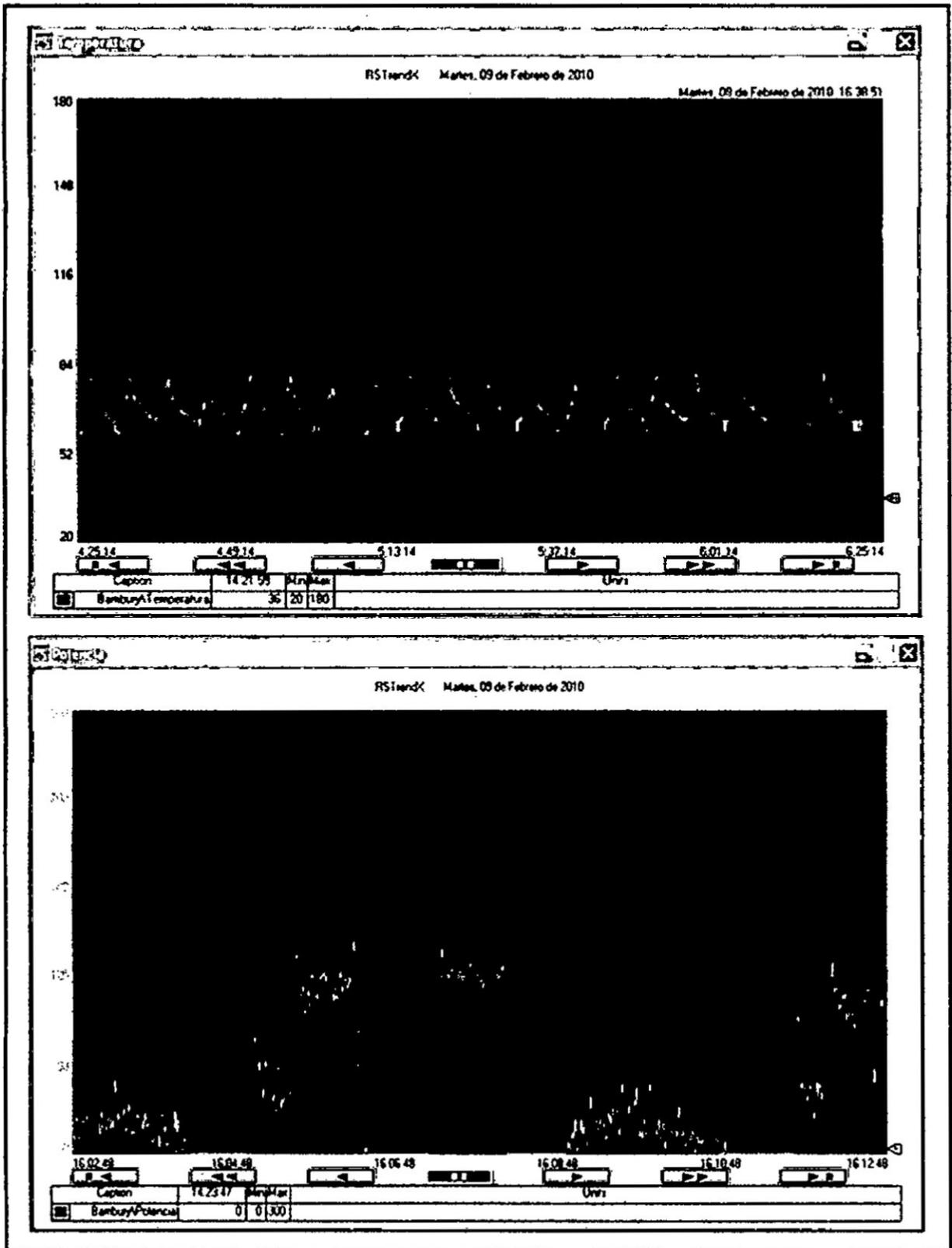
PANTALLAS GENERALES DEL MONITOREO DE BANBURY



Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 45

PANTALLAS DE TEMPERATURA Y POTENCIA DEL MONITOREO DE BANBURY



Fuente : Elaboración propia

7.2.10 CONTROL DE SÓLIDOS TOTALES DE LOS CEMENTOS

El cemento es un insumo vital en el proceso de reencauche de neumáticos. La mayoría de las empresas de reencauche trabajan con pulverizadoras que esparcen el producto.

Un exceso en la concentración de sólidos del producto, genera obstrucción en la boquilla de salida del pulverizador, generando demoras en el proceso de cementado, en lo contrario un cemento con pobre porcentaje de sólidos, genera baja adhesión de los insumos y la carcasa en el proceso de reencauche generando una alta probabilidad de reprocesos.

