UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

FACULTAD DE QUIMICA

PRINCIPIOS DE FORMULACION EN LA INDUSTRIA HULERA

RICARDO A. GARCIA JUNCO Y JUAREZ
INGENIERO QUIMICO

1967

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE. PRESIDENTE : PABLO HOPE HOPE .
VOCAL : JORGE NOE MARTINEZ .
SECRETARIO : JORGE ROBLES GLENN .
1º SUPLENTE : FELIPE CARLOS MIRANDA.
2º SUPLENTE : ANTONIO PIÑA ARCE .

- SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA : U.S. RUBBER MEXICANA. S.A.
- SUSTENTANTE : RICARDO A. GARCIA JUNCO Y J.
- ASESOR DEL TEMA : ING. JORG NOE MARTINEZ .

A MK MAINE

C O N T E N I D O

1.- Generales

2.- De proceso

3.- De servicio

■ 6.- Procesos de manufactura

1.- Hasta [illegible]

2.- Resolado

3.- Estructura [illegible]

4.- Calentrando

5.- Maquinado

6.- Ensamblado y procesos secundarios

7.- Valeminado

■ 7.- Artículos de lujo y sus principales características

1.- Servicio de transportación

2.- Servicio industrial

3.- Servicio de construcción

4.- Servicios domésticos

■ 8.- Recursos bibliográficos

1.- Fuentes de información

2.- Servicios bibliográficos

PARTE SEGUNDA - PRINCIPIOS

■ 9.- Principios de formulación

1.- Generales

2.- Específicos

PARTE TERCERA - EXPERIMENTACIÓN

■ 10.- Experimentación

1.- Valoración del efecto producido por el sistema de muestreo y el tipo de carga referencia.

2.- Valoración del efecto producido por el cambio de calibración.

3.- Valoración de las propiedades físicas de un compuesto con tres variables.

■ 11.- Conclusión

■ 12.- Bibliografía

I N T R O D U C C I O N

Todo país en desarrollo además del problema de integración industrial, afronta el problema de la integración técnica; ya que no puede efectuarse sobre bases firmes y profundamente reales, si falta esta última.

La industria hulera por su complejidad e importancia debe considerarse como un punto crítico en el desarrollo del país, especialmente en la actualidad, en que la industria automotriz, principal consumidor de artículos de hule, está en fase de integración.

Para que se obtenga una respuesta técnica adecuada a esta necesidad, es indispensable transformar el concepto del formulista nacional, considerado únicamente como un hábil intérprete de formulaciones extranjeras establecidas en condiciones óptimas (oficio práctico que en la actualidad frena el ritmo de desarrollo), a una actividad profesional altamente especializada, que por conocimiento de los factores que intervienen en la formulación, de los principios que la rigen y de los sistemas modernos de experimentación, le permitan desarrollar formulaciones adecuadas, superando las limitaciones de materia prima y equipo.

Para fundamentar esta necesidad, se analiza en este trabajo cada uno de los factores independientes que intervienen en una formulación y los principios, generales y específicos, que la rigen; complementando este análisis la fase experimental que ilustra las principales técnicas usadas en el medio industrial, que permiten conocer el comportamiento de un compuesto y variar las propiedades al nivel deseado.

2.- LA FORMULACION

2.1.- CONCEPTO GENERAL

La formulación en la industria hulera puede definirse como la selección y dosificación de los ingredientes que deben intervenir en un compuesto (incluyendo el elastómero que fijará las características iniciales), determinación de la forma de mezclado, adaptación a los procesos de manufactura y sistemas de vulcanización; para producir un artículo con propiedades adecuadas al menor costo.

2.2.- EVOLUCION DE LAS TECNICAS DE FORMULACION

El hule que durante mucho tiempo fue considerado como un material de aplicación industrial muy limitada, se vió transformado, con los descubrimientos de Thomas Hancock y de Charles Goodyear (la masticación y vulcanización respectivamente), en material base de una gran industria, dando lugar a que grupos ingredientes diversos en su estado plástico y transformarse a elástico, por un tratamiento térmico. La observación de los pioneros, del efecto tan variable producido en las propiedades por el tipo y cantidad de los ingredientes adicionados, originaron la clasificación de éstos según su efecto, para facilitar su estudio y aplicación en grupos denominados funciones.

En un principio los ingredientes que se adicionaban al hule eran en número muy limitado, pero el desarrollo industrial de principio de siglo, los progresos de la química orgánica, los adelantos en el campo de la investigación, auspiciaron el crecimiento acelerado de la industria hulera, con la demanda de mayor variedad de artículos, la creación de substancias que igualaban el comportamiento de las ya existentes y el descubrimiento de nuevas funciones, que permitieron la obtención de las propiedades que antes no se podían obtener con hule. Pronto el formulista se encontró ante una situación crítica, que le exigió el conocimiento de los principios que regían el diferente comportamiento de los ingredientes; originándose la técnica de la formulación del hule natural, que facilitó la selección y dosificación adecuada.

Simultáneamente a los progresos de la técnica de formulación, la ciencia en su constante intento de acercar al control humano las substancias naturales, mediante la síntesis, desarrolló innumerables productos con propiedades semejantes y frecuentemente superiores a las del hule natural, que

fueron impropiamente llamados hules sintéticos. Ya que no tenían la misma composición química; esta diferencia originó que los ingredientes a la fecha conocidos no se comportaran igual, creándose la necesidad de hacer ajustes en la cantidad y desarrollar nuevos substancias, formulaciones técnicas individuales para cada tipo de hule, más o menos diferentes entre sí. La combinación de elastómeros con plásticos, terpolímeros y resinas de alto contenido de estireno hace las técnicas de formulación más complejas.

2.3.- FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FORMULACION

Los factores fundamentales que intervienen directamente en la formulación son: la materia prima, tanto los elastómeros como los ingredientes complementarios, las propiedades obtenibles, los procesos de manufactura y el uso.

Debido al gran número de variantes que existen en cada factor, se requiere para su correcta aplicación un conocimiento extenso de cada uno de ellos que se obtiene mediante sistemas de información técnica adecuados.

PRIMERA PARTE

FACTORES

3.- ELASTOMEROS DE QUE SE DISPONE EN LA ACTUALIDAD

Los elastómeros son aquellos materiales producto de una polimerización natural o sintética, capaces por ellos mismos o por la adición de substancias químicas de cambiar sus propiedades físicas y químicas pasando de un estado plástico predominante, poco resistente al calor, capaz de incorporar gran cantidad de materiales y soluble a la mayoría de los solventes; a un estado de gran elasticidad, de mayor resistencia al calor, insoluble a la mayoría de los disolventes y de gran impermeabilidad. (Cambio llamado vulcanización o cura).

El término elastómero tiende a desplazar en la actualidad a la denominación tradicional de: "Hule" en México, "Caucho" en España y Latino-América, "Rubber" en Inglaterra y Estados Unidos, "Kautschuk" en Alemania, "Caoutchous" en Francia, para referirse al polímero, conservándose la denominación tradicional como referencia al producto obtenido de la incorporación de substancias químicas a un "Elastómero" y vulcanizado.

El desarrollo industrial de los plásticos y fibras sintéticas, producto de polimerización y con propiedades muy similares a las de los elastómeros, ha originado una confusión en cuanto a claridad de la palabra "Elastómero", por la dificultad de separar en grupos perfectamente definidos, los materiales elastoméricos, plásticos, y fibrosos; estandíndose la adopción de elastómero como nombre genérico de los productos de polimerización capaces de ser vulcanizados.

Con el objeto de formar grupos bien definidos de la polimerización se ha hecho una clasificación, tomando en cuenta sus principales propiedades mecánicas en común, la cual aparece en la Tabla 3 A.

TABLA 3 A.

PROPIEDAD	ELASTOMEROS	PLASTICOS	FIBRAS
Módulo de elasticidad inicial.	15 - 150	1,500 - 15,000	150,000 - 1500.000
Límite superior de estiramiento (%)	100 - 1,000	20 - 100	10

PROPIEDAD	ELASTOMEROS	PLASTICOS	FIBRAS
Características de las deformaciones por tensión.	Elasticidad casi completa e instantánea.	Elasticidad parcialmente reversible, poco de elasticidad retardada y algo de deformación permanente.	Algo de elasticidad reversible, elasticidad retardada y deformación permanente.
Efecto de las temperaturas sobre sus propiedades mecánicas.	El módulo elástico aumenta con la temperatura, dentro de un márgen limitado.	Depende marcadamente de la temperatura, dentro de un amplio rango.	Dentro de una amplitud de -50 a + 150°C.-Sus propiedades son afectadas.
Tendencia a la cristalización.	Baja (sin estar tensionado).	Moderadamente alta.	Muy alta.
Cohesión molecular. (cal/mol).	1,000 - 2,000	2,000 - 2,500	5,000 - 10,000
Principales polímeros representativos.	Siliconas Hule natural Policloroprene Polibutadieno	Cloruro de polivinilo Poliestireno Acetato de polivinilo	Poliamida Cloruro de polivinilo. Seda Celulosa Politereftalato de etileno

Aún dentro de esta clasificación se presenta el problema de la existencia de los polímeros con propiedades intermedias entre los tres grupos, lo cual permite considerar los termoplásticos como plásticos, con mayor afinidad a los elastómeros y los plásticos termoduros con mayor afinidad a las fibras.

Los elastómeros pueden ser productos de una polimerización de monoolefinas, de una polimerización de diolefinas y de una policondensación.

Los principales elastómeros de que se dispone en la actualidad para uso industrial son:

Hule natural
Elastómero de estireno-butadieno

Neoprene
Butilo
Nitrilo
Regenerado
Thiokol
Hypalon
Polibutadieno
Fluorocarbonados
Silicones
Acrilatos
Poliuretanos
Terpolímero de etileno propileno
Poliisopreno

3.1.- HULE NATURAL

El hule natural es el elastómero que se obtiene del jugo (Látex), que se extrae de cierto tipo de planta.

3.1.1.- COMPOSICION Y ESTRUCTURA DEL HULE NATURAL

El hule natural es un polímero del isoprene de cadena lineal no saturada, formando macromoléculas de peso molecular muy elevado y que contiene impurezas de tipo proteíco, resinoso o inorgánicos conocidos como la parte no hidrocarbonada del hule. La fórmula cuidadosamente lleva más aceptada es:

$$CH_2 = \underset{CH_3}{C} - CH = CH_2 \longrightarrow \left[- CH - \underset{CH_3}{C} = CH - CH_2 - \right]_n$$

La composición depende de muchos factores naturales como: la época en que se efectúa la extracción del Látex, la climatología del lugar, los caracteres hereditarios de la planta y otros dependen de el proceso de elaboración como: la dilución del Látex, una composición anormal del agua de dilución, el uso de anticoagulantes, el secado, el ahumado, etc..., que afectan considerablemente la composición de impurezas.

La composición química de los dos principales tipos de hule natural, la hoja ahumada y el crepé pálido, está dada en la Tabla 3 B. En ella se incluyen los valores promedio obtenidos de un análisis de 35 muestras representativas de hoja ahumada y de 105 de crepé pálido.

3¶1.1.- HUMEDAD

El contenido de humedad depende considerablemente de la temperatura y humedad relativa de la atmósfera y de la composición de las substancias contenidas en la parte acuosa del Látex, las cuales generalmente son muy higroscópicas, la cantidad en que se encuentran fotos, depende fundamentalmente de los métodos de preparación. Por ejemplo, el ahumado eleva el contenido de humedad pues el humo contiene substancias higroscópicas.

TABLA 3 B.

Determinaciones en %	Hoja ahumada	Crepé pálido
Humedad	0.61	0.42
Extracto Acetónico	2.51	2.83
Prótido	2.82	2.62
Cenizas	0.38	0.30
Hulífero (por diferencia)	93.30	93.58

3¶1.2.- EXTRACTO ACETONICO

El extracto acetónico, mal llamado contenido resinoso, debido probablemente a su consistencia resinosa es de composición variable. Los factores que lo afectan principalmente, la variedad botánica de la planta productora de Látex y los métodos de coagulación del mismo. El Extracto acetónico del hule natural obtenido de la "Hevea Brasiliensis", es de un alto índice de Iodo y por consiguiente contiene una cantidad de compuestos no saturados, como se puede apreciar en la Tabla # 3 C.

3¶1.3.- PROTEINAS

El contenido protéico es muy variable debido a que los extractos acuosos y acetónicos contienen substancias nitrogenadas que no son prótidos, pero que son consideradas como productos de descomposición de fotos, o lo de-

pudan de factores biológicos y de proceso, estas causas dificultan su identificación y cuantoo.

TABLA 3 C.

COMPOSICION QUIMICA DEL EXTRACTO ACETONICO DEL HULE OBTENIDO DE la "HEVEA BRASILIENSIS".

EXTRACTO ACETONICO		2.71
Esteroles	0.225	
Esteres de los esteroles	0.075	
Glicéridos de los esteroles	0.175	
B - valina	0.015	
Quebrachitol (1-metilinositol)	vestigios	
Acido oléico y linoléico	1.25	
Acido esteárico	0.15	
Parte identificada		1.89
Parte no identificada		0.82

TABLA 3 D.

% DEL CONTENIDO MINERAL DEL HULE

	Crepé de látex normal	Crepé de látex evaporado
CaO	16.4	8.7
K_2O	6.2	5.6
Z_nO	23.4	43.0
Na_2O	8.9	12.4
P_2O_5	43.0	23.0
SO_3	1.4	2.8
Cu, CO_2, Fe	0.7	0.7

Es de gran importancia la presencia de Cu y Fe, por su acción catalítica, que favorece la oxidación del hule, no debiendo ser mayor de 0.001%

311.4.- CENIZAS.

Su contenido depende esencialmente de factores de proceso como los métodos de preparación, concentración y coagulación, fases de proceso en las que se elimina la mayor parte del contenido mineral del látex. En la Fa-

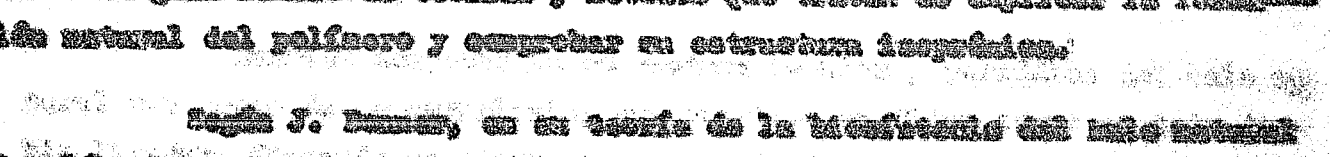
bla # 3) se puede apreciar el efecto del sitio de concentración del látex en la composición del contenido mineral.

3ª.5.- ESTRUCTURA QUIMICA DEL POLIMERO.

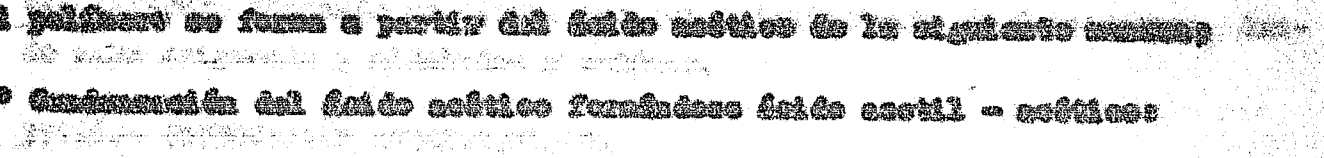
De la pirólisis del hule natural se obtiene como producto más caracteristico, el isoprene, sin embargo por polimerización sintética del isoprene, no se obtiene durante mucho tiempo, sino un polímero con propiedades elásticas muy inferiores a las del hule natural. Unido al hecho de que no se han encontrado indicios de la existencia del isoprene en la planta, da origen al desarrollo de gran número de teorías y métodos que tratan de explicar la formación natural del polímero y comprobar su estructura isoprénica.

Según J. Bonner, en su teoría de la biosíntesis del hule natural el polímero se forma a partir del ácido acético de la siguiente manera:

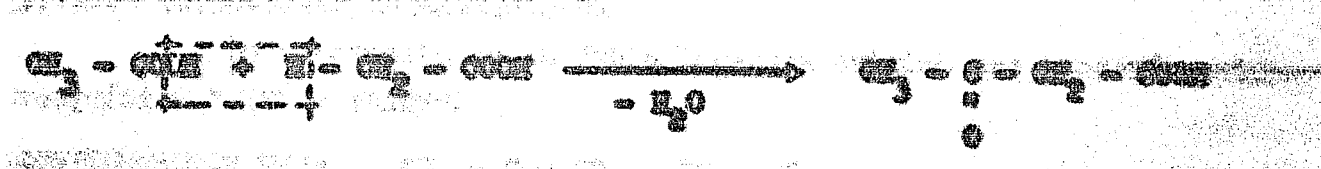
1º Condensación del ácido acético formándose ácido acetil - acético:



2º Por descarboxilación de acetona:



3º Por condensación de acetona y ácido acético, se forma el ácido β-metil crotónico.



4º Por policondensación se obtiene:

3º Por reducción de los carbonilos, se obtiene el poliisopreno y agua:

$$\left[- CH_2 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} = CH - CH_2 - CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} = CH - \right]_n$$

Esta tercera es una de las más complejas, demostrándose parcialmente, por el intervento considerable del contenido de polímero en el látex extraído de una planta a la que se le ha inyectado una solución 0.001 molar de ácido sórbico.

Harries comprobó la estructura regular y periódica del hule natural por medio de la ozonólisis, que consiste en ataque en algún centro en cada doble ligadura formando ozónidos, que por calentamiento se descomponen, dando agua oxígenada y aldehídos y cetonas.

2.1.6.- ESTRUCTURAS ESTEREOQUIMICAS

La existencia de la doble ligadura origina una isomería estereoquímica "CIS" y "TRANS".

CONFIGURACION CIS: $CH_2 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} = CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} =$

CONFIGURACION TRANS: $CH_2 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{C} = CH - CH_2 - CH_2 - \overset{\overset{CH_3}{|}}{C}$

Isomería que explica la diferencia entre el hule natural, la gutapercha y la balata, que son isoprénicos pero de diferente estructura estereoquímica, el primero tiene configuración "CIS" y las otras configuración "TRANS".

2.1.7.- ESTRUCTURA CRISTALINA

Por disolución del hule natural en un solvente, se obtienen dos fracciones: una soluble o fracción "Sol", y otra insoluble o fracción "Gel". Esta diferencia de solubilidad se supone se originada por el grado de polimerización.

Por enfriamiento de la fracción "hal"., se obtienen cristales bajo la forma de esferolitos, que se pueden emplear para determinar la posición de los fitocos.

Por análisis del hule con Rayos X macromáticos, se han obtenido diagramas cuantofísicos del estado amorfo para hule no estirado, y diagramas cuantofísicos de estado fibroso para hule estirado. Estos diagramas no son suficientes para la determinación precisa de la estructura cristalográfica del hule, la estructura monoclínica se considera más probable, sin descartar la posibilidad de un sistema ortorrómbico.

Según Meyer y Mark la malla elemental contiene ocho grupos isoprénicos, lo que está en contraposición al alto peso molecular. Esta divergencia la explican, considerando que las cadenas se encuentran enrolladas en espiral, correspondiendo el diagrama de rayos X al período de esta espiral.

II.3.- ESTUDIOS HISTORICOS DEL HULE NATURAL.

Según las crónicas del historiador Antonio Herrera, Cristóbal Colón en su segundo viaje, observó que los indígenas en Haití hacían pelotas de sus juegos utilizando un material elástico extraído de ciertas plantas. En 1615 Juan de Torquemada describe en su libro, "La monarquía Indiana" el proceso de extracción del hule y sus primeras aplicaciones de utilidad, como el impermeabilizado de capas y artículos domésticos. Un francés Charles Marie de la Condamine es quien da el primer paso para el uso industrial del hule, al introducir la idea de transportarlo en forma líquida, además de describir explícitamente el empleo que los indígenas daban al material que ellos llamaban caucho (Caa- nadera, cahu-fluir).

Samuel Peal en 1791 obtiene lonas abuladas con buenos resultados, excepto el acabado pegajoso.

A Thomas Hancock se le debe la iniciación de la industria hulera como tal, con el descubrimiento del masticado utilizando un aparato que él llamó PICKLE, que permitió obtener hule en forma plástica, fácilmente moldeable y capaz de incorporar proporciones considerables de polvos y líquidos. Este descubrimiento no alcanzó la importancia que tiene en la actualidad, sino hasta la aparición en 1839 del descubrimiento de Goodyear, con el cual se observó la transformación de un material plástico a uno elástico por la presen-

cia de azufre y calentamiento nombrándosele Vulcanización. Eliminándose definitivamente el acabado pegajoso y las deformaciones por el calentamiento.

Joseph Priestley propuso el nombre inglés "Rubber", palabra derivada de "To Rub" = borrar.

Con el descubrimiento de la vulcanización y la revolución industrial que por aquella época se realizó en los E.E.U.U., aumentó la demanda de productos de hule considerablemente, exigiendo una mayor producción de la materia bálsamo: el látex, exigencia que dió origen a la transformación de la "Hevea Brasiliensis", de una planta silvestre en una planta bajo control técnico del hombre, estudiando los sistemas o investigaciones hasta lograr establecer plantaciones industriales de alta eficiencia.

Henry Wickham fue el introductor de la "Hevea Brasiliensis" en el lejano oriente, con tal éxito que en la actualidad esta zona produce el 93% de la producción mundial.

El establecimiento de las plantaciones industriales cuya creación se atribuye a Henry N. Ridley coincide con el desarrollo de la industria automotriz que hasta la fecha representa el mayor consumo de artículos de hule.

Con el inicio de la segunda guerra mundial (en gran parte por la disputa de las plantaciones de hule en oriente) los intentos para obtener hule sintéticamente, que se habían iniciado infructuosamente desde 1930 se hicieron indispensables. Durante el lapso de 1930 a 1936 esta tarea en constituyó en un reto a los científicos quienes lograron obtener substancias con propiedades semejantes pero de muy diferente composición química. No es sino en 1956 cuando se puede reproducir sintéticamente la estructura policoprénica, gracias a los sabios Ziegler y Natta.

31.3.- OBTENCION DEL HULE NATURAL

El hule natural se extrae, en forma de una emulsión acuosa llamada látex, casi en su totalidad de la "Hevea Brasiliensis", pero existen cantidad de variedades botánicas productoras de látex. Entre las principales tenemos:

a) De la familia de las Euforbáceas: "Hevea Brasiliensis", "Hevea Guianensis", "Euforbia seminífera".

elástica", "Tiwa elástica".

c) De la familia de las Apocináceas: "Funtumia elástica", "Landolphia kundelotii", "Landolphia Kaderenensis".

313.1.- PLANTACION

La plantación industrial se obtiene mediante selección constante de las plantas de mayor producción de látex, con las cuales se injertan cogollos de mayor producción para obtener un mejoramiento general en la plantación. Las plantas injertadas son llamadas clones y al conjunto clonal.

En la actualidad las plantaciones se forman con clonales de alta producción injertados con otros, con características que mejoran la calidad - para elevar la alta producción a un nivel superior de calidad. El aumento de rendimiento queda en evidencia al comparar el rendimiento normal del látex por hectárea, que en 1950 era de 200 - 250 Kg. y que en la actualidad es de - 1500 Kg. promedio, siendo frecuente encontrar plantíos con 1500, 2,500 y hasta 3,000, estimándose que para 1972 - 74 el promedio normal será de 2.5 toneladas por hectárea.

La producción de látex por árbol varía según la edad de éste, el - sangrado empieza a los siete años, con un rendimiento los primeros años de - 200 Kg hasta 750 Kg.

Factores determinantes en el aumento del rendimiento y calidad - son, el conocimiento de los factores fisiológicos que condicionan la Biosíntesis y la estimulación por medio de hormonas.

313.2.- EXTRACCION

El látex está contenido en un sistema de tubos laticíferos que - surge toda la planta superficialmente, lo que facilita su extracción o sangrado, el cual se hace por medio de ranuraciones hechas en la corteza en forma espiral descendente, esta operación puede iniciarse al sexto año pero si - éste se retarda se obtiene un fortalecimiento de la planta. El látex fluye por las ranuraciones que lo conducen a un recipiente colector. El recolector remueve sistemáticamente la banda de hule formada por la coagulación del látex (caucho) para permitir el sangrado y hace la recolección durante las primeras horas del día, que son las de mayor flujo, el tiempo que dura el sangrado

a los tanques de almacenamiento para ser tratado y procesado.

3133.3.- TRATAMIENTO

En los tanques de recolección se cuela el látex para eliminar partículas de corteza, tierra y hule coagulado, se agrega sulfito de sodio como preservativo para evitar la coagulación. Actualmente los recolectores ponen en los recipientes de acopio sulfito para reducir al máximo pérdidas por coagulación. En estas condiciones está listo el látex en concentración de 40% de hule para su uso en forma líquida o para transformarse a sólido.

3134.- PROCESO DE MANUFACTURA DEL HULE

El látex estabilizado se diluye hasta un 10 a 15% de hule; se acidifica con ácido acético o fórmico para producir una coagulación que dura de 3 a 4 horas, se corta en láminas y se lava y se pasa al secado el cual puede hacerse en diferentes formas dando origen a los tipos de hule natural.

3134.1.- AHUMADO

La tira de coagulado es conducido a través de recipientes con agua circulante a una batería de rodillos donde la tira es prensada y lavada simultáneamente, el último rodillo estriado le imprime un bajo relieve característico, obteniéndose láminas de 3 a 4 cm. de grueso, las láminas son colgadas en soportes especiales, se deja escurrir y secar la superficie de ahumado y otra de secado.

El ahumado tiene como objeto impregnar al hule de substancias creosotadas que actúan como antioxidantes y antisépticos. Requieren de 2 a 4 días en los cuales se eleva gradualmente la temperatura de 110 a 140° F.

3134.2.- CREPE PALIDO

Este proceso consiste en pasar el coagulado húmedo se pasa por rodillos de diferente velocidad y superficie estriada desenvuelvéndose el hule, sobre él fluye agua que lo lava perfectamente, y permite obtener una gran pureza eliminando la necesidad de usar preservativos. Se lamina y seca con aire a una temperatura de 40 - 50° C.

Con la eliminación del ahumado y el secado a temperaturas se obtiene hule muy claro.

3134.3.- OTROS PROCESOS DE ORIGEN

Existen varios procesos comerciales de obtención, empleados principalmente por los pequeños fabricantes, para recuperar especialmente los desperdicios por congelación durante la recolección como es el caucho, recidos del fondo, se presentan en forma semejante al crepé pálido pero de hules costosos considerados como de 2a. clase.

314.4.- TIPOS DE HULE NATURAL

Los diferentes tipos tanto de látices como de hule se encuentran especificados por la Asociación de Fabricantes de Hule, que reconoce veinticuatro diferentes tipos de hule, originados por el proceso y la calidad. Los tipos de látices se estudiarán en otra sección de este capítulo.

314.1.- LAMINAS SUMAGADAS DE HULE AHUMADO

Este tipo de hule como su nombre lo indica es obtenido por el proceso de ahumado y en el mercado internacionalmente se conoce como Smoked sheet. Existen seis calidades diferentes seleccionadas por sus características físicas (pureza, color...) y que son:

S.S. # IX	Calidad superior
S.S. # 1	Calidad estandar
S.S. # 2	Calidad promedio, muy buena transparencia
S.S. # 3	Calidad promedio, buena transparencia
S.S. # 4	Calidad promedio, regular transparencia
S.S. # 5	Calidad promedio, baja transparencia

314.2.- CREPES PALIDOS

Existen en las mismas calidades del ahumado que se representan en su p.e. # IX, p.e. # 1 ... etc.

314.3.- HULES DE SEGUNDA CALIDAD

Entre los tipos de hules se tienen:

Crepés cafés: de laminado grueso o delgado en las calidades café claro, café y café obscuro.

Crepés de corteza: normal y fuerte

Crepés ahumados

Dentro de estos tipos existen varias clasificaciones como la de Singapore que por falta de generalidad, no se acepta.

314.4.- CLASIFICACION TECNICA DEL HULE

En la actualidad la clasificación de la R.M.A. es considerada caótica por estar basada en una selección visual y no por sus características de procesado. Esto ha dado origen a una nueva clasificación llamada técnica - que toma en cuenta sus propiedades y no su apariencia. Las propiedades que se consideran básicas son, la viscosidad Mooney como índice de la facilidad de - procesado y el módulo como índice de calidad en el artículo vulcanizado.

La facilidad de procesado se marca en la pacs considerando tres - niveles:

una línea:	baja plasticidad, fácil procesado
un círculo:	media plasticidad
una cruz:	alta plasticidad, difícil procesado.

Las características de vulcanización se identifican por el color:

Rojo: bajo módulo, vulcanización lenta
Amarillo: medio
Azul: alto módulo, vulcanización rápida

Se ha discutido la clasificación en la facilidad de procesarlo de la que ésta varía con las condiciones de transporte, almacenamiento, clasificándose en la mayoría de los casos únicamente de acuerdo a sus características de vulcanización.

314.5.- HULE TIPO

Los intentos por obtener una mayor uniformidad de las propiedades del hule natural no terminan en la clasificación técnica, sino que se investiga los métodos de elaboración para controlarlos en forma de obtener un hule - con propiedades constantes, especialmente adaptando las condiciones de coagulación a los diferentes tipos de látex, control que origina tanques de partición haciendo el proceso de elaboración intermitente y más costoso. Se hacen investigaciones para obtener hule en forma continua por procesos diferentes: por coagulación y floculación, el primer método acelera la velocidad de coagulación permitiendo el secamiento contínuo, esto se logra por tratamiento del látex a 25,5 con jabón de amonio a un p H de 4.5 manteniéndo constante; el segundo consiste en elevar la acidez a p h 11 y provocar la desestabilización mecánica adicionando sulfato de aluminio.

De estos dos métodos desarrollados por el Instituto Francés del Caucho resultan dos tipos de hule el C. 57 con las propiedades de la hoja ahumada y círculo azul de la clasificación técnica (vulcanización rápida, plasticidad media) obtenido por coagulación y el F. 58 por floculación muy parecido al crepé pálido.

314.6.- GUAYULE

Este tipo de hule es el producto de la extracción del látex en la planta "Parthenium argentatum", arbusto existente en el norte de México y región sur de California, Arizona, Nuevo México y Texas. En esta planta el látex no fluye en ductos por el tallo, sino en las raíces y ramas por lo que se obtiene por un proceso de maceración y flotación de látex, tiene el inconveniente de tener un alto contenido de resina y material fibroso que lo hace muy pegajoso y de difícil proceso, éste, aunado a su costo elevado de extracción han hecho que se pierda el interés en su industrialización.

Se han hecho investigaciones para eliminar el aroma resinoso con éxito, pero se reduce la resistencia al envejecimiento y aumenta su costo.

314.7.- HULE DE LA CREMA DE LATEX

Cuando el látex es concentrado por centrifugación se obtiene como subproducto la fracción serosa conteniendo una cantidad apreciable de hule, el cual se recupera por coagulación química o natural.

Este hule tiene un alto contenido de substancias no elastoméricas que le dan características muy especiales. La maduración de las proteínas antes y después del cremado hacen que el contenido amínico sea muy elevado y por consiguiente será un hule de vulcanización muy rápida.

Su alto contenido metálico especialmente cobre, lo hacen muy poco resistente a la oxidación.

Existen en forma ahumada y como crepé.

31.3.- PROPIEDADES DEL HULE

En estado crudo el hule es predominantemente plástico, sensible al calor, pegajoso, gran capacidad de incorporación de ingredientes, solu-

ble en los disolventes normales. La vulcanizado se convierte en elástico insoluble, más resistente al calor.

La composición química (parte no hidrocarbonada) del hule, afecta sensiblemente sus propiedades físicas en su procesado y en el artículo vulcanizado, como la elasticidad, capacidad de plastificación, velocidad de vulcanización, por ejemplo a la tracción, a la oxidación, etc...

3.5.1.- EFECTOS DE LA HUMEDAD

El hule es muy alta desarrolla microorganismos que afectan las propiedades naturales. Es necesario para evitar problemas en el proceso, secar de 12 a 24 horas.

3.5.2.- EFECTOS DEL EXTRACTO ACETONICO

Es más dañ la fracción que afecta más las propiedades del hule, la composición del extracto afecta sensiblemente el color por ejemplo: la intensidad del color amarillento del crepé depende de la proporción de carotenos, también afecta la resistencia a la intemperie, es decir que los aceites y esteroles contienen antioxidante que preserva al hule de la oxidación y ablandamiento durante el almacenaje.

El contenido de ácidos grasos activa la vulcanización. Pueden contener azufre, ácidos inorgánicos y substancias orgánicas de gran efecto en la vulcanización acelerando la reacción. El estudio de estos efectos dió origen a la formulación actual.

3.5.3.- EFECTOS DEL CONTENIDO PROTEICO

Esta fracción afecta al poder absorvente de agua, la cantidad y grado de descomposición afectan considerablemente la vulcanización por el contenido de nitrógeno.

3.5.4.- EFECTO DEL CONTENIDO DE CENIZAS

Las cenizas obtenidas no tienen importancia excepto cuando contienen cobre y manganeso que son estabilizadores poderosos de la oxidación, la corteza del árbol del hule es la zona de la planta con mayor concentración de estos metales, por lo que se evita que el látex contenga corteza.

3.6.- LATEX

para obtener estabilidad y permitir su uso en forma líquida. Es necesario preservar el látex de la coagulación y homogeneizarlo para evitar su descomposición durante el almacenaje.

El amoníaco en concentraciones de 1.6 a 1.9% del agua contenida, es el preservativo más usual por desempeñar un doble papel, primero aumenta la estabilidad por incremento del pH y después como desinfectante de microorganismos perjudiciales.

Para obtener uniformidad de producto es necesario la homogeneización en recipientes del mayor tamaño posible. Todo el látex de exportación con el objeto de hacerlo más costeable requiere ser concentrado lo cual puede hacerse por evaporación, centrifugación y cremado generalmente y en ocasiones por electrodecantación y ultrafiltración.

316.1.- LATEX EVAPORADO

La eliminación del agua se efectúa por calentamiento; para evitar su coagulación se agrega caliche y alcalis, pudiendo llegarse a concentraciones de 70 a 75% en evaporadores rotatorios; teniéndose el inconveniente de no haber eliminado ningún componente no hidrocarbonado.

316.2.- LATEX CREMADO

Las partículas de hidrocarburo por ser más ligeras tienden a desprenderse del suero, formándose una capa de mayor concentración llamada crema. La separación es muy lenta, por lo que hace necesario el empleo de agentes llamados cremantes que la aceleran, mucílagos vegetales como la gelatina, goma arábiga, de tragacanto o sintéticos como alcoholes polivinílicos y sus éteres.

Por este método de concentración se elimina en la fracción cremosa gran parte de la fracción no hidrocarbonada, pero se contamina con los agentes cremantes.

El cremado puede acelerarse mediante un calentamiento máximo de 63° C. y llevarse a una concentración de 60 - 65%.

316.3.- LATEX CENTRIFUGADO

La separación del látex y el suero se efectúa mediante la acción de la fuerza centrífuga, eliminándose el agente de cremado y alcalinizante.

de régimenes concentraciones de 60 - 65%, mayor concentración se dificul por el aumento considerable de viscosidad. Se elimina gran parte de la fracción no hidrocarbonada.

31.7.- USOS

El hule sintético ha venido desplazando al uso del hule natural debido a lo variable de su pureza afectándose con esto sus propiedades y costo, se mantiene en competencia gracias a su extenso campo de aplicación contra los sintéticos cuyo campo es muy limitado, considerándose un sustituyente de uso natural. Sus características sobresalientes son, la resistencia a los agentes químicos, a la abrasión y su gran elasticidad que le hacen insuperable para llantas de camión, tiene la desventaja de la considerable generación térmica lo que limita su empleo en llantas para alta velocidad.

Se usa con éxito en la mayoría de artículos de hule.

32.- ELASTOMERO DE BUTADIENO ESTIRENO

32.1.- COMPOSICION

Es un copolímero del butadieno y estireno de proporción variable, de estructura compleja debido a que la copolimerización no puede ser perfecta y se controla esta falla mediante una reducción de la temperatura de copolimerización, la fórmula generalmente aceptada es:

$$\left[- CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH_2 - CH \right]_n$$

Aunque puede presentarse las uniones entre moléculas en posición 1 - 4 y 1 -2 del butadieno; dando isomería

- CH2 - CH = CH - CH2 — Posición 1-4

- CH2 - CH (CH) — Posición 1-2

32.2.- ANTECEDENTES HISTORICOS

En el tipo de hule sintético más común y el primero en desarrollarse con éxito. Las investigaciones alemanas de 1930, se consideran como el principio del gran desarrollo de los hules sintéticos, habiendo obtenido como resultado el Buna S, un copolímero de estireno y butadieno y el Buna N, copolímero de acrilonitrilo y el butadieno.

En 1940 por la segunda guerra mundial, el gobierno de los Estados Unidos establece la regulación gubernamental, siendo en 1942 por los requerimientos de hule por pérdida temporal de las plantaciones en Indonesia y Malasia, que implanta un programa de patrocinio y desarrollo de la industria de los hules sintéticos llamándole G R - S (Government Rubber Styrene); en el fin de la guerra cesa la regulación gubernamental cambiando la denominación a SB-R (Styrene-Butadiene-Rubber) usado en latinoamérica frecuentemente, siendo la corriente en copolímero S-B (hule de estireno butadieno).