Con este análisis logramos reducir a cero por ciento (0%) el índice de reclamos de los clientes por mala calidad del producto.

Para esta prueba se necesita balanza analítica, plato de aluminio, estufa, desecador.

Esta prueba se realiza colocando $3,0 \text{ g} \pm 0,001$ en un plato de Aluminio. La muestra se lleva a la estufa por dos horas a 115°C . Transcurrido el tiempo se saca la muestra y se enfría en el desecador por 15 minutos, se pesa y se realizan el siguiente cálculo :

$$\% \text{ sólidos totales} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100$$

Donde :

M_1 : Plato de aluminio

M_2 : Plato de aluminio + muestra húmeda

M_3 : Plato de aluminio + muestra seca

Un valor aceptable de sólidos totales para el cemento de reencauche esta entre el 10% y 16%. En la **Tabla N° 22** se observan algunos valores de sólidos totales por lote de producción que son graficadas en la **Figura N° 46**

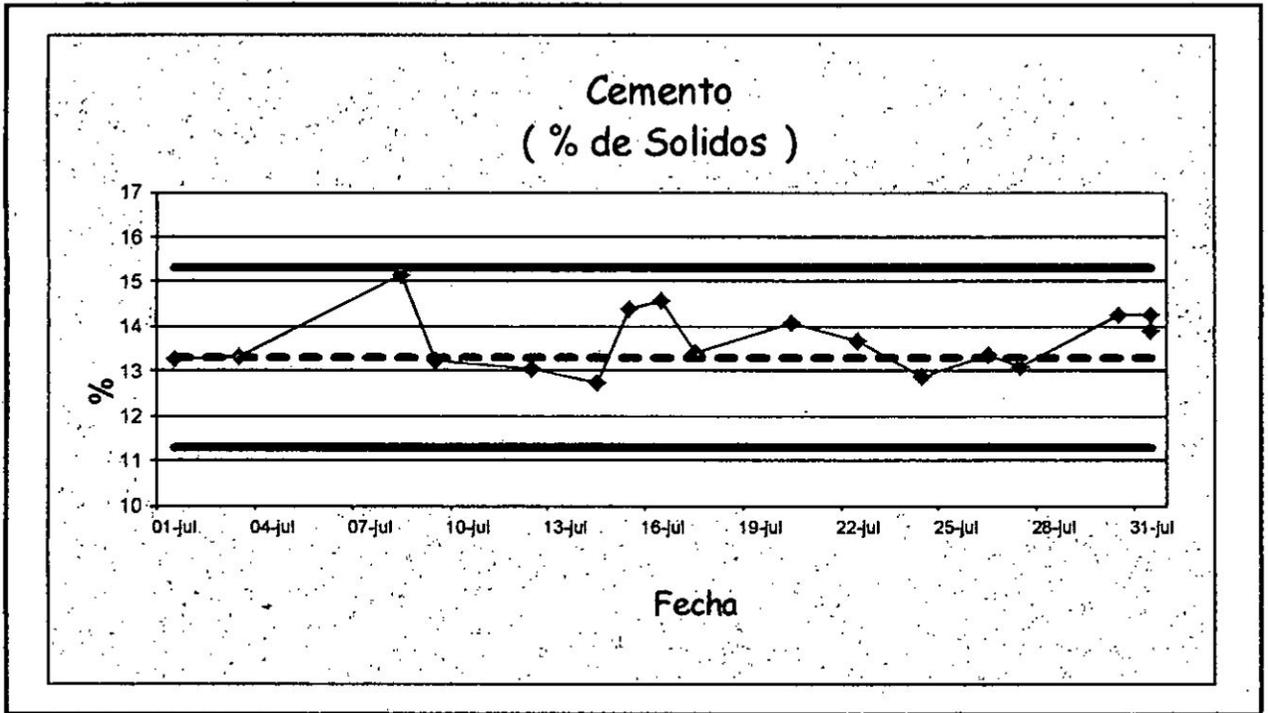
TABLA N° 22
CONTROL DE CALIDAD DEL CEMENTO

FECHA		Cemento Código	N° de Batidora	N° de Carga	ANALISIS		COND.	OBSERVACIONES	
Producción	Análisis				% de Sólidos				Adhesión
					Max.	15.3 %			
		CTO	1	1	13.3	OK	OK		
		CTO	3	1	13.3	OK	OK		
		CTO	1	1	15.2	OK	OK		
		CTO	3	1	13.2	OK	OK		
		CTO	3	1	13.1	OK	OK		
		CTO	3	1	12.8	OK	OK		
		CTO	3	1	14.4	OK	OK		
		CTO	1	1	14.6	OK	OK		
		CTO	3	1	13.4	OK	OK		
		CTO	1	1	14.1	OK	OK		
		CTO	3	1	13.7	OK	OK		
		CTO	1	1	12.9	OK	OK		
		CTO	1	1	13.4	OK	OK		
		CTO	3	1	13.1	OK	OK		
		CTO	1	1	14.2	OK	OK		
		CTO	1	1	14.3	OK	OK		
		CTO	3	1	13.9	OK	OK		