En 1947 se introduce la copolimerización en frío que mejora considerablemente la calidad. En 1950 se introducen las mezclas maestras de negro de humo con un mejoramiento mayor en su procesado y capacidad de adición de carga. Posteriormente se introducen las maestras de hule y negro de humo. En la actualidad es el hule sintético de mayor uso en el mundo.

34.1.- CONCEPTOS

Se obtiene por copolimerización de una emulsión acuosa de butadieno y estireno en presencia de un emulsificante, un regulador del peso molecular, un inhibidor de la reacción y un antioxidante.

Inicialmente la copolimerización se efectuaba a una temperatura de 50°C., durante un tiempo de 12 a 15 horas, obteniendo conversiones del 72%. En la actualidad y gracias al descubrimiento del sistema redox la temperatura de reacción se redujo a 5°C., obteniéndose lo que se conoce como hule frío de calidad muy superior al caliente, sin afectar considerablemente la conversión y el tiempo de reacción.

Los emulsificantes son generalmente jabones potásicos de ácidos grasos, de ácidos resinosos o de una mezcla de los dos, tienen como objeto hacer que la emulsión sea estable para una buena conversión. Los reguladores del peso molecular como el dodecilmercaptano y el diisopropilxantógeno tienen como objeto hacer que la polimerización sea en cadenas lineales con

tas eliminando las arborescencias, factor que afecta considerablemente a las características de proceso y resistencia a la abrasión.

Los inhibidores de reacción actúan simultáneamente como antioxidantes, como la fenil B-naftil amina o el polygard, tiene como objeto suspender la reacción en un punto óptimo y prevenir la descomposición de la emulsión. Efectuada la copolimerización se forma una emulsión que por su semejanza con la de origen natural, también se llama látex; que además del copolímero contiene butadieno que se elimina por gasificación a la presión atmosférica, estireno eliminado por arrastre de vapor. Efectuada la purificación del látex se crema con salmuera para concentrarlo y después se coagula con ácido sulfúrico diluído, se desmenuza, lava, seca y se expaca por compresión.

Las mezclas maestras de hule y aceite, de hule y negro de humo, las de hule, negro de humo y aceite se preparan en el mismo equipo agregando al látex la cantidad indicada de aceite o negro (previamente dispersado en agua), después de homogeneizada la mezcla se precipita a la coagulación. - El copolímero en forma líquida también tiene aplicación industrial.

III.4.- CLASIFICACION

Las diferentes denominaciones que este tipo de elastómero recibe en las diferentes partes del mundo son:

PAIS	DENOMINACION
México	B-[illegible]
Estados Unidos	S-[illegible] (antes GR-S)
Alemania	Buna S
Canadá	Polimer Krilene
U.R.S.S.	SK-S
Japón	J-[illegible]

Existe una gran variedad de tipos originados por: las condiciones de polimerización (frío o caliente), la proporción de los monómeros variable, los emulsificantes, los estabilizadores, en facilidad de procesos - maestras de negro, de aceite, de negro y aceite, así como gran cantidad de marcas para un mismo tipo según el fabricante, lo cual dificulta la existen

cia de una nomenclatura general. La A.S.T.M. dá una clasificación sumaria:

	Copolímero Caliente	Copolímero Frío
Puro	1,000	1,500
Muestra de negro	1,100	1,600
Muestra de aceite	1,200	1,700
Muestra de negro y aceite	1,300	1,800
Látex	2,000	2,100

Esta clasificación es aceptada por los fabricantes de los Estados Unidos en unión de su marca.

Las marcas de los principales fabricantes americanos son:

MARCA	FABRICANTE
Buncapol	Firestone (U.S. Rubber Co.)
Pioflex	Goodyear
Ameripol	Goodrich Gulf Chemical
A.S.R.C.	American Synthetic Rubber Co.
Philprene	Phillips Chemical Co.
Synpol	Texas U.S. Chemical Co.

Dentro de los tipos de elastómeros dobidos a la temperatura existen subtipos originados:

a) Emulsificante contenido que puede ser 100% ácidos grasos, 100% ácidos resinosos y una mezcla de 70% y 30% de los anteriores.

b) El oxidante empleado que por su comportamiento ante la luz, puede ser manchante, ligeramente manchante y no manchante.

c) El tanto por ciento de estireno contenido en la mólécula generalmente es de 20% para los hules fríos y 23% para los calientes pero en condiciones varía, haciendo variar su plasticidad y con ello su procesado.

d) Muestras de aceite en cantidades diferentes 25, 37½ ó 50 partes por 100 de hule y aceites aromáticos y nafténicos.

e) Muestras de negro únicamente en 50 partes por 100 de hule -

en los diferentes tipos de negro de humo.

f) Mezclas de negro y aceite en proporciones y tipos muy variados.

32.5.- PROPIEDADES

Algunas de sus propiedades superan las del hule natural como son su baja generación de calor, mejor resistencia a la abrasión, más resistencia a la oxidación por su menor grado de insaturación. Otras son inferiores como: baja adhesividad, vulcanización más lenta (por lo que requiere mayor cantidad de acelerador y menor de azufre), plastificación más difícil, produce regresión por sobre vulcanización. De los diferentes tipos de E-SB los que son emulsificados con ácidos grasos vulcanizan más rápido que los que usan ácidos resinosos.

32.6.- LATEX

Son látex de partícula muy pequeña, de gran estabilidad mecánica, por lo que son de gran uso en impregnaciones, pero de muy baja resistencia a la tracción; existen los tipos calientes y fríos en concentración variable de 40 - 70% de elastómero y con subtipos semejantes al sólido.

32.7.- USOS

Se usa como substituto del hule natural por su gran similitud - aunque con limitaciones. Su mayor consumo es en llantas de automóvil por su baja generación de calor a altas velocidades y magnífica resistencia a la abrasión y a la flexión. No se recomienda en artículos que estén en contacto con aceites, grasas y disolventes como son empaques, mangueras, etc.

3.3.- NEOPRENO

33.1.- COMPOSICION

Es un polímero de cloroproeno (2 cloro 1,3 butadieno) considerado como uno de los elastómeros de estructura más regular y semejante a la gutta percha. La fórmula aceptada es:

$$\left[- CH_2 - \underset{\underset{Cl}{|}}{C} = CH - CH_2 \right]_n$$

de 1,4 en un 10%, de 1,2 en un 1.5% y la 3,4 en un 1.0%.

33.2.- DATOS HISTORICOS

Se introdujo en el mercado en 1931 con el nombre de Duprene por la Dupont, aunque su desarrollo fue iniciado en 1921 con las investigaciones científicas efectuadas en la Universidad de Notre Dame por el padre Nieuland. En 1939 se introduce ya con el nombre de Neoprene el tipo GN y en 1944 el GNA que son los primeros en tener importancia industrial, en 1952 el tipo WRP de gran resistencia a la cristalización.

Durante la regulación el control gubernamental en Estados Unidos se le denominó GR-M (Government Monovynil Acetileno).

33.3.- OBTENCION

Se obtiene por dimerización del acetileno en presencia de una solución acuosa de cloruro cuproso como catalizador, dando el monovinil acetileno que reacciona con ácido clorhídrico para dar el cloroprene que se purifica por destilación fraccionada y emulsión en agua. La polimerización es muy rápida por lo que se efectúa a la presión atmosférica a 40° C, el grado de polimerización se regula con la variación de gravedad específica de la emulsión, suspendiendo la reacción con la adición de un disulfuro de tiuramo que además sirve de estabilizador del látex, el cual se congela con ácido acético, se lava; se seca con aire caliente.

33.4.- TIPOS

Aunque la denominación genérica del cloroprene es CR (Chloroprene Rubber) es mejor conocido por la marca del mayor fabricante del mundo Neoprene. En Alemania se lo llama Perbunan C., en la U.R.S.S. Sovprene, en Checoeslovaquia Chitprene y en Francia Afoprene.

Los diferentes tipos de la Dupont se denominan con letras y son originados por el estabilizador usado, se clasifican en tres grandes grupos el W, el G y los tipos especiales.

Los principales subtipos del W son: W, WRT, WB, WHF, estos son estabilizados en ausencia de azufre.

Los subtipos del G son: GNA y el GRT estabilizados en presencia de azufre. Los principales tipos especiales de empleo en cementos y recubri

mientos son: S, NR, XLA, GR, AC.

La denominación de la Bayer para los diferentes tipos de cloropreno (perbunan) es también de tres cifras, la primera índica la tendencia a la cristalización (una baja, dos media, tres alta) la segunda plasticidad (una blanda, dos media, tres dura) y la tercera índica características especiales, así el perbunan 4130 será un cloropreno de baja tendencia de cristalización y plasticidad media. Los látex de neoprene se designan con nuberos y con dispersiones alcalinas en agua.

3.3.- VITONES

Un elastómero resistente al ozono, aceites y calor, ignífugo, con muy buenas propiedades mecánicas. Tiene la tendencia a continuar la polimerización en frío, cuando durante el almacenaje. Es el elastómero que reúne las mejores características, pero de alto precio.

3.3.6.- EPDM

Por su gran resistencia a la intemperie y a los aceites es usado en cables, bandas transportadoras, mangueras, empaques, sellos, pavimentos, recubrimiento de tanques y artículos moldeados para la industria automotriz. No se recomienda su uso en aceites vegetales y aromáticos ni a temperaturas extremas.

3.4.- BUTILO

3.4.1.- COMPOSICION

Es un copolímero del isobutileno y del isopreno dando el polisobutileno en cadena con grupos isopreníticos en pequeñas cantidades. La fórmula aceptada es:

$$\left[-CH_2 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}} - CH_2 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}} - CH_2 - CH_2 - CH = \underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}} - CH_2 \right]_n$$

La ozonolisis indica que la unión del grupo isoprénico es únicamente en la posición 1 - 4, por lo que prácticamente no existen uniones cruzadas en la cadena.

34.2.- BASES HISTORICOS

En 1943 fue producido por la Standard Oil Co., con el nombre de butilo, durante la regulación gubernamental se le denominó GR - I y fue transferida la concesión a la Enjay Chemical Co., en 1955 tomaron el control productividale también la Polimer Corp. y la Columbian Carbon.

34.3.- OBTENCION

Se obtiene por disolución (en un disolvente inerte como el cloruro de metilo) de los monómeros: isopreno (3% aprox) e isobutileno (97% aprox.) se agrega una solución de cloruro de metilo y cloruro de aluminio enfriando de -70°C. a -100°C. La reacción es exotérmica y muy rápida, quedando el copolímero en suspensión con forma de escarcha, se vierte en agua tibia, agita enérgicamente y se agregan pequeñas cantidades de antioxidante para estabilizar, se seca y tubula para cortarse en trozos. El peso molecular no regula con la temperatura, a mayor temperatura menor peso.

34.4.- CLASIFICACION

Su denominación general es I I - R, y la clasificación es dada por cada fabricante.

Las principales marcas y fabricantes son:

Butilo Enjay	Enjay Company Inc.
Polimer Butilo	Polimer Corporation Ltd.
Bulmer	Columbian Carbon
Isobutilo	Societe du Caoutchouc Butyl

Los diferentes tipos (con denominación numérica) son originados por su grado de insaturación y su facilidad de proceso, dependientes del contenido de isopreno y de su peso molecular respectivamente.

34.5.- PROPIEDADES

Su bajo nivel de insaturación lo hace altamente resistente al oxígeno, ozono, ácidos, álcalis, calor, pero origina una vulcanización muy lenta. Su impermeabilidad es de 8 a 10 veces superior al hule natural, tiene gran resistencia a los gases minerales y vegetales. También a altas temperaturas y al desgarro.

La vulcanización tan lenta hace que los compuestos de butilo no sean compatibles con otros hules, produciendo separaciones, burbujas y pro-

piedades físicas pobres.

34.6.- USOS

Se usa en cámaras para neumáticos, bolsas para vulcanización de llantas, aislamiento de alambres, mangueras de vapor, se ha iniciado su utilización en llantas de automóvil satisfactoriamente.

35.- BUTADIENO ACRILONITRILO

35.1.- COPOLIMERO

Copolímero del Butadieno y Acrilo nitrilo de estructura menos irregular que el N - NB ya que predomina la unión 1-4 dando como fórmula de unión entre los monómeros.

$$\left[- CH_2 - CH = CH - CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{CN}{|}}{CH} - \right]_n$$

La mitad de las macromoléculas está formada por la unión alternada de monómeros y la otra por unión de una molécula de butadieno entre dos o tres de acrilonitrilo.

35.2 DATOS HISTORICOS

En 1930 fue patentado en Alemania por Conrad and Tschunker con el nombre de Buna E, posteriormente con el de Perbunan la Bayer se convirtió en el primer fabricante a nivel industrial.

En 1937 Koch publica su resistencia a la degradación o hinchamiento provocado por los aceites hidrocarbonados, siendo el punto de partida de la gran importancia industrial de estos elastómeros.

En 1936 la Standard Oil Co., inicia el programa de desarrollo que permite abastecer a los E.E.U.U., en 1939.

En 1945 entra a la regulación gubernamental con la denominación de GR - A (Government Rubber - Acrilonitrylo).

35.3.- OBTENCION

reno butadieno, cambiando únicamente el monómero.

35.4.- CLASIFICACIÓN

Su denominación general es NB - R (nitril butadien Rubber) o nitrilos.

Existe una gran variedad de tipos según su contenido de acrilonitrilo (que puede ser alto, medio y bajo) pero no hay una clasificación general que indique sus características.

Los principales fabricantes y marcas:

Hycatuck (U.S. Rubber Co.)	Paracril
Good Year Tire Co.	Chemigum
Goodrich Chemical Co.	Hycar
Polymer Corp. Ltd.	Polymer Hycar
Bayer	Perbunan N
Firestone Tire and Rubber Co.	Butyrene
I.G.I.	Butakon

Existe en forma de escamas, láminas, polvo y látex.

35.5.- PROPIEDADES

Puede considerarse por su resistencia a los disolventes y aceites, como un elastómero intermedio entre el natural y el N-NR.

El contenido de acrilonitrilo afecta sensiblemente las características, a mayor contenido mayor resistencia a los aceites, pero menor resistencia a la temperatura.

Como características generales tenemos: excelente resistencia a los hidrocarburos alifáticos, saturados y no saturados, aceites vegetales y animales, compatible con N-NR hule natural y resinas fenólicas; alta resistencia a disolventes, los hidrocarburos aromáticos tienden a producir hinchamiento, poca resistencia a la oxidación, hidrocarburos clorados y nitrogenados, cetonas y acetatos, son conductores de la electricidad.

35.6.- USOS

En un elastómero de uso especial, como: mangueras para gasolina, bandas de transmisión, empaques, etc.

Los de alto contenido de acrilonitrilo se usan en productos que tienen que resistir a los lubricantes aromáticos, aceites y disolventes; los de contenido medio, para resistir aceites de baja aromaticidad o cuando se requiere un equilibrio entre la flexibilidad a baja temperatura y o en resistencia al aceite; los de bajo contenido cuando la flexibilidad es más importante.

Las diferentes formas físicas tienen como uso específico:

a) La forma laminada se aplica en forma generalizada para productos de extrusión y calandrado.

b) En escamas, para preparación de cementos por disolución disuelta en el disolvente.

c) En polvo, para mezclarse con resinas fenólicas.

d) En látex, permite la formulación de mezclas libres sin aceite en resistencia, para impregnado de papel y telas.

3.6.- HULE REGENERADO

Es el material obtenido por reversión de la vulcanización de artículos de hule desechados. Se considera como elastómero ya que se espera de vulcanizar e importe características especiales a los artículos.

3.6.1.- COMPOSICION

Además del elastómero contiene carga, sufre en proporción variable según el tipo de regenerado. El elastómero sufre una reducción en su tamaño molecular.

3.6.2.- DATOS HISTORICOS

En 1839 la demanda de hule, superior a la producción unió la necesidad de recuperar de los artículos en desuso y desechos de la fabricación el hule, en forma semejante a la chatarra en la industria metalúrgica.

En 1881, Mitchel instala la primera fábrica de regeneración con el procedimiento ácido, inventado por Goodyear.

En 1889 Marks inventa el proceso alcalino que desplaza definitivamente el ácido.

En 1900 puede decirse que empieza el desarrollo de regeneración en plano industrial.

363.2.- GENERALIDADES

Según la teoría más aceptada sobre la vulcanización ésta se efectúa por enlaces intermoleculares con azufre formando una estructura reticular. La regeneración por lo tanto consistirá en el proceso por el cual se rompen los enlaces intermoleculares, se produce un reacomodo en los enlaces o se rompen las moléculas por oxidación.

363.1.- PREPARACION

Con el objeto de obtener mayor uniformidad, se seleccionan artículos similares para hacer diferentes tipos de regeneradas.

Efectuada la clasificación de la materia prima se procede a eliminar las partes que no son de hule, como piezas metálicas y fibras; para ello se desmenuza el hule y se pasa por un potente magneto que elimina la parte metálica (la fibrosa se elimina durante el proceso).

El material se tamiza para clasificar el tamaño de partículas el cual debe ser uniforme para obtener una mejor dispersión de los materiales de regeneración.

Existen diferentes procedimientos de regeneración, siendo los principales: el de digestión, calentamiento en autoclave, calentamiento en alta presión, el de Lancaster-Bunbury y el Reclaimator.

363.2.- PROCESO DE DIGESTION

El de mayor uso, para regeneración de hule con contenido fibroso al cual se hidroliza y elimina.

La reversión se efectúa por calentamiento, presión de vapor, tiempo y la adición de agentes de regeneración como alquitrán de pino y resinas. Después de 12 a 15 horas se lava para eliminar el contenido fibroso, seca con aire caliente y refina en un molino de rodillos.

363.3.- PROCESO DE AUTOCLAVE

Usado en la regeneración de artículos sin contenido fibroso. El polvo cernido se mezcla en aceites regeneradores, se coloca en carritos los cuales se introducen a un Tacle, por presión a vapor y tiempo se efectúa la

de vulcanización, se refina, se cuela por extrucción y se expaca eliminando en el lavado y secado, lo que hace que el proceso sea muy sencillo y barato.

36.2.- CLASIFICACION

La clasificación se hace según el desperdicio usado:

Regenerado de llanta
Regenerado de Estructura
Regenerado de Cámara de hule natural.
Regenerado de Cámara de Butilo
Regenerado de Balsa
Regenerado de Artículos mecánicos

36.3.- PROPIEDADES

Son agentes de vulcanizar, de composición muy regular, bajo costo, muy suave (lo que permite bajo costo de manejado), generación de calor muy bajo y fácil procesado, eliminan el encogimiento o bisturamiento en los procesos de extrucción y calandrado, su velocidad de vulcanización es más rápida que la de los hules sintéticos tiene el inconveniente de su baja resistencia a la abrasión.

36.4.- USOS

Aunque puede usarse como elastómero hace su mayor uso en como ayuda de proceso y extendedor en la fabricación de llantas, cámara, hule de pisos, tapetes, bandas, empaques y cemento.

3.7.- NEOPRENO

37.1.- COMPOSICION

Son elastómeros producto de la policondensación de polisulfuros sódicos con dihalurosaliffáticos resultando polisulfuros orgánicos. La Estructura atribuída al tipo más sencillo es:

$$\left[- CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{S}{\|}}{S} - \underset{\underset{S}{\|}}{S} \right]_n$$

Los Rayos X indican que se trata de una cadena lineal de entrega

tura regular.

37.2.- RATON HISTORICO

En 1840 ya se conocía que los dihaluros orgánicos insaturados se dían condensaron con polisulfuros alcalinos. Pero no es sino hasta 1927 cuando Patrick en los Estados Unidos y Baer en Rusia sugirieron simultáneamente la aplicación de esta reacción en la obtención del hule sintético.

En 1930 se inicia su uso como hule sintético por lo que es uno de los tipos más viejos pero de uso más limitado.

37.3.- OBTENCION

Es una reacción exotérmica entre polisulfuros alcalinos y halurros orgánicos, debiendo mantenerse abajo de los 70° C. El dihaluro se agrega lentamente con fuerte agitación en una solución acuosa de polisulfuro de sodio, la cual contiene hidróxido de magnesio como agente dispersante. La suspensión se deja asentar, el sedimento se lavado para eliminar los exceso de sodio y el exceso de polisulfuro. Luego se seca.

Para el tipo más sencillo la reacción es:

$$n\ ClCH_2 - CH_2Cl + n\ Na_2S_4 \longrightarrow \left[- CH_2 - CH_2 - \underset{\underset{S}{\|}}{S} - \underset{\underset{S}{\|}}{S} - \right]_n + n\ NaCl$$

37.4.- CLASIFICACION

Su denominación con las diferentes partes del mundo es:

Estados Unidos	Thiokol
Alemania	Perduren y Tiegut
Inglaterra	Vulcoplast y Novoplast
Bélgica	Ethomita
Japón	Tiomita
Francia	Tiolíter
Rusia	Resinit

Son también llamados tioplásticos por su semejanza a los plásticos.

Existen muchos tipos de polisulfuros orgánicos según el dihaluro y la proporción de azufre en el polisulfuro sódico y la adición en algunos

cases de un tubulure que produce uniones cruzadas en la estructura.

Se dispone en forma líquida, en suspensión, en polvo y en forma sólida.

Los principales tipos son:

a) En forma sólida el A, FA, ST, en forma líquida LP en varios subtipos.

El tipo A es el producto de la condensación de 1.2 dicloroetano y $Na_2S_{1.8}$ y el ST del 2 dicloroetileno con $Na_2S_{2.25}$ en presencia de $FeCl_3$ de 1, 2, 3, triclorobenceno.

37.5.- PROPIEDADES

Sus propiedades sobresalientes es la resistencia a los disolventes tanto aromáticos como alifáticos incluyendo esteres y cetonas. Sus pobres propiedades mecánicas, olor desagradable, baja resistencia al calor, difícil para vulcanizar. El thiokol vulcanizado siendo termoplástico puede ser moldeado.

El tipo A es de máxima resistencia a los solventes pero tiene muy poca impermeabilidad a los gases.

El tipo FA es el tipo de uso general que tiene las características generales de los thiokoles.

El tipo ST es muy resistente a la compresión.

De los tipos líquidos hay muy variadas características como los autovulcanizantes, de viscosidad variable.

37.6.- USOS

Su de empleo especializado principalmente en empaques, diafragmas, adhesivos, lona abulada para globos, bayas y botes inflados, rodillos, etc...

Los de tipo líquido se usan en compuestos selladores y de calafatear, así como pegas, con resinas epoxi con los que se preparan adhesivos y recubrimientos con propiedades mecánicas muy buenas, la única limitación por la cual no ha podido reemplazar al neoprene y nitrilo, es su olor.

3.8.- NYPALON

30.1.- CONCEPCION

Es un polietileno clorosulfonado, polímero saturado, con fórmula general:

$$\left[\begin{array}{c} CH \\ | \\ (- CH - (CH_2)_x - CH_2)_y - SO_2 \\ | \\ Cl \end{array} \right]$$

La presencia de cloro rompe la cristalización del polietileno, produciendo un material altamente flexible, transformándolo en un elastómero en lugar de plástico rígido.

El grupo activo que permite la vulcanización es el sulfonilo.

30.2.- DATOS HISTORICOS

Es un polímero fabricado por la Hypalon, fue introducido en - - en 1952 al mercado, pero hasta 1956 empezó su producción en escala industrial.

30.3.- OBTENCION

Su fabricación parte de una solución de polietileno, tratada con cloro gaseoso y anhídrido sulfuroso, introduciéndose a la molécula de - polietileno 1.3% de azufre y 29.0% de cloro.

30.4.- CLASIFICACION

Existen tres tipos el 20, 30 y 40.

El Hypalón 20 es el más antiguo, de baja plasticidad lo que lo hace satisfactorio para el procesado en molino o Banbury; es el de gravedad específica menor (1.12).

El Hypalón 30 es el de menor viscosidad en solución, lo que lo hace adecuado para su empleo en recubrimientos líquidos. A bajas temperaturas su comportamiento no es tan bueno como el 20.

El Hypalón 40 es el más nuevo y versátil de los tres tipos, es el de mayor gravedad específica (1.18), también es el de mejores propiedades mecánicas.

Por estar totalmente saturado es de magnífica resistencia a la oxidación y a los agentes corrosivos, por ser un termoplástico creído es muy bueno; soluble en acetona e hidrocarburos aromáticos, resistente a los ácidos, buenas propiedades mecánicas sin necesidad de cargas reforzantes y resistente a temperaturas de 150 a 180° C.

39.6.- USOS

Por su gran resistencia a la oxidación se usa en pinturas de intemperie, recubrimiento de tanques, mangueras para ácidos, recubrimiento de rodillos. Su baja viscosidad lo hace de gran utilidad en el moldeado.

3.9.- ELASTOMEROS EN DESARROLLO O DE USO MUY LIMITADO

Existe una gran cantidad de elastómeros en proceso de desarrollo o que por tener un uso muy limitado no son fabricados en escala comercial. Entre los principales se tienen: el polibutadieno, el policloropreno, el etilen propilen terpolímero, el etilen propileno, los fluorocarbonados, poliuretanos, polisobutileno, acrilatos y siliconas.

39.1.- POLIBUTADIENOS

Polímeros del butadieno llamados estereoespecíficos por ser producto de una polimerización selectiva, en posición Cis 1 - 4. Esta estereoespecificidad le da una gran semejanza con el hule natural. Su estructura es:

$$\left[- CH_2 - CH = CH - CH_2 - \right]_n$$

De gran capacidad de adición vulcanización rápida; se considera capaz de desplazar con el tiempo al hule natural.

Puede decirse que hasta el descubrimiento de la polimerización estereoespecífica en 1956, por los científicos Karl Ziegler y Giulio Natta no había encontrado en el intento de reproducir sintéticamente el hule natural.

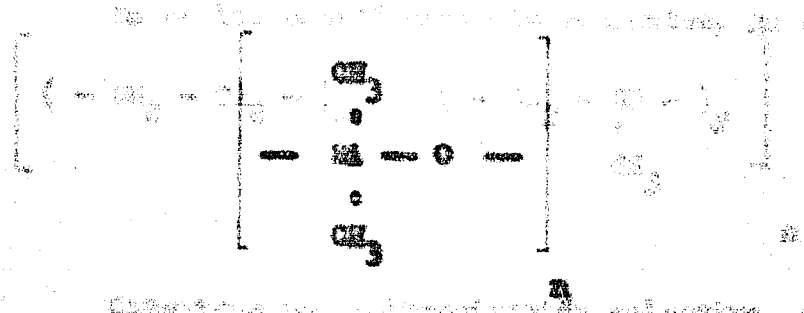
39.2.- POLISOPRENO

Producto de la polimerización del isoprene en posición Cis 1-4,

Imitando en forma sintética la estructura del hule natural. Sin embargo no se reproducen las propiedades físicas ya que tiene propiedades mecánicas diferentes y tendencia a la reversión del polímero. Este elastómero de cadena de mayor alargamiento, menor módulo, mejores propiedades de flexión y resistencia al corte, pero menor resistencia al desgarro que los hechos con hule natural, tiene los mismos usos que éste.

39.3.- SILICONES

Son elastómeros semiorgánicos que contienen silicio y oxígeno, el tipo más común es el polidimetil siloxano, que tiene como fórmula:



Polímeros de alto peso molecular se obtienen por calentamiento de silicio con cloruro de metilo gaseoso y en presencia de cobre duro, como producto el dimetil diclorosilano que por hidrólisis, da los silanoles que por condensación dan los elastómeros. Se caracterizan por su gran resistencia a temperaturas extremas, a intemperie, álcalis y ácidos diluídos.

Existen tres grupos principales: primero los que contienen grupos metilo en el segundo, parte de los grupos metilo sustituídos por vinilo y en el tercero por fenilo.

En los últimos 10 años ha tenido un gran desarrollo este tipo de elastómeros que en la actualidad son fabricados por Dow Corning Co., General Electric y Union Carbide.

De un precio elevado y pobres propiedades mecánicas y gran encogimiento después de moldeado. Se usan no como substitutos de algún otro tipo de elástomero, sino cuando tipos normales no dan un servicio satisfactorio principalmente a temperaturas extremas.

39.4.- FLUOROCARBONATOS

Existen dos tipos: aquellos que son copolímeros saturados del -

cloro trifluoretileno y fluoruro de vinilideno, contienen más del 30% en peso de flúor y están representados por el Kel - F, Foli - Flu y el Viton, y aquellos que son copolímeros del fluoruro de vinilideno y hexafluorpropileno representados por el Viton.

Son de gran resistencia a ácidos fuertes, álcalis, disolventes, aceites de motor, microorganismos, excelentes propiedades físicas y eléctricas; se usan en empaques, sellos y aislantes eléctricos.

39.5.- METILMETACRILATO

Es de los elastómeros más resistentes, su estructura es:

$$\left[\left(- CH_2 - CH_2 - \right)_x \quad \left(- CH_2 - \underset{\substack{| \\ CH_3}}{C} - \right)_y \right]$$

Obtenido por polimerización selectiva, de estructura no cristalina, su introdujo en el mercado en 1961 y los fabricantes actuales son U.S. Rubber Co. (Royalene) Reprat (Kendal) y la Enjay Chemical.

Es propiedades muy parecidas a los de butilo, pues decirse que se encuentra en experimentación por lo que sus aplicaciones y limitaciones son desconocidas.

39.6.- METILEN PROPILENO TERPOLIMERO

Es muy semejante al anterior pero en su molécula se ha introducido un tercer radical que es un dieno, para mejorar las condiciones de vulcanización por la insaturación del dieno. Se denomina como E P T (etilen - propilen terpolímero) y tiene las características del anterior.

39.7.- POLIURETANO

Son polímeros del uretano que tienen como fórmula:

$$HO - \left[- Ar - O - \underset{\substack{\| \\ O}}{C} - NH - R - NH - \underset{\substack{\| \\ O}}{C} - O - \right]_x - R'' - OH$$

Hay cuatro tipos con características diferentes, pero

vacío, hilos para trabajar en molino, resinas termofijas centrifugadas y resinas termoplásticas.

Se usa principalmente en artículos moldeados y espumas.

4.02 - Materiales usados en los sistemas

En una instalación de los procesos físicos de las aguas negras es logrado por el diseño de instalaciones con dispositivos especiales. Estos especialmente de concreto y de muy varios materiales, pueden ser diseñados de manera a obtener proveído en los acondicionamiento de aguas de proceso o de servicio y en su tanto, que el fin de obtener un mejor eficiencia y ahorro.

Los materiales para el diseño considerados en las técnicas de depuración son:

4.1 Materiales de mampostería
4.2 Materiales de cerámica
4.3 Materiales de cemento
4.4 Materiales metálicos
4.5 Vidrio
4.6 Caucho
4.7 Bituminosos
4.8 Textiles

4.1 - MATERIALES DE MAMPOSTERIA

Los materiales de mampostería son aquellos que intervienen en la construcción o fabricación de el proceso de mampostería, dentro de varias técnicas especiales de proceso y de diseño.

4.1.1 - MATERIALES USADOS EN MAMPOSTERIA

Los materiales usados en la mampostería, según Hansen son: ladrillos, mampostería, con los tropezados que pueden el cuerpo cilíndrico y del cilíndrico transformándose en su cabeza transformándose cilíndrico.

Para clasificarse por su composición química que existen, como puedan ser: se mencionan: [illegible] compuestos de aluminio y [illegible]

4.00.- PRINCIPALES INGREDIENTES Y SUS FUNCIONES

La gran versatilidad de las propiedades ~~obtenidas de los elastómeros~~ es regulada por la adición de ingredientes con funciones específicas. Estos ingredientes muy numerosos y de muy variada composición química, se clasifican de acuerdo al efecto producido en las características del material: en proceso o en servicio y en su costo, con el fin de obtener un compuesto sintético y óptimo.

Los principales grupos funcionales considerados en las técnicas de formulación son:

4.1 Materiales de vulcanización
4.2 Materiales de protección
4.3 Materiales de proceso
4.4 Materiales reforzantes
4.5 Cargas
4.6 Colorantes
4.7 Disolventes
4.8 Varios

4.1.- MATERIALES DE VULCANIZACION

Los materiales de vulcanización son aquellos que intervienen directamente o indirectamente en el proceso de vulcanización, dándole características específicas al proceso y al producto.

41.1.- MATERIALES DIRECTOS DE VULCANIZACION

Los materiales directos de la vulcanización, mejor llamados agentes vulcanizantes, son los ingredientes que reducen el estado plástico del elastómero transformándolo en un material predominantemente elástico.

Pueden clasificarse por su composición química en: azufre, compuestos con alto contenido de azufre, compuestos no sulfurados y radicales atómicos.

41.1.1.- AZUFRE

El azufre usado en la industria hulera es de gran pureza y de estructura alotrópica variable; se clasifica de acuerdo a su solubilidad en el elastómero.

El azufre soluble en el tipo normal, de estructura cristalina rómbica. Su uso es limitado por las características del producto, ya que el porcentaje de saturación de la solución de azufre en el elastómero es de .07%, sobrepasando este punto el exhedente tiende a emigrar a la superficie, afectando las características de adhesividad del material sin vulcanizar y las propiedades físicas del producto vulcanizado por disminución de la cantidad de azufre reaccionante. Se usa en materiales que van a tener un tiempo de almacenamiento sin vulcanizar pequeño, (eliminando el riesgo de afloramiento) o que estén en una proporción menor al porcentaje de saturación.

Es el tipo de azufre que en ocasiones es tratado superficialmente para mejorar su incorporación, eliminándose lo polvoso y el riesgo de inflamación existían durante el mezclado, este tratamiento puede hacerse con: aceite, negro de humo, carbonato de magnesio, arcillas o fosfatos.

4111.2.- AZUFRES INSOLUBLES

Este tipo de azufre es un estado alotrópico del azufre de cadena larga, insoluble en los disolventes orgánicos y los elastómeros, la insolubilidad es variable y depende del método de purificación: el azufre sublimado conocido como "flores de azufre", contiene un 30% de insoluble y el Crystex tiene un 85%, (es el azufre más costoso).

Con el aumento del contenido de insoluble aumenta, la inestabilidad: en presencia de amoniaco o a temperatura de 90°C., se inicia la reversión a la estructura rómbica, por lo que este tipo es usado en bandas de rodamiento para recubrir llantas y en materiales que necesitan gran adhesividad para usarse en abulado de cuerdas.

4111.2.- MATERIALES CON ALTO CONTENIDO DE AZUFRE

Son materiales orgánicos e inorgánicos con alto contenido de azufre, capaces de liberar al reaccionar azufre naciente de gran actividad. La actividad depende del porcentaje de azufre liberado.

Los materiales más usados son:

a) Disulfuro de Thiuram, (Tuads) con un contenido de azufre de 13.3% el disulfuro de tetrametilthiuram y 10.8% el disulfuro de tetraetilthiuram.

b) [illegible]

azufre, y selenio; producen vulcanizados muy resistentes al calor.

c) El sulfasan R (4-4' ditio dimorfolina)

d) Los sulfuros orgánicos especialmente el disulfuro de carbono

e) Cloruro de azufre

f) El equilfenol disulfuro con 20% y equilfenol monosulfuro con 23% de azufre.

Las características de producto son muy semejantes y el azufre liberado es el que hace factible la vulcanización.

411.3.- MATERIALES NO SULFURADOS.

Son compuestos orgánicos e inorgánicos que producen el mismo efecto que el azufre, con la característica de ser más resistente en la mezcla de los cauchos a la oxidación, pero de uso mucho más específico.

a) Son selenio y teluro elementos de gran semejanza con el azufre, mayor actividad y de uso general, pero de alto costo. Se conocen en el mercado con el nombre de Vandex y Telloy, respectivamente.

b) La quinona y sus derivadores, empleados principalmente en mezclas de butilo.

c) Óxidos metálicos usados para vulcanizar neoprenos y thiokoles, siendo los más comunes, los de magnesio, cinc y plomo.

d) Aminas orgánicas, para elastómeros de estirenobutadieno.

e) Radiaciones, por la penetración de una elevada concentración de radiaciones gamma, se obtienen, artículos de gran uniformidad en su vulcanización y de mayor resistencia a los efectos del calor y aceites, que los obtenidos con una vulcanización química. No hay radiación residual, los rayos ultravioleta producen una vulcanización muy leve.

benzoe.

g) Isocianatos, para uretanos

h) Acidos orgánicos, para Hypalón

i) Resinas activas que se basan en el sistema de fijación de ZnO.

4.2.- MATERIALES INDIRECTOS DE LA VULCANIZACION

Son aquellos que afectan las características del proceso de vulcanización y el comportamiento de las mezclas antes de vulcanizar, se clasifican en, aceleradores, activadores y retardadores.

4.121.- ACELERADORES

Son aquellos ingredientes que se agregan a las mezclas de elastómeros, para reducir el tiempo que tarda en efectuarse el proceso de vulcanización y la temperatura de vulcanización; como efecto secundario se obtiene una mejoría en las propiedades físicas y en su resistencia al añejamiento y una reducción en la cantidad óptima del azufre. Inicialmente se usaron aceleradores inorgánicos que actuaban como catalizadores, en la actualidad éstos han sido desplazados por aceleradores orgánicos con un poder mayor de aceleración, debido a proporcionar fuertes cantidades de azufre naciente.