Fuente : Elaboración propia

FIGURA N° 46

GRÁFICAS DE CONTROL DE CEMENTO – SÓLIDOS TOTALES



Fuente : Elaboración propia

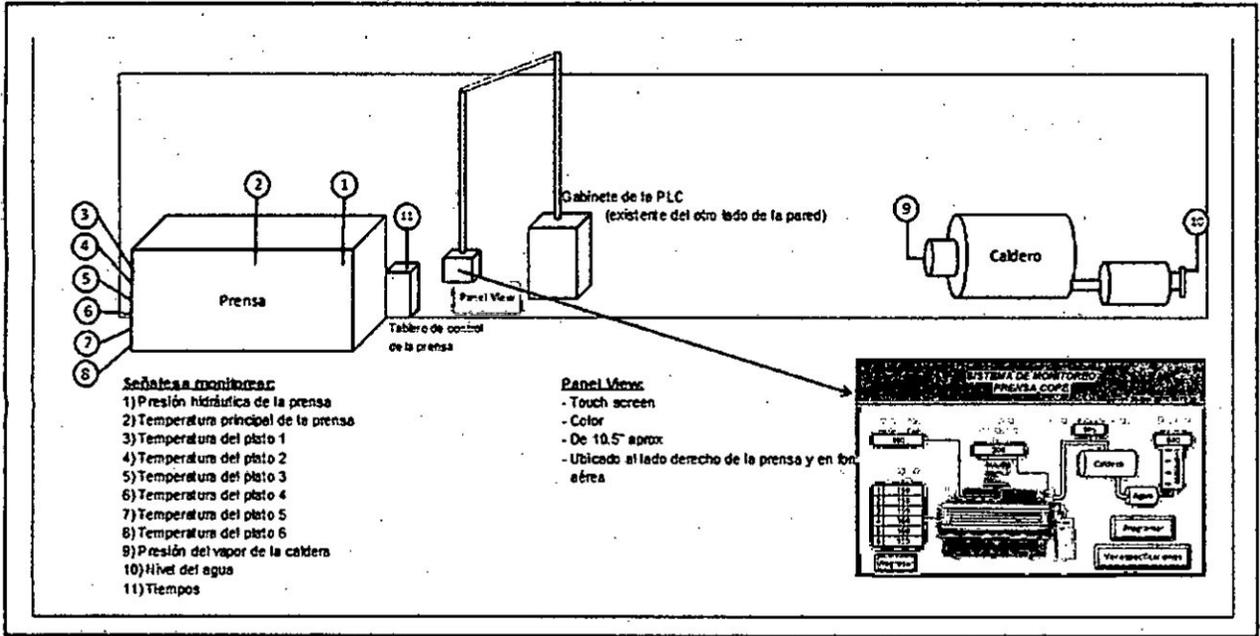
7.2.11 SISTEMA DE MONITOREO PRENSA COPE

El proceso de vulcanizado de las bandas pre-curadas es una etapa crítica, diferenciales de los parámetros a controlar fuera de las especificaciones provocan serios problemas en los productos terminados que pueden hasta generar la pérdida total del producto.

Para poder crear el sistema de monitoreo, se observó la forma de trabajo en el área de prensado de bandas pre-curadas con el propósito de determinar que parámetros requieren ser monitoreados. Ver Figura N° 47