4.121.1.- CLASIFICACION QUIMICA

Aunque la composición química de los aceleradores usados, es muy variada al igual que su comportamiento pueden clasificarse según su estructura química en:

Aceleradores inorgánicos

Aceleradores orgánicos

Los aceleradores orgánicos se subdividen en:

- Bases
  - Guanidinas
  - Aldehido-aminas

Acidos	Tiuramas Sulfamidatos Xantatos Tiuramos Bitiocarbamatos

4.121.11.- ACELERADORES INORGANICOS

Los aceleradores inorgánicos fueron los primeros en ser usados, tienen actualmente un uso limitado debido a la cantidad considerable en que se necesitan, los de mayor empleo son los óxidos metálicos de zinc y de magnesio, carbonato de plomo, cal, litargirio, siendo este último de mayor importancia. Estos aceleradores son generalmente insolubles en hule, por lo que requieren de substancias como los ácidos orgánicos, que los convierten en sales solubles.

El grado de aceleración obtenido con este tipo de aceleradores depende de un carácter básico y generalmente lento.

4.121.12.- ACELERADORES ORGANICOS

4.121.121.- ACELERADORES ORGANICOS BASICOS

Son aquellas substancias orgánicas de carácter básico, tienen un poder de aceleración lento, son principalmente: aminas, aldehído aminas y guanidinas, su uso al igual que los inorgánicos ha sido desplazado por los ácidos.

4.121.1211.- AMINAS

Son aceleradores básicos como la anilina (primer acelerador orgánico que se usó), generalmente tóxicos, de poca actividad y con manchamiento. De uso limitado.

4.121.1212.- ALDEHIDO AMINAS

Son aceleradores básicos producto de la condensación de aldehídos y aminas de aceleración lenta y acción retardada, por la acidez de los materiales que intervienen en la formulación, tienen tendencia a producir decoloración en el artículo vulcanizado. Su actividad y poder manchante depende del aldehído, amina y la proporción.

Tiocarbanilida

Rotiguidinina

Hexametilen tetramina

4,121,1213.- GUANIDINAS

Las guanidinas son aceleradores muy populares, de velocidad moderada, pero de iniciación muy rápida, que los hace de empleo delicado y sensitivo, según el proceso; dan características de alejamiento satisfactorias, por lo que generalmente se usan en combinación con aceleradores del tipo lento para sejorar su alejamiento.

Los principales aceleradores de este grupo son:

Difenil guanidina (D.F.G.)
Mono tolil guanidina (D.O.T.G.)

4,121,122.- ACELERADORES ORGANICOS ACIDOS

Son substancias ácidas cuyo poder de aceleración es muy variable, el tipo de acelerador común por su significo alejamiento y su iniciación lenta de la vulcanización, a este grupo pertenecen los:

Tiazoles
Sulfamidas
Ditiocarbamatos
Tiuramos
Xantatos

4,121,1221.- TIAZOLES

Los tiazoles son el grupo de mayor importancia por su rango de vulcanización variable, efectivo a temperaturas medias y altas, alejamiento excelente, producen ligera decoloración son de bajo costo, su actividad aumenta con el tamaño de partícula y el carácter básico de otros ingredientes. En algunas ocasiones actúan en forma secundaria como activadores y retardadores. Combinados con otros aceleradores, especialmente las guanidinas, aumenta su actividad.

Los principales aceleradores de este grupo son:

sal de zinc del 2 mercaptobenzotiazol (O.Z.B.P.)
2,2 benzotiazil disulfuro (M.B.T.S.)

4,121,1222.- SULFENAMIDAS

Son aceleradores de acción retardada, por lo que se hace muy seguro su procesado, los más populares en la industria llantera, se obtienen por reacción del 2 mercapto benzotiazol c/ una amina, el tipo de esta última es el que da su acción diferida. Son aceleradores excelentes en mezclas de negros de humo, sílice y resinas de alto contenido de estireno. Se usa también en combinaciones con otros aceleradores.

Los principales aceleradores de este grupo son:

N - ciclo hexil - benzotiazol sulfenamida (Santocure)
N - oxidietilen benzotiazol 2 sulfenamida (NOBS)

4,121,1223.- DITIOCARBAMATOS

Son aceleradores muy activos, el tiempo de arranque de la vulcanización es corto y la velocidad con que alcanza el óptimo, muy alta.

Producto de la reacción de bisulfuro de carbono con aminas secundarias alifáticas o aromáticas, son sales del ácido ditiocarbamato, siendo de mayor importancia, las sales metálicas.

Aceleradores de gran utilidad en compuestos autovulcanizantes y en formulaciones para látex especialmente las sales de sodio y de Zinc por su solubilidad y gran actividad. Generalmente su uso es selectivo.

Las sales de Selenio y Teluro son de uso general dando artículos de gran resistencia al calor.

Las sales de cobre son de uso únicamente para H-NB Butilo, ya que el cobre es nocivo al hule natural.

~~Las sales de níquel, se usan para hypalón solamente.~~

Los principales aceleradores de este grupo son:

Metil	Zimate:	dimetil ditiocarbamato de zinc
Etil	Cumate:	dietil ditiocarbamato de cobre

Butil	Selenos:	dietil ditiocarbamato de selenio
Arsenato	"	dibenzil ditiocarbamato de zinc

4.121.1224.- SULFUROS DE TIURAMES

Es un grupo muy importante de aceleradores, más activos que los tiazoles, pero de menor actividad que los ditiocarbamatos, pueden usarse sólo como agentes vulcanizantes, especialmente los tetrasulfuros por su alto contenido de azufre. Dan productos de significa resistencia al calor y al envejecimiento. En presencia de los ditiocarbamatos, actúa como moderador de éstos.

Los principales aceleradores de este grupo son:

TMTM	disulfuro de tetrametil tiurame
TMTD	Monosulfuro de tetrametil tiurame
TETDS - A	disulfuro de dipentametil tiurame

4.121.1227.- XANTOGENATOS

Son producto de la reacción entre un alcohol, un álcali y disulfuro de carbono, que pueden considerarse como sales esteres del ácido ditiocarbónico. Se caracterizan por tener un gran poder acelerante a temperaturas bajas. Lo cual indica la conveniencia de usarse para caucho y formulaciones de látex (especialmente las sales de sodio solubles).

Su acción acelerante se reduce con la presencia de negros de canal, arcillas y materiales ácidos y se aumenta con tiazoles tiuramas y ditiocarbamatos. En presencia de amoniaco no actúan.

Los principales:

Z B X	isobutil Xantato de zinc
Z P B	disulfuro de dibutil Xantato
	isopropil Xantato de zinc

4.122.- ACTIVADORES

Estos ingredientes tienen como objeto aumentar al máximo la efectividad de los aceleradores, mediante el efecto combinado de un óxido metálico y un ácido graso.

El óxido de mayor importancia es el zinc, pero puede usarse tam

bién: cal M. Grafeno, litargirio, óxido de magnesio.

De los ácidos grasos, el de mayor empleo es el esteárico pero puede usarse, el ácido láurico, palmítico y oléico.

En las formulaciones normales se usa de 3 a 5%, del óxido metálico y de 0.5 a 2% del ácido graso.

En ocasiones se logra un efecto de activación por la combinación de los aceleradores.

La teoría más aceptada sobre el mecanismo de la activación es la que supone, que el acelerador aumenta actividad, al formar la sal del metal del óxido usado, generalmente de zinc, para la formulación de la sal, es necesario que el metal esté en forma soluble, lo cual se logra por la reacción del óxido con el ácido graso. Obteniéndose un jabón soluble en el elastómero.

4.12.- RETARDADORES

Son substancias que reducen la actividad del los aceleradores a las temperaturas de procesado y almacenamiento, pero a las temperaturas de vulcanización sufren cambios, que anulan su acción no alterando las características físicas de la vulcanización.

La función de estas substancias, más que retardar es inhibir la vulcanización hasta su descomposición y se recomiendan para prevenir el quemado en el procesado en calandria, tubuladora o molinos y una incipiente vulcanización durante el almacenaje.

Entre los principales retardadores están los derivados nitrosados que bloquean a bajas temperaturas los aceleradores, el más importante es N-nitroso difenil amina, mejor conocido como Retardor J.

Otro grupo de gran importancia es el de los ácidos y sales orgánicas que disminuyen el p H, creando un medio no propio para la acción del acelerador. Este tipo de retardador es efectivo únicamente para aceleradores del tipo ácido. Con de este grupo el ácido salicílico (Retardor H), ácido benzoico y el anhídrido ftálico.

Los ácidos inorgánicos y los ácidos grasos (de grasas) producen

efectos retardantes, pero afectan también las características de vulcanización.

Además del efecto retardante, los retardadores producen una baja en la resistencia al alejamiento, pérdida del color, aumento de tonidad, pérdida de la eficiencia del acelerador y un aumento del costo del producto lo cual limita su empleo, prefiriéndose en la actualidad combatir el quemado con una adecuada selección del sistema de aceleración, reducción de la proporción de azufre, plastificación efectiva, un enfriamiento correcto y un almacenaje corto.

4.2.- MATERIALES DE PROTECCION

Son aquellos materiales que se adicionan a los elastómeros con el fin de mejorar su comportamiento ante los efectos del envejecimiento dinámico o estático. Los principales factores del envejecimiento son las condiciones atmosféricas (oxígeno, ozono, luz, calor, radiaciones...), y el trabajo mecánico (flexión, tracción, torsión o compresión), estos factores originan, por degradación que se acentúa con el tiempo, una pérdida de las propiedades físicas.

La degradación producida es de diferentes tipos:

a) Depolimerización por ruptura de las cadenas moleculares causando una disminución en su peso molecular, ablandamiento y pegajosidad.

b) Formación de puentes intermoleculares, dando una estructura tridimensional de mayor peso, que se manifiesta por aumento de dureza y pérdida de la elasticidad, tornándose quebradizo en la superficie; dando origen a un agrietamiento.

c) Adición de nuevos radicales a la molécula, alterando las propiedades del vulcanizado, manifestándose por agrietamientos.

Los principales agentes de degradación son el oxígeno y ozono cuya acción se ve acelerada por el calor, luz, radiaciones, trabajo mecánico, especialmente dinámico y las sales solubles de metales como el manganeso, cobre, y fierro; siendo factible establecer una relación directa del deterioro sufrido por un producto con el peso de oxígeno combinado.

La acción de los agentes de degradación en los artículos de hule depende en gran parte por el grado de insaturación del elastómero

indirecta por el tipo de vulcanización, la aceleración, la formulación y el proceso de elaboración.

Existen diferentes formas de protección contra la degradación siendo las principales: la catalisis negativa, la desactivación, el secuestro y la protección superficial y la acción sinergética.

Los catalizadores negativos son aquellos materiales que retardan la reacción entre el degradante y la molécula elastomérica.

La desactivación consiste, en contrarestar los efectos de la degradación, por la formación de nuevos puentes intermoleculares, es decir, son aceleradores de la vulcanización muy lentos que permiten que con el tiempo ésta continúe.

El secuestro de los agentes degradantes se efectúa con la presencia de inhibidores que por reacción con el agente degradante evitan la acción de éste sobre el elastómero.

La protección superficial por migración de substancias insolubles en el elastómero, a la superficie con formación de películas protectoras.

La acción sinergética consiste, en el uso de diferentes antidegradantes, combinados: de igual o diferente sistema de protección, obteniéndose un aumento considerable en la efectividad.

4.24.- ANTIOXIDANTES O ANTIOXIGENOS

Son aquellos materiales que sirven para retardar, contrarestar o eliminar el efecto del oxígeno, por lo que la denominación más correcta es la de materiales antioxígeno, actúan principalmente por secuestro o por acción catalítica.

Los antioxidantes catalíticos son principalmente aníricos o fenolicos, siendo la diferencia fundamental, su comportamiento ante la luz.

4.241.- AMINAS ANTIOXIGENO Y SUS DERIVADOS

Las de mayor uso son las aldehidoaminas y cetoaminas condensadas y las aminas aromáticas secundarias; de gran poder de protección pero

ración de los compuestos, limitándose su uso únicamente en artículos negros. Por este comportamiento se llaman materiales manchantes, los más conocidos son: la N-fenil B-naftilamina (Neozone) y la Difenil anilen diamida (Stabilite).

4.212.- FENOLES ANTIOXIGENO Y SUS DERIVADOS

Son productos principalmente de condensación de fenoles con aldehídos o cetos fenólicos, las cuales son preferidas a los fenoles por la adición de éstos, que producen un efecto retardante en la vulcanización, su poder de protección es semejante al de aminas, pero tienen la ventaja de no ser manchantes, pudiéndose usar en mezclas claras y aún blancas, sin que el color se vea afectado por la luz. Los principales son: el Agerite Superlite que es una mezcla de polibutilatos con fenol y el Naugawhite que es una mezcla de alquilatos y fenol.

4.213.- SECUESTRADORES ANTIOXIGENO

Muchos metales como el cobre, manganeso y fierro actúan como catalizadores muy potentes de la degradación debida al oxígeno, este efecto catalítico es anulado por secuestro del metal mediante la formación de complejos. Generalmente se usan en combinaciones con antioxidantes, siendo los más usados los anticobre, como la difenil fenilendiamina.

4.22.- ANTIOZONO

Los efectos del ozono atmosférico son muy severos, especialmente activado por el envejecimiento dinámico, produciendo agrietamiento principalmente por flexión. El sistema más efectivo de protección es el superficial por empleo de parafinas y ceras microcristalinas que emigran a la superficie del objeto.

4.23.- ANTIFATIGA

El trabajo mecánico de tracción, torsión, compresión y especialmente el de flexión, tanto estático como dinámico, es un poderoso activador de la degradación por oxígeno y ozono, causando lo que se llama degradación por fatiga. El efecto del oxígeno y ozono se reducen con los materiales antes mencionados, y el de fatiga mediantes una selección correcta del elastómero y una formulación correcta eliminando las cargas excesivas.

4.24.- ANTIGAMBITE

El calor es uno de los más importantes agentes degradantes solo se puede contrarrestar con una formulación muy cuidadosa, seleccionando negros de función primaria muy variable que como acción secundaria, mejoran la resistencia al calor. En la formulación, un aumento en la carga y una reducción del plastificante y del azufre; mejoran el comportamiento térmico.

4.23.- ANTILUZ

Los efectos de la luz son apreciables únicamente en mezclas claras dando origen a una pequeña película rosada y quebradiza, una migración de materiales manchantes o decoloración. Se reduce mediante protección superficial, usando antioxidantes no manchantes y aceleradores del tipo de los carbamatos y Xantatos de zinc.

4.3.- AJUSTES DE PROCESO

Según el proceso de elaboración es necesario ajustar ciertas características de las mezclas elastoméricas, como su plasticidad, adhesividad, estabilidad dimensional, resistencia a la vulcanización prematura mejor conocida como quemado, la capacidad de incorporación de ingredientes, etc..; esto se logra incorporando ingredientes que afectan en forma principal las características deseadas, pero que muy rara vez no tienen efectos secundarios en otras características del proceso de la vulcanización, del costo o del producto. Lo cual dificulta la selección y adaptación correcta de las características en proceso.

4.3.1.- PLASTIFICANTES

Los elastómeros y en especial el hule natural, por su elevado peso molecular y cadena lineal (llamada nervio) muy grande, son materiales duros y difíciles de procesar. Esto da origen a que sea indispensable ablandar o plastificarlos para ponerlos en condiciones aptas para el proceso, tanto de formulación o mezclado como de elaboración haciendo del proceso de plastificación (que se estudiará posteriormente en el capítulo de Proceso de la Industria Hulera) el punto angular de esta industria, recibiendo el nombre de plastificación mecánica. Con el objeto de reducir el trabajo mecánico y la temperatura de trabajo se han desarrollado diversos de plastificación por medio de la acción química o físicos de diferentes ingredientes; obteniéndose como ventajas adicionales una mejor dispersión de ingredientes.

431.1.- PLASTIFICANTES QUIMICOS O PEPTIZANTES

Son productos químicos que se comportan como catalizadores muy activos de la degradación por oxidación, disminuyendo el tamaño molecular y por consiguiente aumentando su plasticidad. Son materiales generalmente tóxicos del grupo de los mercaptanos o de los tiofenoles fluorinados, estáen a temperaturas mayores de 100°C., y por su poder se requieren en cantidades pequeñas, teniendo la inapreciable ventaja de no afectar ni las características del proceso, ni las de vulcanización. Con la presencia de antioxidantes y aceleradores se disminuye su poder y en presencia de azufre se anula totalmente, por lo que es necesario agregarlo siempre antes que cualquier ingrediente.

El poder de los peptizantes es en el hule natural, es mayor que en cualquier otro elastómero, su número es reducido y los más usados son - R.P.A. # 3, Dendegum y Flastone. Otros muchos como el M.B.T. y el Tuex, son muy buenos peptizantes pero su función principal es la de aceleradores.

431.2.- PLASTIFICANTES FISICOS Y ABLANDADORES

Su acción puede considerarse como de lubricante intermolecular anulando la fuerza de atracción molecular, tienen como efecto directo aumentar la plasticidad de la mezcla no vulcanizada y un aumento de elasticidad en el producto vulcanizado. Existe una inmensa variedad de este tipo y se - diferencian por los efectos secundarios que producen en el proceso y el artículo vulcanizado; los efectos de mayor importancia son:

a) Facilidad de elaboración
b) Mejor incorporación y humectación de polvos
c) Relación directa de plastificante a carga
d) Control en propiedades de vulcanizado

4.312.1.- DERIVADOS DEL PETROLEO

Dentro de este grupo quedan incluidos, ceras, parafinas, asfaltos y principalmente los aceites, que pueden ser del tipo nafténico, aromático o parafínico; todos ellos productos de la refinación del petróleo y que se caracterizan por su variable compatibilidad con los elastómeros, su magnífico acabado superficial y su poca adhesividad que imparten.

Especialmente los aceites tienen un contenido variable de nafténicos, parafínicos y aromáticos, dando este contenido su comportamiento en

Cuando el carácter parafínico es mayor del 50% se caracterizan por no ser manchantes, su processabilidad es deficiente por ser poca la capacidad de incorporación y largo el tiempo de incorporación, producen artículos muy resistentes a bajas temperaturas, es poco compatible con los elastómeros exceptuando el Butilo.

Los aceites nafténicos (30 - 45%) son los de uso más general, por tener reducidas las ventajas de los otros tipos y poseer más cualidades, especialmente se recomiendan para períodos cortos de mezclado, magníficos dispersión. Son no manchantes.