FIGURA N° 47

PARÁMETROS DE CONTROL EN LA PRENSA

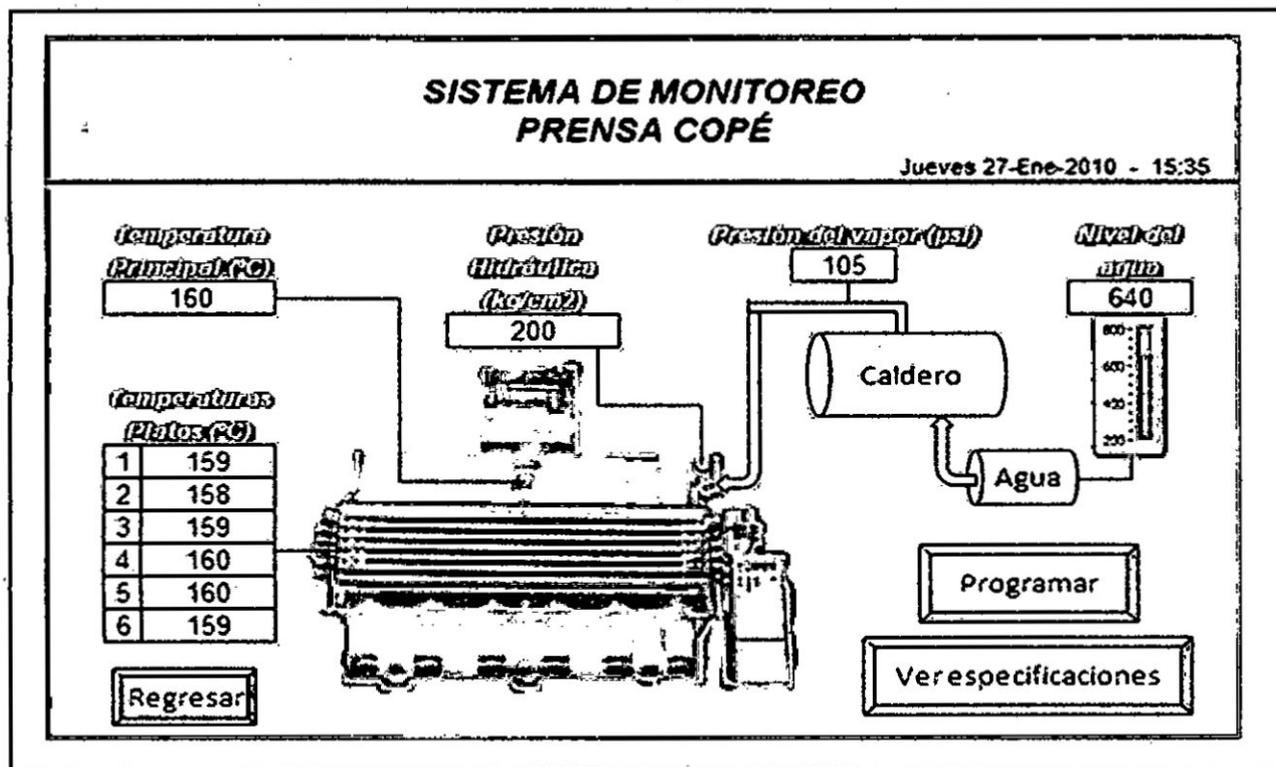


Fuente : Elaboración propia

En base a estos parámetros, se prepararon inicialmente las pantallas del operador del área de prensado (Figura N° 48). En esta pantalla se ingresa la producción programada por corrida y el sistema monitorea todos los parámetros indicados. Toda esta información es procesada en forma de reportes en la pantalla del supervisor. Posteriormente se gestionó la habilitación del sistema de monitoreo en la prensa de banda.

FIGURA N° 48

PANTALLA PRINCIPAL DEL SISTEMA DE MONITOREO PRENSA



Fuente : Elaboración propia

VIII CONCLUSIONES

- 1) La evaluación realizada a cada etapa del proceso es un factor importante que nos permite un mayor control y una mejora continua en la calidad del producto final.
- 2) Se determinó que la temperatura juega un papel importante en los análisis de los compuestos, sea en las muestras vulcanizadas como en las mediciones reométricas. Una diferencia pequeña de temperatura interfiere notablemente en el proceso de cura (vulcanización).
- 3) Se determinó que el control de la viscosidad es crítico para los compuestos que serán utilizados en la industria de reencauche y que se debe monitorear desde la compra de la materia prima hasta los procesos siguientes en la elaboración del producto
- 4) Se determinó que una buena vulcanización se obtiene cuando se homogeneiza bien el compuesto de caucho en el proceso de mezclado.

- 15) **IMPORTÉCNICA, “Durómetros Shore”,** disponible en http://www.importecnica.com.br/shore_a_microtest.html, catálogo web, consultada el 12 de diciembre 2016
- 16) **MERCK, “VWR catalog” – Catálogo de instrumentos, vol 01, 2000/2001**
- 17) **NORMA TÉCNICA MEXICANA, “nmx-t-010-scfi-2003 industria hulera – materias primas – hules sintéticos sólidos – método de muestreo”,** disponible en ftp://ftp.cna.gob.mx/mapas/nom_cna/nom/NMX-T-010-SCFI-2003.pdf, artículo web, consultada el 15 de mayo 2013
- 18) **NORMA TÉCNICA MEXICANA, “nmx-t-161-scfi-2010 industria hulera – compuestos – productos para el proceso de renovado (recauchutado) de llantas – especificaciones”,** disponible en ftp://ftp.cna.gob.mx/mapas/nom_cna/nom/NMX-T-161-SCFI-2010.pdf, artículo web, consultada el 15 de mayo 2013
- 19) **PAI, Precision Associates, Inc., “Tutorial : Sistema de clasificación de cauchos ASTM D-2000”,** disponible en www.paicustomers.com/pdf/ASTM_D2000_tutorial_2012.pdf, artículo web, consultada en 15 de agosto 2014
- 20) **RIESCO ARIAS, Nilo, “Norma ASTM D-2000 – Capítulo 3 : clasificación de cauchos”,** disponible en www.ryrasociados.com/imagenes/capitulo3.ppt, artículo web, consultada 12 marzo 2011
- 21) **ROYO, Joaquín, “Propiedades dinámicas de los elastómeros” – Cauchotecnia, fas. 03, Diciembre 1994**
- 22) **SEYMOUR, Raimond y otros, “Introducción a la Química de Los Polímeros”,** Edit. Reverté S.A, 3^{ra} Edición, España – 1995
- 23) **SOCIEDAD AMERICANA PARA PRUEBAS Y MATERIALES, “Libro anual de sección de normas sección caucho” – ASTM, Vol 09.01 – 09.02, enero 2010**
- 24) **STRUKTOL COMPANY OF AMÉRICA, “Manual del Caucho”,** disponible en www.struktol.com/pdfs/Manual_del_caucho.pdf, artículo web, consultada en 15 de febrero 2015
- 25) **UNIVERSIDAD FEDERAL DE MATO GROSSO, “Conociendo Materiales Poliméricos”,** disponible en <http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ea000223.pdf>, libro web, consultada el 15 de febrero del 2016

ANEXOS

- Anexo N° 1** : Especificación de mezcla de compuestos maestros en Banbury
- Anexo N° 2** : Especificación de mezcla de compuestos productivos en Banbury
- Anexo N° 3** : Especificación de calandra
- Anexo N° 4** : Especificación de extrusión.
- Anexo N° 5** : Especificación de vulcanización
- Anexo N° 6** : Especificación de batido del cemento
- Anexo N° 7** : Ficha técnica de producto terminado
- Anexo N° 8** : Registro de defectos bandas pre-curadas
- Anexo N° 9** : Comparativo de viscosidad de diversos cauchos, especificaciones técnicas de los cauchos.
- Anexo N° 10** : Registro de ingreso y análisis de materia prima.

ANEXO N° 1

ESPECIFICACIÓN DE MEZCLA DE COMPUESTOS MAESTROS EN BANBURY

PARAMETROS DE OPERACION	PEPTIZADOS	No productivo (M A S T E R)							
		Compuesto master 1	Compuesto master 2	Compuesto master 3	Compuesto master 4	Compuesto master 5	Compuesto master 6	Compuesto master 7	
Tiempo de Mezclado	4' 50"	6' 00"	5' 30"	5' 30"	6' 00"	6' 00"	5' 30"	3' 00"	
Temperatura de Descarga (°C)	125	140	135	130	140	140	130	110	
RPM	40	40	40	40	40	40	40	40	
SECUENCIA DE MEZCLA	Tiempo (minutos)								
	0' 00"	Cargar Cauchos y Peptizante químico	Cargar peptizados y bajar pistón	Cargar peptizado + caucho y bajar pistón		Cargar caucho y bajar pistón.			
	1' 00"		Levantar pistón y cargar 1 ^{era} mitad de Negro de humo y demás pigmentos (silice, Acido Estearico, etc). Bajar pistón.					Cargar pigmentos. Bajar pistón.	
	2' 00"		Levantar pistón y cargar 2 ^{da} mitad de Negro de humo y demás pigmentos. Bajar pistón.					Subir y bajar pistón.	
	3' 00"		Subir pistón y cargar aceite. Bajar pistón					Descargar	
	4' 00"								
	4' 50"	Descargar							
	5' 00"		Subir y bajar pistón.						
	5' 30"			Descargar	Descargar			Descargar	
	6' 00"		Descargar			Descargar	Descargar		

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 2

ESPECIFICACIONES DE MEZCLA DE COMPUESTOS PRODUCTIVOS EN BANBURY

PARAMETROS DE OPERACION		PRODUCTIVO					
		Compuesto productivo 1	Compuesto productivo 2	Compuesto productivo 3	Compuesto productivo 4	Compuesto productivo 5	Compuesto productivo 6
Tiempo de Mezclado		2' 00"	2' 00"	1' 30"	1' 30"	1' 40"	1' 30"
Temp. de Desc.(°C)		70	75	65	65	70	65
RPM		30	30	30	30	30	30
SECUENCIA DE MEZCLA	Tiempo (minutos)						
	0' 00"	Cargar NO PRODUCTIVO y bolsa de pigmentos (azufre y acelerantes)					Cargar NO PRODUCTIVO.
	1' 00"						Cargar bolsa de pigmentos (azufre y acelerantes)
	1' 30"				Descargar		Descargar
	1' 40"					Descargar	
	2' 00"	Descargar	Descargar	Descargar			