Los aceites aromáticos (35% o más) son los de mayor poder humectante y capacidad de incorporación en los elastómeros, por lo que además pueden usarse como extendedores, pero dan poca estabilidad a la oxidación, baja calidad a temperaturas reducidas y generalmente son manchantes.

De relativa importancia es la de los asfaltos, residuos del refinado, que son buenos ablandadores pero mejores extendedores.

Para su clasificación y control durante mucho tiempo, se ha dado importancia fundamental, únicamente a las propiedades físicas, por la relación física con la estructura química, pero en la actualidad, gracias al análisis Kostler es posible determinar fácilmente la estructura química. Las características físicas de los aceites que mayor consideración reciben son: viscosidad, densidad, volatilidad, punto mínimo de fluidez y la constante de viscosidad gravedad (esta constante es el índice de compatibilidad, relación directa de la migración u oxidación y del poder de ablandamiento).

Los principales efectos de la composición química de los aceites sobre las características físicas son:

1.- Los productos de mayor peso molecular tienen puntos de ebullición elevados y menor grado de volatilidad.

2.- Una mayor viscosidad, (a una temperatura determinada) indica un peso molecular mayor.

3.- Entre los productos de igual viscosidad y por lo tanto de peso molecular aproximadamente iguales, podremos distinguir el peso específico, el carácter de los componentes, los de mayor peso específico son los aromáticos, los intermedios los nafténicos y los de menor peso específico los parafínicos.

nicos.

4.- Tratándose de productos que presentan la misma viscosidad, a una temperatura baja, a temperaturas mayores los parafínicos tienen mayor viscosidad que los nafténicos y éstos que los aromáticos.

5.- Para una misma viscosidad los parafínicos tienen el punto de fluidez más elevado, son los menos volátiles.

6.- Los de mayor solubilidad y por consiguiente, los más compatibles son los aromáticos.

7.- Los parafínicos son los de punto mínimo de fluidez, más elevado.

8.- Los parafínicos tienen constante de viscosidad/ gravedad más baja, los valores aproximados de esta constante son para parafínicos .83, nafténicos 0.87 y los aromáticos 1.00.

9.- Para aceites de igual viscosidad, los que tienen mayor constante viscosidad/ gravedad, serán los más compatibles y por consiguiente los de mayor poder ablandante.

Esta relación de características físicas, no dejan de ser un reflejo empírico de la composición química de un aceite y de un reflejo pobre de las acciones secundarias en la formulación, por ellos se prefiere actualmente en el método de valuación, el análisis Mestler, que da un conocimiento más exacto de la composición química, consistente en una extracción y un ataque químico con diferentes concentraciones de H_2SO_4, resultando los siguientes grupos: fracción polar o base nitrogenada, acidafinas primer grupo, acidafinas segundo grupo, saturados y asfaltenos.

a) La fracción polar o base nitrogenada, da el carácter manchante y el poder decolorante del aceite si se encuentra en proporciones mayores o del 3%. Si el contenido es mayor de 10% esta fracción actúa como un acelerador ligero por su contenido de nitrógeno y como peptizante o plastificante químico.

b) Los dos grupos de acidafinas representan el contenido de aromáticos. El primer grupo determina el consumo de azufre por el aceite y si su contenido es mayor del 15%, produce manchado. El segundo grupo es una fracción no manchante sin efectos en la vulcanización que determina la vulcanización y que determina la compatibilidad.

ces de compatibilidad limitada con los polímeros no saturados como el butilo, no son manchantes ni afectan la vulcanización.

d) Los asfaltenos en pequeñas cantidades pueden originar: mancha do, poder dispersión y burbujas; en grandes cantidades que endurecen la masa ela durante su preparación.

4.32.2.- ALQUITRANES, ACEITES Y ACEITES VEGETALES, PRODUCTOS DE SINTESIS

Dentro de los plastificantes de mayor importancia, después de los derivados del petróleo, están los alquitranes, especialmente los de pino y hulla que se distinguen por su gran compatibilidad y por la adhesividad que proporcionan a las mezclas. Retardan ligeramente la vulcanización, sustituídos por terpenos y ácidos resinosos, se usa también en la regeneración de hules.

Los ácidos grasos como el oléico, estearico son activadores de la vulcanización y buenos ablandadores.

Entre los productos de síntesis los de mayor aplicación son: los ftalatos como el dibutilftalato, dioctilftalato, los adipatos y sebacatos de bastante efectividad, así como las sales de los ácidos grasos y resinas como las de cumarona indeno, etc... pero generalmente tienen efectos secundarios muy variados por lo que es necesario una correcta selección y cuidadoso estudio.

4.32.- AYUDAS DE PROCESO

Dentro de este grupo podemos incluir las funciones de segundo orden en un proceso, como: adhesividad, lubricación superficial, estabilidad dimensional, retardadores, endurecedores, agentes dispersantes, etc.

La adhesividad es una característica que es necesaria en ciertos procesos como: ahulado de telas, ensamble de piezas de hule antes de vulcanizar, adhesividad al metal, en algunos casos basta con la selección correcta del plastificante, pero en otros se usan especialmente resinas fenólicas y ácidos resinosos, derivados de la cumarona, etc...

En algunos casos por ser mezclas suaves o para moldeo, se requiere una lubricación superficial, lo que se logra con substancias como el estearato de zinc-magnesio. Ceras.

La estabilidad dimensional, muy importante en la extrusión de perfiles muy especiales, se obtiene con una buena plastificación y la adición de hules regenerados.

El endurecimiento de una mezcla se hace en ocasiones necesario, como en la vulcanización de piezas extruídas a vapor abierto: para evitar deformaciones, usándose principalmente, para aminofenol y la bencidina.

Los retardadores de la vulcanización mencionados en la fracción 4.123, son ayudas del proceso ya que permiten el mezclado, la extrusión y el calandreo, sin peligro de quemado.

4.4.- MATERIALES REFORZANTES

Son aquellos que producen un mejoramiento en las propiedades físicas de los artículos vulcanizados, como su dureza, su resistencia a la tracción, desgarre, compresión, abrasión y flexión. En la mezcla producen una disminución de la plasticidad en relación directa a la cantidad agregada y disminuye la adhesividad aumentando la generación de calor.

Por su color se clasifican en negros y no negros, en el primer grupo se incluyen la gran variedad de negros de humo y en el segundo aquellos de color claro, que son principalmente productos inorgánicos, aunque en la actualidad se han desarrollado materiales orgánicos de gran poder reforzante. El poder reforzante de los negros de humo es muy superior al de la generalidad del otro grupo y suma esta ventaja a su bajo costo y gran capacidad de adición, superando la dificultad que ha representado su color.

4.41.- NEGRON DE HUMO

Son compuestos de carbón, azufre, hidrógeno y oxígeno, de estructura cristalina imperfecta, lo cual permite que en su molécula se encuentren unidos al carbón (95%): átomos de azufre e hidrógeno en forma interna o superficial y oxígeno en su superficie. Son los reforzantes de mayor antigüedad y uso, siendo además un poderoso pigmento. Existe una gran variedad de negros que dependen del tamaño de partícula y del proceso de obtención, su identificación se hace mediante el empleo de siglas, que indican con las primeras letras las características del negro y con la última el proceso de obtención (se usan las siglas del idioma inglés).

mentos o abrasivos, negros semireforzantes, negros conductores y negros no reforzantes.

4.411.- PROCESOS DE OBTENCION

Los procesos de obtención de negros de humo son:

a) Proceso de Canal: Consiste en una combustión incompleta de gas natural en generadores abiertos, colocados bajo un canal sin-fin que corre la llama, para permitir el depósito del humo en su superficie: siendo posteriormente removido por raspado.

b) Proceso de Hornos: Se obtiene el negro por una combustión incompleta de aceite o gas natural precalentado en un horno cerrado y precalentándose por enfriamiento.

c) Proceso Térmico : Consiste en la descomposición térmica de un aceite en carbón e hidrógeno.

d) Proceso de obtención de los negros de acetileno: es una descomposición isotérmica del acetileno precalentado.

4.412.- CLASIFICACION DE LOS NEGROS DE HUMO

A) Negros altamente resistentes a la abrasión:

El negro de mayor resistencia a la abrasión es el S.A.F. (Super Abrasion Furnace), H.A.F. (High Abrasion Furnace) y en menor grado todos los negros de canal: E.P.C. (Easy Processing Channel), M.P.C. (Medium Processing Channel), H.P.C. (Hard Processing Channel), la gran diferencia entre estos últimos es su procesado y facilidad de incorporación y la única ventaja que tienen los negros de canal, es su efecto retardante en la vulcanización.

B) Negros semireforzantes

Son negros empleados en formulaciones en las que la resistencia a la abrasión no es una característica fundamental, las de mayor importancia son: 1) F.E.F. (Fast Extrusion Furnace), un negro de fácil y rápido escalado y de mejor procesado en la extrusión (dando una gran estabilidad dimensional).

2) S.R.F. (Semi Reinforcing Furnace), un negro de baja estructura y

buenas propiedades físicas, especialmente buena resistencia pero mala histéresis.

3) S.R.F. (Semi - Reinforcing Furnace) es de una gran capacidad de carga en caucho, se pueden agregar en grandes proporciones, genera poco calor en el - mezclado, buena flexión; es de especial interés en artículos mecánicos y - aislamiento de alambres por su buena resistencia.

4) G.P.F. (General Purpose Furnace), es un negro que puede substituir satisfactoriamente al F.E.F., al H.A.F. y al S.R.F., se podría decir que es un - negro intermedio entre los 3.

C) Negros conductores

Los negros que son conductores de corriente eléctrica son: S. - C.F. (Super Conductive Furnace), C.F. (Conductive Furnace) C.C. (Conductive Channel) y el negro acetileno.

D) Negros no reforzantes

Los negros térmicos F.T. (Medium Thermal) y F.T. (Fine Thermal), pueden considerarse como cargas para impartir rigidez y reducir en costo.

4.413.- PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS NEGROS

Las principales características son:

a) p H. La acidez de los negros depende básicamente del proceso de obtención así: los negros de canal tienen una amplitud de p H. de 3.5 - 5, los de horno 8 - 10, el negro de acetileno de 7 - 9 y los térmicos de - 7 - 9.5. El carácter ácido o básico afecta directamente la vulcanización, - el carácter ácido retarda la vulcanización en cambio el básico la acelera; de ahí que en igualdad de condiciones se prefieran los negros de canal por tener un proceso más seguro. Hay una relación directa entre el p H. y el contenido de oxígeno en la estructura del negro y en forma indirecta con el tamaño de partícula.

b) Tamaño de partícula. El microscopio electrónico ha demostrado, la realidad de la antigua consideración de la esfericidad de las partículas de negro de humo. Esta consideración permitió usar la relación geométrica del tamaño de partículas, diámetro con el área superficial por unidad de peso, característica más fácil de medir, (método de absorción de nitrógeno). Recientemente se ha desarrollado un método óptico para obtener dicha

nero o índice de iodo.

El tamaño de partícula afecta considerablemente las características en proceso y en el vulcanizado. Cuando el tamaño de partícula disminuye se obtiene: un mayor consumo de energía y una mayor temperatura de mezclado, un extruido más terso, compacto y brillante, una disminución en la plasticidad y un aumento de la capacidad del contenido de aceite; en el artículo ya vulcanizado se obtiene un aumento de dureza, de fuerza tensil, disminución de la resistencia a la fricción y aumento en la abrasión.

c) Estructura. La estructura puede definirse como la asociación o encadenamiento de carbones, formando bajas estructuras cuando la asociación es reducida o individual, de alta estructura, cuando forman grandes asociaciones y normal cuando es intermedia. La estructura no afecta el tipo pero sí las características que imparte. El grado de estructura se identifica por la capacidad de absorción de aceite; obteniéndose un índice de absorción o de estructura (comparación de la absorción de aceite con la absorción de otro negro del mismo tamaño de partícula, pero de estructura normal).

La estructura normal se considera con un índice de absorción de 100, será menor para los de baja estructura y mayor para los de alta. Los efectos producidos con un aumento en la estructura son similares que los obtenidos con una disminución del tamaño de partícula.

4.42.- MATERIALES REFORZANTES NO NEGROS.

Durante mucho tiempo el problema de los formulistas en hule fue la obtención de mezclas claras o de color altamente reforzadas, ya que para un mismo servicio no tenía comparación las mezclas reforzadas con negro de humo y las reforzadas con reforzantes no negros. Sin embargo la investigación ha ido ganando terreno a este problema ya mediante la obtención de productos orgánicos e inorgánicos ya por el tratamiento de minerales para eliminar substancias indeseables y obtener los tamaños de partículas necesarios, grado de humedad, p H. etc...

Entre los productos inorgánicos los de mayor poder reforzante son los diferentes tipos de Sílices o sus derivados, de gran semejanza al carbón pero de color claro. Los principales tipos son: sílice pura (CaO-O-Si); sílice hidratada y amorfa (Si-Si), silicoaluminato de sodio hidratado - -

Le siguen en importancia las arcillas, de mayor uso que las anteriores debido al bajo costo. Pueden ser del tipo reforzante y del tipo no reforzante ambas de gran capacidad de incorporación.

Los óxidos de calcio, magnesio y zinc, pueden ser buenos reforzantes en grandes cantidades pero tienen el inconveniente de ser muy pesados. Los principales reforzantes orgánicos son: las resinas de alto contenido de estireno, resinas de isobutileno estíreno, la lignina, los hules glicados, resinas de cumarona-indeno, actúan en su mayoría como plastificantes.

4.3.- MATERIALES PARA REDUCIR LOS COSTOS

La reducción del costo de un producto sin alterar las propiedades, se hace mediante la adición de las cargas inertes y de los extendedores.

4.31.- CARGAS INERTES O DILUYENTES

Son aquellos materiales que se incorporan en cantidades considerables a la mezcla sin afectar sensiblemente sus propiedades, son de bajo precio y de gravedad específica baja, lo que permite aumentar el volúmen de producción; generalmente mejoran su procesado de la mezcla principalmente en la extrucción. Su carácter inerte va en relación inversa al tamaño de partícula, por lo que en ocasiones para un mismo producto, según el tratamiento en su carácter, por ejemplo: el carbonato de calcio mineral (molido finamente) es una carga inerte, pero precipitado es reforzante.

Las de mayor uso son: arena, las baritas ($Ba\ SO_4$), talco, mica, arcillas blandas.

4.32.- EXTENDEDORES O SUBSTITUTOS DEL HULE

La función de estos ingredientes es complementaria y semejante a la de los plastificantes, la adición de éstos, permite la incorporación de cargas hasta un punto crítico en el cual las características se afectan sensiblemente, los extendedores tienen como efecto desplazar este punto crítico permitiendo la adición de mayores cantidades de cargas sin afectar las características, de ahí el nombre de extendedores o sustitutos.

Los extendedores más comúnmente usados son: los regeneradores -

plastificantes y después de la vulcanización ayudan al endurecimiento.

Los regenerados son los extendedores considerados como elásticos, ya que mejoran la adhesividad, el comportamiento en la extrusión, la estabilidad dimensional y debido al contenido de aceleradores y antioxidantes las mezclas, requieren menor cantidad de estos materiales.

Los factices son aceites no saturados de origen vegetal, que han sido vulcanizados con azufre y que poseen propiedades elásticas. Producen artículos muy suaves por lo que solo es útil en formulaciones en las que no se requiere un gran esfuerzo, tienen el inconveniente de ser de elevado precio, pero rigidizan las mezclas durante el proceso impidiendo las deformaciones de artículos vulcanizados a vapor abierto. Hay de tipo blanco y obscuro.

El hule mineral es un producto del asfalto tratado térmicamente en presencia de oxígeno, obteniéndose una polimerización por oxidación parcial.

4.6.- COLORANTES

Son aquellos materiales que se agregan para dar el color deseado, pueden ser de origen orgánico y se les llama colorantes, necesitándose cantidades apreciables y orgánicos y se les llama pigmentos, requiriéndose en muy pequeñas cantidades, para dar coloraciones muy intensas. Esta diferencia en la cantidad ha hecho que se prefieran a los orgánicos, pues se pueden obtener coloraciones muy diversas.

Los principales colorantes son los óxidos de fierro, que pueden ser de color rojo, amarillo hasta el café y negro, los óxidos de zinc y de titanio son usados para coloraciones blancas y el óxido de cromo para coloraciones verdes.

Los pigmentos que han desplazado a l s colorantes existen en una gran gama de colores y tonos: verde ftalocianina, amarillo benzidina, naja naftol, litopone (anaranjado), azul y cromo, etc...

Se recomienda usar mezclas de orgánicos e inorgánicos para estabilizar la coloración durante el servicio.

1.- Color deseado (brillantes y mates)

2.- Características químicas como pureza, resistencia química, estabilidad de color, etc...

3.- Características físicas como su dispersabilidad, solubilidad, punto de fusión, etc...

4.- Propiedades de fijeza a la luz, disolventes y temperaturas de vulcanización.

4.7.- DISOLVENTES

Los elastómeros son hidrocarburos altamente solubles en los disolventes tradicionales como: mezclas de hidrocarburos alifáticos (gasolina, gasolvente), alcoholes, (etílico, propílico), cetonas (acetona, metiletil cetona, metilisobutil cetona), aromáticos (benceno, tolueno, xileno), inorgánicos (tetracloruro de carbono y disulfuro de carbono).

Los factores que intervienen en la solubilidad son principalmente: el tipo de elastómero y el tamaño de las cadenas moleculares resultante de la plastificación, entre más pequeña la molécula, mayor solubilidad.

Se usan en la preparación de adhesivos y su selección se hace de acuerdo al grado de rapidez en el secado y costo.

4.8.- INGREDIENTES VARIOS

Existen pequeños grupos de substancias con funciones muy variadas, se pueden agrupar en ingredientes para elastómeros y materiales especiales para látex.

4.81.- PARA ELASTOMEROS

Las funciones secundarias por lo limitado de su empleo, pero en ocasiones de gran importancia dentro de la formulación buscan darle características que mejoren la calidad del artículo para un uso específico como: abrasivos, esponjantes, endurecedores, fungicidas, ignífugos, aromatizantes, promotores, agentes de unión, lubricante.

4.8.1.- [illegible]

Son aquellos que se incorporan a una mezcla de elastómeros para darle un poder abrasivo. Especialmente usados en pulidores y borradores, los más comunes son: la piedra pomez, la sílice de partículas grandes, carbonato

acado.

4.812.- AGENTES ESPONJANTES

Producen poros microscópicos, por desprendimiento gaseoso dando origen a las esponjas, se usan en concentraciones de 5 a 10% y para una mejor eficiencia debe asegurarse un medio de acción ácido por la adición de ácido cítrico en 5% especialmente para el bicarbonato de sodio y carbonato de amonio que durante mucho tiempo fueron los esponjantes de mayor uso. En la actualidad se usan: amidas y esteres del ácido carbamílico y el diazoaminobenceno. Es necesario cuidar, que la mezcla sea bien plastificada para facilitar el esponjado y que el sistema de vulcanización sea del tipo retardado pero de gran incremento en la vulcanización; para evitar la formación de poros excesivamente grandes.