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 3

ESPECIFICACIÓN DE CALANDRA

PARAMETROS DE OPERACIÓN	ROLLOS CALANDREADOS											
	1 mm		1.2 mm	1.6 mm						2 mm		
CALIBRE (+/- 0.05 mm)												
ANCHO	9 3/4"	9 5/8"	10"	6"	6 1/2"	7"	8.5"	9"	9 1/2"	10"	10"	10 3/4"
MEDIDA	9 3/4" x 1	9 5/8" x 1	10" x 1.2	6" x 1.6	6 1/2" x 1.6	7" x 1.6	8.5" x 1.6	9" x 1.6	9 1/2" x 1.6	10" x 1.6	10" x 2	10 3/4" x 2
COMPUESTO	Comp. 1	Comp. 1	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 2	Comp. 2	Comp. 2	Comp. 2	Comp. 2	Comp. 2	Comp. 2	Comp. 2
CALIBRE EN CALIENTE (REGULADO EN MAQUINA)	0.9 mm	0.9 mm	1.1 mm	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm	1.5 mm	1.9 mm
DATOS DEL PROCESO												
TEMPERATURAS DE RODILLOS	45 - 50°C											
MEDIO	45 - 50°C											
INFERIOR	55 - 60°C											
TEMPERATURA DEL RODILLO ENFRIADOR	Temperatura ambiente											
VELOCIDAD DE CALANDREO, PONER EL SELECTOR EN:	8	8	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6	5 - 6
DATOS DEL ALMA DE LOS ROLLOS (TUBO DE PVC)												
DIAMETRO EXTERNO	4"	4"	4"	4"	4"	4"	4"	4"	4"	4"	4"	4"
ANCHO	10 1/4"	10 1/4"	10 1/4"	8 1/2"	8 1/2"	8 1/2"	8 1/2"	9"	9 1/2"	10 1/4"	10 1/4"	11"
PESO (gr)	160	160	160	150	150	150	150	153	156	160	160	180
DATOS DEL POLIETILENO												
MEDIDA (ANCHO)	10"	10"	10 1/2"	6 1/2"	7"	7"	9"	9"	10"	10 1/2"	10 1/2"	11"
PESO (gr)	215	215	220	190	200	200	210	210	215	220	220	225
PESOS												
PESO COMPUESTO MINIMO (EN KG)	19.6	19.6	19.6	19.7	19.7	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6
PESO COMPUESTO MAXIMO (EN KG)	31.6	31.6	31.6	31.7	31.7	31.7	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6	31.6
PESO TOTAL MINIMO EN KG (COMPUESTO+TUCO+POLIETILENO)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
PESO TOTAL MAXIMO EN KG (COMPUESTO+TUCO+POLIETILENO)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
VEJEZ MAXIMA (EN MESES)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
DATOS DE LA ETIQUETA DE IDENTIFICACION												
MEDIDA	9.4cm x 5.1cm											

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 4

ESPECIFICACIÓN DE EXTRUSIÓN

Modelo	Salida de la Extrusora		Salida del Tunel de enfriamiento			
	Dado	Ancho (Pulgadas)	Peso (Kg)			Largo (Pulgadas)
			Especificado	Max.	Min.	
Z-1	7	5 7/8	9.50	10.05	9.85	131 1/2
Z-2	7	6	10.50	10.60	10.40	134 3/4
Z-3	8	6 3/16	11.25	11.35	11.15	137 1/2
Z-4	8	6 1/8	12.10	12.20	12.00	145
X-1	8	6 3/16	11.30	11.40	11.20	131 1/4
X-2	8	6 5/16	13.10	13.20	13.00	145 1/2
X-3	9	7 1/4	14.15	14.25	14.05	142

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 5

ESPECIFICACIÓN DE VULCANIZACIÓN

Modelo	Cantidad segmentos usados	Peso (Kg)			Largo (Mts)	Ancho (mm)	Ancho de tela (Pulgadas)	Empalme	Peso de Banda Empalmada (Kg)
		Especificado	Max.	Min.					
Z-1	14	9.48	9.76	9.20	3.14	178	9	No	9.48
Z-2	13	10.09	10.39	9.78	3.24	191	9	No	10.09
Z-3	13+ 2"	10.85	11.18	10.53	3.30	202	9	No	10.85
Z-4	14	11.56	11.91	11.22	3.46	217	10	No	11.56
X-1	17	11.06	11.39	10.73	3.22	192	9	No	11.06
X-2	17 + 3 7/8	12.71	13.09	12.33	3.60	202	9	2	25.42
X-3	18	13.59	14.00	13.18	3.40	217	10	No	13.59

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 6

ESPECIFICACIÓN DE BATIDO DEL CEMENTO

ESP. DEL CEMENTO		
% en peso	Insumos	
12.42	Compuesto	
0.87	Resinas	
86.71	Solvente N° 1	
100.00	Total	
ESP. DEL BATIDO		
Batidoras	B° 1 (55 Gal)	B° 2 (130 Gal)
Etapas	Descripción de las etapas	Descripción de las etapas
1	Cargar el solvente N°1	Cargar el solvente N°1
2	Cargar las resinas y compuesto cortado en tiras	Cargar las resinas y compuesto cortado en tiras
3	Dejar en reposo por dos horas	Dejar en reposo por dos horas
4	Batir por 6 horas	Batir por 2 horas
5		Dejar en reposo por dos horas
6		Batir por 4 horas
Total de horas de Batido	6 Horas	6 Horas

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 7

FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO TERMINADO

	FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO	Fecha: 01/03/2010																				
	TIRAS EXTRUÍDAS	Revisión: 01																				
<p>Descripción</p> <p>Tiras extruídas de aproximadamente 1cm de diámetro de compuesto de caucho no vulcanizado con cargas reforzantes y aditivos químicos de adhesión, vulcanización y de protección para reencauche de neumáticos.</p> <p>Presentación</p> <p>Tiras extruídas de aproximadamente 1cm de diámetro de compuesto de caucho en presentación de cajas de 8 kg.</p> <p>Aplicación</p> <p>Para rellenar escariaciones u otros sectores requeridos durante el proceso de reencauche.</p> <p>Especificaciones</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">Ensayo</th> <th style="width: 25%;">Propiedad</th> <th style="width: 25%;">Especificación</th> <th style="width: 25%;">Método</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reometría a 138°C</td> <td>Cure Rate (t 80%)</td> <td style="text-align: center;">10 a 14</td> <td>Con Reómetro R-100</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>Densidad (g/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1.07 a 1.11</td> <td>Peso / Volumen</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad</td> <td>Viscosidad Mooney</td> <td style="text-align: center;">25 a 32</td> <td>Viscosímetro Mooney</td> </tr> <tr> <td>Dureza</td> <td>Dureza (shore A)</td> <td style="text-align: center;">55 a 62</td> <td>Durómetro Shore A</td> </tr> </tbody> </table>			Ensayo	Propiedad	Especificación	Método	Reometría a 138°C	Cure Rate (t 80%)	10 a 14	Con Reómetro R-100	Densidad	Densidad (g/cm ³)	1.07 a 1.11	Peso / Volumen	Viscosidad	Viscosidad Mooney	25 a 32	Viscosímetro Mooney	Dureza	Dureza (shore A)	55 a 62	Durómetro Shore A
Ensayo	Propiedad	Especificación	Método																			
Reometría a 138°C	Cure Rate (t 80%)	10 a 14	Con Reómetro R-100																			
Densidad	Densidad (g/cm ³)	1.07 a 1.11	Peso / Volumen																			
Viscosidad	Viscosidad Mooney	25 a 32	Viscosímetro Mooney																			
Dureza	Dureza (shore A)	55 a 62	Durómetro Shore A																			
<p>Almacenamiento</p> <p>En local fresco, cubierto y ventilado, protegido de la luz solar directa y humedad.</p> <p>Plazo de validez: 3 meses a partir de la fecha de fabricación.</p>																						