4.813.- AGENTES ENDURECEDORES

En ocasiones es necesario en proceso, plastificar fuertemente, lo cual afecta la rigidez del artículo vulcanizado, cuando este efecto no es deseable se usan los endurecedores, que sin afectar las características del plastificado produce artículos rígidos. Son de gran utilidad en artículos de vulcanización abierta, como mangueras y empaques, ya que evitan la deformación durante el vulcanizado. Se usan también para retener la viscosidad de adhesivos. Los de mayor uso son para el amino fenol y la benzídina.

4.814.- FUNGICIDAS

En los artículos reforzados especialmente con algodón y de uso en lugares húmedos se agregan naftenatos de zinc, de cobre o resorcinol con el objeto de prevenir la formación de hongos.

4.815.- AGENTES IGNIFUGOS

Los elastómeros en su mayoría son combustibles, cuando por fines de servicio o de seguridad se requiera resistencia a la combustión, se agregan materiales para hacer el artículo incombustible, esto se logra por los diferentes métodos, el primero mediante desprendimiento gaseoso que aísle el artículo del contacto con oxígeno y en el segundo por formación de una capa de ceniza incombustible protectora. En el primer caso se usan sustancias que contengan cloro y en el segundo carbonatos de zinc, magnesio y sales de ácido bórico.

El neoprene es un elastómero incombustible.

4.816.- AGENTES AROMATIZANTES

Son principalmente aceites esenciales, vainilla, cetonas aromáticas, que se agregan para eliminar el olor del elastómero y de los ingredientes que intervienen en la formulación principalmente de juguetes, envases de comestibles o de uso farmacéutico.

4.817.- PROMOTORES

En elastómeros como el butilo, el poder reforzante obtenido con los materiales de refuerzo normales es muy bajo. Para mejorar la efectividad se agregan substancias como el Elastopaq y el Poliso que se consideran como promotores de reforzamiento.

4.818.- AGENTES DE UNION

Cuando se necesita unir hule a otros materiales como hierro, bronce, aluminio, es necesario el empleo de materiales que sirvan de enlace entre ellos. Los principales son: Brass (hules clorados), los diferentes tipos de Ty Ply, resinas fenólicas, resorcinol, la vinilpiridina, etc. .. Su selección depende del tipo de elastómero y del otro material.

4.819.- AGENTES LUBRICANTES

Principalmente en el moldeo de artículos de hule, se hace necesario el uso de lubricantes como: silicón, ucon, aquarex, jabones en solución para mejorar el acabado superficial de las piezas.

4.82.- INGREDIENTES VARIOS PARA LATEX

Además de las funciones generales mencionadas para los elastómeros, es necesario incluir las técnicas de formulación para látex funciones específicas como: agentes dispersantes, estabilizadores, humectantes, antiespumantes, anticoagulantes, espesantes.

4.821.- AGENTES DISPERSANTES

Se usan en la preparación de dispersiones coloidales para impedir las aglomeraciones de las partículas, los principales son: dioctil, sulfosuccinato de sodio (aerosol), tetraborato de sodio, caseína y estearato de sodio.

4.822.- AGENTES ANTIESPUMANTES

Para eliminar la formación de espuma durante el procesado. - -

Los más conocidos son: los siliconas, el dimetilpolisiloxano y una gran variedad, cuya composición permanece en secreto, como el Neyen y Fenzix.

4.823.- AGENTES ANTICOAGULANTES O ESTABILIZADORES

Estos materiales son indispensables cuando el látex sufre tratamientos sin llegar a la coagulación, son agentes tensoactivos como la dietanolamina, dimetil amina y bentonita.

4.824.- AGENTES COAGULANTES

En ciertos procesos de manufactura de artículos de látex, el coagulado de éste, es el factor de mayor importancia como el moldeado por inmersión. Los principales coagulantes son: nitrato de calcio, sulfato de aluminio hidratado, ácido acético y ácido clorhídrico.

4.825.- HUMECTANTES

Tienen como objeto rebajar la tensión superficial de los láticos para hacer más fácil su penetración a través de las substancias que se pretende impregnar tales como papel, tela, fibras textiles. Los principales son: los alcoholes graxos sulfonados, o los sulfonatos de alcohil naftaleno. Las principales marcas comerciales son: el Igepal, Nekal, Ramex y Sandocin.

4.826.- AGENTES ESPESANTES

Tienen como objeto aumentar la viscosidad de la mezcla para procesos como el moldeado por inmersión, como las gomas de tragacanto y Karaya, la carboximetilcelulosa y el poliacrilato de sodio.

[illegible]

5.- CARACTERISTICAS DE LAS MESOLAS BLASTOMERICAS

5.- CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS ELASTOMERICAS

El comportamiento de las mezclas elastoméricas durante su proceso y servicio depende de un conjunto de características físicas y químicas que se pueden desarrollar o eliminar mediante la formulación, de ahí la importancia de conocerlas.

Las características las podemos clasificar en: generales, de proceso y de mezcla vulcanizada.

5.1.- CARACTERISTICAS GENERALES

Son aquellas que existen tanto en la mezcla sin vulcanizar como ya vulcanizada, las principales son: adhesividad, encogimiento, gravedad específica y compatibilidad.

51.1.- ADHESIVIDAD

Aunque en forma general puede decirse que la adhesividad es la capacidad de unión superficial entre una mezcla elastomérica y otra de características diferentes que puede ser mezcla elastomérica, metal, fibras textiles, etc... Esta capacidad puede variar con la vulcanización distinguiéndose entre las características adhesivas antes de la vulcanización llamada pegajosidad y la de después llamada grado de unión; la primera representa la facilidad de unión y la segunda la estabilidad de la unión en el artículo de servicio.

La pegajosidad se aumenta mediante el empleo de adhesivos, de plastificantes resinosos como el alquitrán de pino, cementos, refrescando las superficies de unión con solventes y rasgándolas. Se reduce el empleo de lubricantes, ingredientes no compatibles, aceites nafténicos y por alojamiento excesivo.

El grado de unión se aumenta con el empleo de agentes, una preparación correcta de las superficies; este aumento solo es necesario en los casos que haya que pegar una mezcla a un material metálico, fibroso o de naturaleza muy diferente a los elastómeros, ya que en general el grado de unión entre los elastómeros es magnífico.

51.2.- ENCOGIMIENTO

La formulación, el tipo de elastómeros y el procesado son factores directos en el encogimiento. En la extrusión y moldeado es un fac-

ter muy importante porque afecta las dimensiones de las piezas.

Es producido fundamentalmente por el tamaño molecular del elastómero; se reduce o elimina mediante el uso de regenerados y plastificación correcta.

5V.1.- COMPATIBILIDAD

El empleo de materiales que no son compatibles con los elastómeros producen una migración superficial que reduce considerablemente la pegajosidad y produce exudación especialmente de aceites en el artículo vulcanizado. En ocasiones esta característica se aprovecha para protección á la oxidación y lubricación en el moldeado.

La compatibilidad debe considerarse también en la mezcla de elastómeros para evitar interacciones de los ingredientes.

5.2.- CARACTERISTICAS DE PROCESADO

Son aquellas que facilitan o dificultan el proceso de manufactura, las más importantes son: la plasticidad, vida de calor y contenido de azufre, libre.

52.1.- PLASTICIDAD

Es la característica de proceso de mayor importancia, ya que representa la capacidad de flujo, afecta considerablemente el consumo de energía, la calidad de extrusión y moldeo, así como la dispersión de ingredientes, adhesividad de las mezclas, y generación de calor y estabilidad dimensional.

Resulta del balance de dos características: la capacidad de deformación y la elasticidad; si predomina la primera decimos que la mezcla es suave, y si es la segunda, dura.

Se incrementa mediante trabajo mecánico y una formulación con suficiente plastificante.

52.2.- VIDA DE CALOR

Es la capacidad de absorber el calor debido al trabajo mecánico soportado en el procesado, de forma acumulativa antes de iniciarse la vulcanización.

Cuando la vida de calor es muy corta, se presenta la vulcanización prematura durante el proceso, denominada quemado y afecta la calidad del producto.

La vida de calor depende fundamentalmente del tipo de aceleración que puede ser: rápida, lenta o diferida según sea su iniciación. La primera tendrá una vida de calor corta y se recomienda para procesos que no requieran trabajo mecánico, como el moldeado, la segunda una vida intermedia permitiendo un proceso seguro como fabricación de rodillos y la última de mayor vida, en procesos que requieran trabajo mecánico y vulcanización rápida como cañerías para automóvil o en materiales de uso lento como hule de pisos.

Un factor que afecta directamente la vida de calor es la plasticidad; si la mezcla es dura habrá una mayor generación de calor por fricción, durante el trabajo mecánico. El tipo de negro usado en la formulación afecta también la generación de calor.

32.3.- CONTENIDO DE AZUFRE LIBRE.

El contenido de azufre libre indica el grado a que se llegó en la vulcanización; si existe azufre libre en cantidades apreciables, la vulcanización proseguirá durante el alojamiento del artículo variando las características. Facilita la oxidación y aumenta innecesariamente el costo.

5.3.- CARACTERISTICAS DE LOS VULCANIZADOS

Las características de los artículos vulcanizados durante su servicio son muy numerosas, tanto las químicas como las físicas. Una correcta conjugación de ellas dan como resultado un artículo de alta calidad.

5.3.1.- CARACTERISTICAS FISICAS

531.1.- PROPIEDADES MECANICAS

Son sin duda las de mayor importancia, pueden ser: estáticas o dinámicas según sea el tipo de trabajo que soporten. Las principales son: dureza, elasticidad, resistencia a la tracción, torsión, compresión, flexión, resistencia a la abrasión, generación de calor, etc.

5311.1.- RESISTENCIA AL TRABAJO ESTATICO

El trabajo mecánico que puede soportar un artículo de hule ---

puede ser: de flexión, compresión, torsión y tracción; produciendo deformaciones originadas por sus propiedades elásticas. Según la magnitud del trabajo mecánico el efecto producido será: deformación elástica, deformación permanente y ruptura.

La relación de las variables del trabajo fuerza-extensión, se ven representadas por la relación carga-deformación en los materiales elásticos. Esto hace necesario considerar cada variable en forma independiente resultando las características derivadas: carga y deformación de la ruptura, y en forma combinada, resultando las características primarias: deformación a una carga fija, carga a una deformación dada y la deformación permanente. Con una medida directa de las características elásticas.

Un artículo sometido a trabajo mecánico en forma prolongada sufre variaciones en sus características debido a la fatiga. Otras propiedades de importancia son el índice de recuperación, generación de calor e histéresis.

53111.1.- CARGA A LA RUPTURA

Es la fuerza que se necesita aplicar para llegar a la ruptura. Es utilidad para especificar la carga mínima de aceptación, incluyendo el factor de seguridad para eliminar la posibilidad de fallas en servicio; principalmente se usa en artículos sometidos a compresión y torsión.

La carga a la tracción es de uso común en el control de calidad por la sensibilidad que tiene a las variaciones de proceso, fallas en el pesado de ingredientes, deficiencia en la plastificación o en la vulcanización; se llama tensión y se define como la fuerza por unidad de área necesaria para romper una muestra de sección conocida. Es incrementada con las cargas reforzantes, disminuída con plastificantes y reducción en el tiempo de vulcanización.

Es necesario hacer notar que a pesar de ser un medio común de control de calidad esta propiedad no puede considerarse como índice de calidad del artículo, pues pues se someten a tracción considerable y no existe correlación en las otras propiedades.

53111.2.- DEFORMACION A RUPTURA

Es la deformación máxima sufrida a la carga de ruptura. Como -

se indicó anteriormente está correlacionada con la carga de ruptura.

Los factores que la afectan son los mismos que afectan a la carga, pero de efecto inverso; es decir el aumento de carga disminuye la deformación, los plastificantes y la vulcanización corta, la incrementan.

La deformación por tracción se llama alargamiento y se usa también para el control de calidad.

53444.3.- CARGA A UNA DEFORMACION FIJA

La carga a una deformación fija se llama módulo, se define por la fuerza necesaria para deformar una muestra de sección conocida a un porcentaje determinado de sus dimensiones iniciales, los más usados son el de tracción y el de compresión, Así el módulo de tracción a 300% es la fuerza que se necesita aplicar para obtener una deformación de tres veces su tamaño. Son usadas como índice de rigidez o blandura así como de la aceleración de una mezcla.

Se incrementa por aumento y selección del acelerador y con azufre se reduce con plastificantes y reducción del ciclo de vulcanización.

53444.4.- DEFORMACION A UNA CARGA FIJA

Es la deformación máxima sufrida por la acción de una fuerza determinada. La más común es la elongación a carga fija, usada como la mejor forma de control de calidad por la rigidez y sensibilidad especialmente para controlar la aceleración de las mezclas en producción.

53444.5.- DEFORMACION PERMANENTE

Es la variación de dimensiones que sufre un artículo al deformarse por la acción de una carga es un coeficiente de desviación de la elasticidad perfecta y se da el porcentaje de deformación. Depende de la magnitud y tiempo la acción de carga y de la formulación.

Los de mayor importancia son el de tracción y el de compresión. Los efectos de la formulación son inversos, es decir; las cargas incrementan la deformación permanente por tracción y disminuyen la de compresión.

53444.6.- INDICE DE RECUPERACION O RESISTENCIA

Es la relación de energía proporcionada para un esfuerzo de deformación y la que se recupera al recobrar su forma. Es un índice de su resistencia al impacto, se expresa en porcentaje; se incrementa mediante el uso de aceleradores adecuado y disminución de cargas. De acuerdo a su resistencia de capacidad de rebote.

53111.7.- HISTERESIS

Es la energía retenida en una deformación, produciendo una generación de calor, es resultado de la fricción interna.

Una histéresis elevada permite absorber trabajo mecánico y especialmente vibraciones.

5311.2.- RESISTENCIA AL TRABAJO MECANICO

El comportamiento de los artículos sometidos al trabajo dinámico varía principalmente debido a la fatiga y a la histéresis, las principales características son: la resistencia a la abrasión, el módulo dinámico, el poder absorbente de vibraciones y flexión.

53112.1.- RESISTENCIA A LA ABRASION

Es la resistencia al desgaste por fricción, los factores combinados que intervienen son, la dureza, la velocidad, la histéresis y su estabilidad térmica. Los negros de partícula fina la incrementan considerablemente.

53112.2.- MODULO DINAMICO

El módulo dinámico es diferente al estático debido a su resilencia; si es de baja aumenta ligeramente pero si es de alta puede llegar a duplicar sus valores.

53112.3.- LA FLEXION DINAMICA

La flexión dinámica es sin duda la de mayor importancia ya que la inmensa mayoría de los artículos trabaja en continua flexión. Puede considerarse como catalizador de la oxidación produciendo agrietamientos característicos en la zona de flexión.

5311.4.- DUREZA

Es la resistencia a la penetración. Se incrementa con la adición de cargas, azufre, aceleradores y el grado de vulcanización; se dismi

mpo con los plastificantes.

Es un buen índice en el control de calidad.

5311.5.- PERMEABILIDAD

Las características de permeabilidad o porosidad dependen fundamentalmente del tipo de elastómero siendo los de menor porosidad los butilos y nitrilos.

5311.2.- PROPIEDADES TERMICAS

Las principales características son: calor específico, conductividad térmica, coeficiente de dilatación, efecto Joule y su comportamiento en condiciones externas de temperatura.

5312.1.- CALOR ESPECIFICO

El calor específico de una mezcla puede considerarse como aditiva, especialmente antes de vulcanizar. Es de gran utilidad para conocer la cantidad de calor que se necesita proporcionar, para llegar a la temperatura de vulcanización.

El calor específico de los elastómeros es alto comparado con los materiales inorgánicos, no existiendo diferencias considerables entre los diferentes tipos.

5312.2.- CONDUCTIBILIDAD TERMICA.

La conductibilidad térmica es muy pequeña, sin duda una de las más importantes en los artículos de servicio dinámico, ya que debido a la histéresis se produce generación de calor (el cual no es eliminado por su baja conductividad), elevándose considerablemente la temperatura si el diseño no incluye un eficiente sistema de enfriamiento.

Depende del tipo de elastómero, cantidad y tipo de carga.

5312.3.- COEFICIENTE DE DILATACION

El coeficiente de dilatación es muy superior que el de los metales, disminuye con el incremento de cargas es muy importante en el análisis de presición por la construcción que se produce con el enfriamiento.

5312.4.- EFECTO DE JOULE

En el comporta de rigidez de los artículos, cuando después de

deformados aumentan su temperatura.

Cuando un artículo de tensión fija es calentado disminuye su alargamiento y cuando está sometido a deformación constante la tensión aumentará; de gran utilidad en artículos que trabajan a torsión.

5312.3.- COMPORTAMIENTO EN CONDICIONES EXTREMAS DE TEMPERATURA

El comportamiento de una mezcla al variar las condiciones de temperatura es de gran importancia tanto en el servicio estático como dinámico. Cuando las temperaturas de trabajo son bajas se produce un endurecimiento y disminución de su elasticidad por cristalización; llegando a un punto de fragilidad cuando son externas. Estos cambios son reversibles no teniendo gran importancia en servicio estático, pero en el dinámico estos cambios producen deterioro por desmoronamiento.

Depende del tipo de elastómero y la plastificación. Se recomienda la eliminación de materiales termoplásticos y resinas para una máxima resistencia.

Cuando las temperaturas de trabajo son elevadas se produce una disminución en las propiedades por una aceleración de la oxidación y un efecto plástico que predomina sobre el efecto de Joule.

Se recomienda reducir el contenido de azufre o usar sistemas de vulcanización sin azufre y selección correcta del elastómero para máxima conservación de las características mecánicas a temperaturas elevadas.

5314.3.- PROPIEDADES OPTICAS

La luz actúa como un acelerador de la oxidación y del cambio de propiedades. En los artículos de color puede producir cambios en la coloración; la resistencia depende de la selección adecuada del elastómero y una correcta protección a la oxidación.

5314.4.- PROPIEDADES ELECTRICAS

Los elastómeros son comúnmente considerados como aislantes, pero de esta característica puede haber variación por adición principalmente de negro acetileno.

Las principales características eléctricas son: constante dieléctrica

léctrica, factor de potencia, resistividad y resistencia de aislamiento y retención de propiedades en medio húmedo y trabajo mecánico.

5314.1.- CONSTANTE DIELECTRICA

Es la capacidad de retener electricidad; de importancia durante el mezclado y en piezas sujetas a fricción por la generación de carga estática.