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 8

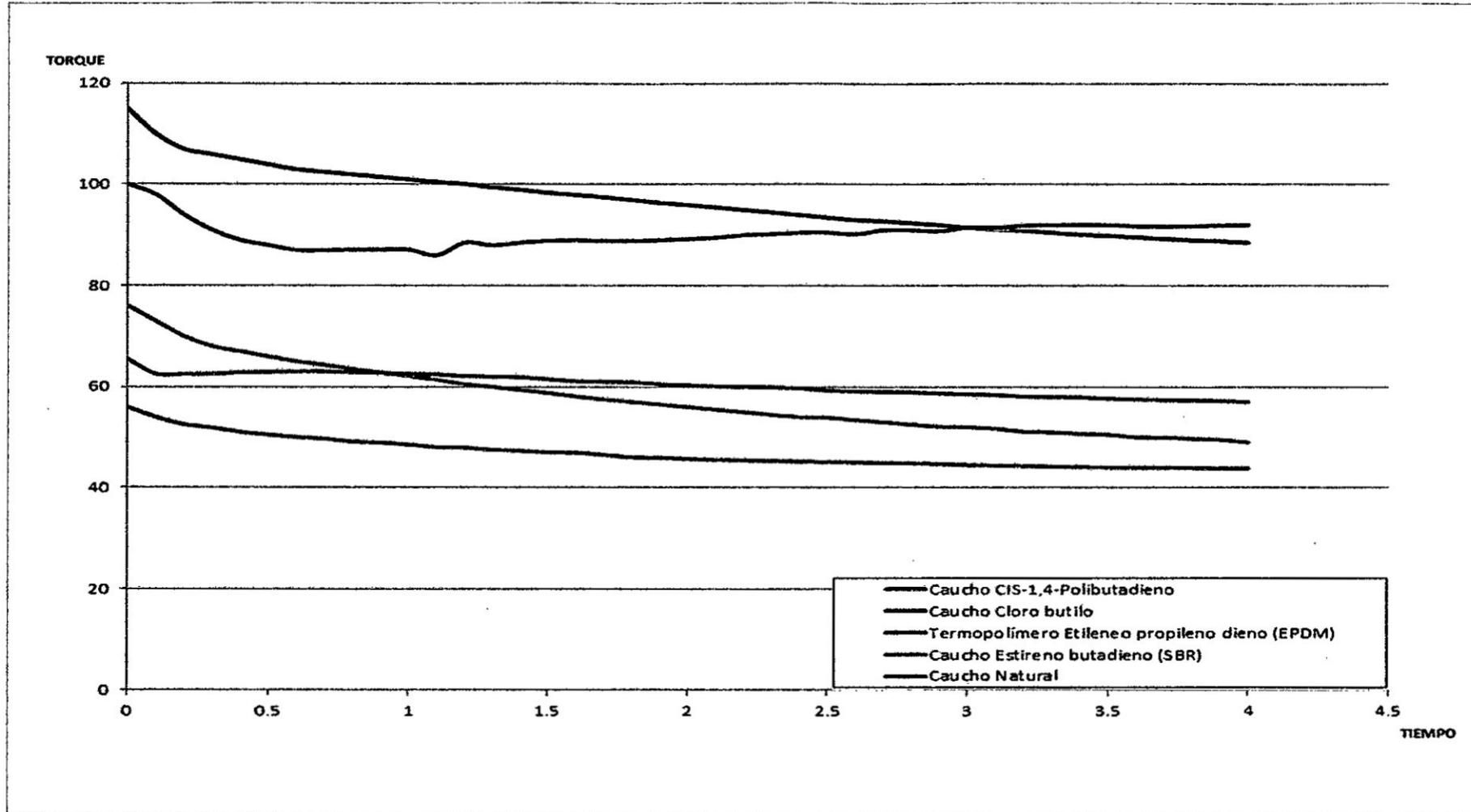
REGISTRO DE DEFECTOS BANDAS PRE - CURADAS

REGISTRO DE FALLAS EN EL PROCESO DE PENSADO DE BANDAS												
PERIODO DE PENSADO:		DEL / / AL / /				PRENSA:						
Item	TURNO	BANDAS PENSADAS										OBSERVACIONES
		PLATO 1		PLATO 2		PLATO 3		PLATO 4		PLATO 5		
		I	E	I	E	I	E	I	E	I	E	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 9

COMPARATIVO DE VISCOSIDAD DE CAUCHOS EN VISCOSÍMETRO MOONEY @ 100°C ML 1' + 4'



Fuente : Elaboración propia

ANEXO N° 10

REGISTRO DE INGRESO Y ANÁLISIS DE MATERIA PRIMA

REGISTRO DE INGRESO Y ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS						
CÓDIGO DE PRODUCTO:						
FECHA DE INGRESO						
PROVEEDOR						
Fabricante						
Procedencia						
Lote de producto						
Indicar si presenta certificado de calidad						
Tipo de envase unitario						
Peso neto por envase						
Cantidad de envases						
Peso Total						
Características del empaquetado:		BUENA	REGULAR	MALA		
Observaciones:						
Controles a realizar:						
FECHA DE ANÁLISIS						
Item	Código de Prueba	Nombre de análisis	Tolerancia mínima	Tolerancia Máxima	Resultados	Conformidad
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
Disposición:						
_____ Responsable de análisis			_____ Revisado por			

Fuente : Elaboración propia