5314.2.- FACTOR DE POTENCIA

Es la tendencia a generar calor durante el servicio, afectando su resistencia a la oxidación.

5314.3.- RESISTIVIDAD

Es la resistencia por unidad de espesor. Da las características de aislante cuando es elevada y de conductor si es baja.

Combinando el comportamiento dieléctrico y su resistividad pueden clasificar las mezclas en estáticas o aislantes, antiestáticas y conductoras, según la facilidad o dificultad de almacenar carga estática.

5314.4.- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Es la relación de voltaje a intensidad de corriente, puede ser superficial y de penetración; de importancia la primera en clavijas y la segunda en conductores.

5314.5.- RETENCION DE PROPIEDADES

Los dos factores de servicio que afectan las características eléctricas son: la humedad y el trabajo mecánico.

La humedad afecta principalmente a la resistividad, si contiene materiales solubles.

El trabajo mecánico de tracción o flexión aumenta su resistividad y con ello el carácter estático o antiestático de la mezcla.

531.5.- PROPIEDADES ACUSTICAS

La propiedad de mayor importancia es la capacidad de absorber vibraciones, característica ligada directamente a la resistencia.

La relación de absorción-resilencia, está determinada por la -

frecuencia y amplitud; aún las mezclas de baja resilencia son generalmente buenas absorbentes pero si la frecuencia y amplitud son máximas en alta histéresis producirá elevación de la temperatura, no siendo entonces adecuadas.

La rigidez y deformación permanente por su relación compleja con la resilencia afectan la capacidad de absorción.

53.2.- PROPIEDADES QUIMICAS

Las características químicas son importantes en servicios de protección anticorrosiva dependen del tipo del elastómero y de la formulación.

La mayoría de los elastómeros en presencia de aceites y disolventes se hinchan y absorben cantidades apreciables que disminuyen las propiedades mecánicas y tienden a disolverse, efecto que depende además del elastómero del tipo de aceite disolvente.

El hinchamiento producido se elimina con la adición de cargas y reforzantes, alto contenido de azufre y vulcanización larga.

La resistencia a los agentes oxidantes mediante el uso de los materiales protectores de la degradación se mejora.

El agua en forma de vapor o humedad reduce las características mecánicas principalmente cuando la formulación usa componentes higroscópicos y solubles. Cuando frecuentemente cambia, de húmeda a seca una superficie; los efectos son mucho más severos.

6.- PROCESOS DE MANUFACTURA

6.- PROCESOS DE MANUFACTURA

A pesar de la gran variedad de artículos manufacturados de hule se puede determinar varios procesos comunes como: masticación, mezclado, extrusión, calendreo, moldeado, preparación y ensamble, dimensión y vulcanización.

Para el formulista es indispensable el conocimiento de los procesos y equipo, para formular compuestos adecuados a un nivel económico de fabricación.

6.1.- MASTICADO

6.1.1.- CRUDO

Los elastómeros crudos se encuentran en un estado de equilibrio elástico-plástico, dicho equilibrio puede desplazarse hacia el plástico, con aumento el trabajo mecánico, calentamiento y empleo de plastificantes; con desplazamiento no recuperable parcialmente.

El masticado tiene por objeto un desplazamiento definitivo al estado plástico necesario para permitir el mezclado, extrusión y calendreo de adecuados, es una ruptura molecular necesaria, especialmente en el hule natural y sintéticos de alto grado de viscosidad.

6.1.2.- EQUIPO

Se puede efectuar en molinos, mezcladores internos y plastificadores.

6.1.2.1.- MOLINOS

Los molinos son cilindros giratorios con abertura variable que giran en sentido contrario y a diferente velocidad (relación de 1.1 a 1.3), entre los cuales se pasa varias veces el hule; hasta formación de una capa continua que cubre uno de los rodillos, en estas condiciones se trabaja haciendo cortes en la banda para homogenizar, durante el tiempo requerido para lograr el desplazamiento a nivel económico.

A el grado de plastificación no es suficiente se repite la operación hasta lograrlo.

El trabajo mecánico a que se somete es desgarro, fricción y compresión; pero hay generación térmica, la cual genera la oxidación

y con ella la plastificación. La temperatura normal de trabajo es de 60°C., en rodillos, los cuales tienen enfriamiento interno.

Tiene el inconveniente de que depende de las condiciones de trabajo fijadas por el operario y que carece de un control de tiempo lo cual, produce irregularidad en la plastificación.

612.2.- MEZCLADORES INTERNOS

Los mezcladores internos están formados por una cámara sujeta a presión mediante un pistón, dentro de la cual giran dos eliceidas en sentido contrario y a velocidad diferente. En la cámara el elastómero es forzado por la presión a un masticado muy rápido, uniforme y con control exacto del tiempo de trabajo. Se alcanzan temperaturas altas (160 - 170° C.) permitiendo una plastificación más eficiente. Existen de diferentes capacidades y están acoplados a un molino de rodillo.

612.3.- PLASTIFICADORES

Son equipos especialmente para masticación continua, el contenido de los anteriores que se usan también en el mezclado y con interrupciones, se basa en el flujo forzado al través de una cámara longitudinal mediante un gusano sin-fin. Su temperatura de trabajo es de 160 - 170°C., y permite obtener el elastómero plastificado en forma granulada. El más conocido es el plastificador Gordon.

612.4.- FACTORES QUE INTERVIENEN

Los principales factores que intervienen en la masticación son: capacidad, temperatura y tiempo.

La capacidad es necesario determinarla de acuerdo con el equipo y tipo de elastómero empleado especialmente para mezcladores internos - ya que el volúmen por carga debe ser acorde al de la cámara; un volúmen mayor produce un masticado irregular, pues una parte queda fuera de la cámara y eleva considerablemente la temperatura por fricción; por el contrario un volúmen menor da pérdida de eficiencia y genera calor. En los plastificadores por extrusión lo único que se necesita determinar es el volúmen - alimentado por unidad de tiempo que depende de las revoluciones por minuto del gusano y el volúmen libre entre éste y la cámara. En los molinos es necesario ajustar el tamaño de la carga para lograr un masticado satisfactorio -

con el mismo tiempo, ya que cargas excesivas hacen muy lento tanto la plastificación como la homogeneización.

La temperatura acelera el masticado considerablemente, se recomienda un almacenaje en cuarto caliente durante 12-24 horas a 85°C., para - secar y reblandecer el elastómero permitiendo obtener una mayor plastificación en el masticado, especialmente el hule natural, que durante los almacenajes largos sufre endurecimiento que dificulta su procesado.

Es necesario determinar el tiempo óptimo de plastificación, ya que durante este proceso existen dos períodos: el inicial en el que se obtiene un cambio considerable y otro en el que el cambio disminuye hasta llegar a un estado de continuidad; en el que los cambios son apreciables. El - tiempo económico es el que corresponde al empleo del segundo período.

6.2.- MEZCLADO

62.1.- GENERO

El mezclado tiene como objeto incorporar y dispersar correctamente los ingredientes de una formulación permitiendo obtener una masa homogénea apta para su almacenaje o uso directo en procesos posteriores.

62.2.- EQUIPO

El equipo empleado es principalmente el molino de rodillos y el amasador interno según sea la capacidad de producción necesaria, siendo de las mismas características que los empleados en la masticación.

62.3.- FACTORES QUE INTERVIENEN

Los principales factores que intervienen son la rapidez de incorporación de los ingredientes, la cantidad de ingredientes, la temperatura del mezclado, el orden de adición, la capacidad y las características de vulcanización de la mezcla.

623.1.- MEZCLADO EN MOLINO

Para lograr una rápida incorporación, es necesario pasar varias veces el hule entre rodillos hasta que éste se caliente por el trabajo mecánico y forme una banda continua suficientemente plástica para poder incorporar los ingredientes. Debe de haber un exceso de hule (llamado Banco),

lencia debido al desgarro, compresión y fricción que sufre la banda; tiene lugar que permitirá una rápida incorporación, si no existe bueno los ingredientes son incorporados por la compresión únicamente en la parte superficial, haciendo el mezclado más lento.

Para que la incorporación sea más rápida, se adapta un tercer rodillo más pequeño llamado Blender, el cual permite controlar el banco y aumentar el tamaño de carga. Una vez obtenido la incorporación de los ingredientes el operario deberá homogeneizar la mezcla mediante cortes sucesivos a lo largo de la banda, hecho esto se procede a cortar en láminas, para su almacenaje, o en tiras de alimentación directa a la calandria, tubuladora o moldeado según los sistemas de producción.

Calidad depende fundamentalmente de la habilidad del operario, pudiendo tenerse pérdidas considerables en polvos, tiempo largo de mezclado, plasticidad muy variable y mala dispersión; si el operador carece de habilidad o cuidado.

El grueso de la banda afecta considerablemente la dispersión y el enfriamiento de las láminas; entre menor es la abertura mejor será la dispersión y más rápido el enfriamiento, pero menor la capacidad.

623.3.- MEZCLADO INTERNO

Los mezcladores internos más usados son los Banburys existen de diferentes volúmenes de cámara y con velocidad variable en las cuchillas. La cámara se cierra por medio de un pistón con dos presiones diferentes. La incorporación se efectúa por flujo forzado y desgarro por la diferente velocidad de las dos cuchillas.

Los Banburys de alta velocidad permiten poca considerable generación de calor, por fricción. Los de velocidad baja generan menor calor, incorporación lenta y buena dispersión. Tienen controladores de tiempo y temperatura lo que permite un mayor control eliminando considerablemente la importancia de la habilidad del obrero y aumentando la uniformidad.

Efectuada la incorporación se descarga sobre un molino para que se complete la dispersión y se lamine para un rápido enfriamiento.

623.3.- TEMPERATURAS DE MEZCLADO

La temperatura ayuda a una buena dispersión para el se quemaduras pueden afectar produciendo gelificación especialmente en el hule elastómero o produciendo quemadurá por vulcanización prematura.

La temperatura del mezclado se eleva por la fricción y generación de calor debida a los ingredientes especialmente los negros de humo - por lo que debe asegurarse de un correcto enfriamiento de la cámara y de - los cilindros.

En el reforzamiento de los butilos, la temperatura es de 160 - 170°C., para los otros elastómeros la temperatura debe ser menor especialmente los neoprenos, que debe ser entre 90 - 110°C.

623.4.- TIPO DE FORMULACION

Un factor de gran importancia es el tipo y cantidad de los ingredientes que intervienen en la formulación.

El tipo de elastómero tiene efecto directo el neoprene no es aconsejado trabajarlo en molino por su gran pegajosidad al rodillo, el butilo tampoco ya que requiere de altas temperaturas en el mezclado, los demás tipos de elastómero se trabajan indistintamente en molino y en banbury.

Existen ingredientes que se caracterizan por su facilidad de - incorporación como los negros (especialmente los de canal), los aceleradores, las arcillas y resinas; permitiendo un rápido mezclado. Otros como óxido de zinc, cera, azufre y aceites son de incorporación lenta.

La función que tienen en la formulación determina generalmente su orden de adición, siendo de gran importancia para obtener una buena calidad. Se carga inicialmente el hule para su calentamiento, se añaden - los plastificantes, cargas reforzantes, cargas inertes y aceleradores, agregando hasta el final el agente vulcanizante. Según el tipo de elastómero es necesario hacer algunos cambios en el orden.

La cantidad de cargas si es muy elevada; dificulta la incorporación, por el bajo volúmen de elastómero en la cámara y produce elevación excesiva de la temperatura.

Para eliminar los problemas originados por la dificultad de in

sin afectar su calidad, se ha establecido el sistema de mezclas preliminares llamadas maestras que no contienen agente vulcanizante, por lo cual pueden mezclarse a temperaturas de 100 - 160°C., sin riesgo de una vulcanización prematura. Se usan maestras de: negros, antioxidantes, acelerantes y de pigmentos; el uso de maestras mejora la dispersión, permite la reducción en el ciclo de mezclado y elimina la pérdida de fugas.

En el mercado existen hules sintéticos en forma maestra de negro, aceites y una mezcla de los dos, que facilitan a los pequeños fabricantes el mezclado en molino.

6.2.5.- CAPACIDAD

El tamaño de la carga depende: para el mezclado en molino, de la abertura entre rodillos, del diámetro, largo y velocidad de fricción; para el mezclado en Banbury del volumen de la cámara y de la gravedad específica de la mezcla principalmente. Es conveniente en necesario reducir el tamaño de la carga para eliminar sobrecalentamiento y disminuir el trabajo.

6.3.- LA EXTRUSION O TUBULADO

6.3.1.- CONCEPTO

La extrusión o tubulado es el proceso continuo mediante el cual se le da la forma deseada al hule crudo, permitiendo la elaboración de piezas con perfiles muy variados que pueden vulcanizarse directamente, moldearse o ensamblarse con otras; se usa también en el colado de mezclas para eliminar partículas contaminantes.

6.3.2.- EQUIPO

El equipo consiste en una línea de molinos de rodillos usados para calentar la mezcla, aumentando su plasticidad y con ello obtener una disminución en su viscosidad; una tubuladora o extrusor que da la forma de la pieza por flujo forzado, formada por una cámara cilíndrica dentro de la cual gira un gusano sinfín que origina el flujo del hule, termina en una cabeza que distribuye el flujo de hule en la forma deseada y lo completa una zona de enfriamiento, para evitar deformaciones de las piezas.

El diámetro y longitud de la cámara de la tubuladora es variable, fijando el tipo de alimentación. En caso de la selección diámetro-

longitud es de 1:14, si es menor requiere alimentación en caliente. Su velocidad también es variable afectando el tubulado.

La cabeza puede ser de forma muy variada según la necesidad de flujos cónicos con mandril, paramétrica o irregular; tiene sistema de enfriamiento interno para una mejor regulación del flujo.

La longitud y características de las cabezas de enfriamiento varía en cada fabricante con la temperatura del agua de enfriamiento y la extrusión.

Existen tubuladoras de pistón de operación intermitente para baja producción.

633.1.- FACTORES QUE INTERVIENEN

Los principales factores que intervienen son: las características de la escala y el tipo de flujo, las temperaturas de operación y el diseño de dados. Podemos distinguir dos tipos de flujo: el radial producido por el quemo sinfín y el negativo originado por el claro entre quemador cámara, y la diferencia de presiones entre la zona de alimentación y la de boca.

El flujo radial se puede descomponer en flujo transversal que produce fricción en las paredes de la cámara; afectando la regularización de temperatura y flujo longitudinal o de arrastre que genera la presión en la cabeza.

633.2.- FORMULACION

Las características de la escala son un factor muy importante en el tubulado, especialmente en plasticidad, resistencia al quemado, estabilidad dimensional, uniformidad y elasticidad al desgarro.

La plasticidad es el factor de mayor importancia en la extrusión ya que representa la facilidad de flujo. Se necesita un cambio rápido con el calentamiento y un bajo esfuerzo de deformación.

Mezclas duras generan calor por fricción y producen reticulación incipiente.

Una buena dispersión es indispensable para un tubulado unifor-

no.

La estabilidad dimensional depende de la cadena molecular o nervio que le da a la mezcla en elasticidad al desgarro y poder de rompimiento, únicamente el sistema de plastificación usado es la causa directa.

La resistencia al quemado es una característica indispensable ya que el trabajo mecánico al que se somete la mezcla es muy fuerte. Hay muchas clasificaciones de aceleración lentas o retardadas.

Las cargas finas como el carbonato de calcio ayudan a mejorar el tubulado.

Una mala plastificación produce hinchamiento anormal y rugosidad.

6.33.3.- TEMPERATURAS

Las temperaturas tanto del hule como de la máquina son muy importantes, ya que se trata de un flujo altamente viscoso.

Se necesita calentar el hule para reducir su viscosidad en forma uniforme, para mantener condiciones iguales de flujo y eliminar variaciones en los perfiles. Si se desea una superficie tersa es necesario calentar la zona del dado.

633.4.- DISEÑO DE DADOS

El diseño de dados tiene como objeto la determinación de las medidas que deberá tener la plantilla metálica que servirá de molde en la extrusión para obtener el perfil deseado. Es una operación muy complicada y puramente práctica, en ella deberán considerarse, las presiones en los diferentes puntos del perfil, la alimentación del hule, las temperaturas de trabajo, el estiramiento, la recuperación, la velocidad del pasaje, el hinchamiento y la plasticidad principalmente.

El flujo de hule en un punto determinado aumenta con la velocidad y la plasticidad, disminuyendo con el aumento de presión en la cabeza.

El estiramiento de salida al que se somete un perfil, debe ajustarse a las características de recuperación de la mezcla, pues si es

ceptivo con el enfriamiento se producirá una fuerte contracción que hará variar los gruesos.

Las temperaturas son de gran importancia ya que una variación afecta totalmente las características del flujo afectando considerablemente los espesores.

El hinchamiento originado por el flujo elástico y fundamentalmente, varía de acuerdo al tipo de mezcla; a mayor plasticidad menor hinchamiento, esto es el principal factor que es necesario considerar, para obtener los gruesos deseados. El diseño de dados debe estar basado en una mezcla uniforme y correctamente plastificada, alimentación constante y temperatura de trabajo uniformes.

6.4.- CALANDREADO

6.4.1.- OBJETO

El calandreado tiene como objeto laminar el hule a espesores muy exactos y aplicarlo simultáneamente a materiales textiles. También permite la obtención de capas continuas de hule a espesores especificados y anchos muy variados. Con el fin de evitar que se peguen los materiales textiles y las láminas, se usa polietileno o textiles impregnados de hule, tos como medio de separación en el enrollado.

6.4.2.- EQUIPO

La calandria más común es la de tres rodillos colocados en forma vertical, el rodillo central fijo, siendo los otros dos movibles pudiendo variar su abertura con relación al central.

Debe tenerse espesores iguales en toda la ancho de la lámina de hule por lo cual los rodillos deben diseñarse para poder compensar la flexión producida por las presiones de trabajo sobre los rodillos, esto se obtiene contrayéndolos en forma biónica.

Existen en la actualidad calandrias con cuatro rodillos que permiten el chalado simultáneo de los dos lados, así como el laminado de dos tipos diferentes de hule y la unión de las capas especialmente para los cubrimientos de tanques. Las calandrias de tres rodillos efectúan el chalado de textiles de dos pasos, primero un lado y después el otro. Son de varios formatos.

locidad variable y con sistema de enfriamiento interno. La relación de velocidades entre rodillos puede variarse.

El equipo secundario necesario para el calandreo es: molino de rodillos para el calentamiento de hule lo cual permite la formación inmediata de la película de hule, medidores magnéticos que miden automáticamente el espesor de la película de hule por la conducción de la corriente eléctrica a través de ella, este método de control ha permitido una gran exactitud en el control de gruesos, permitiéndose dar tolerancias de ± .005 mm., y generalmente bandas transportadoras para hacer la alimentación de los rodillos a la calandria en forma automática.

643.3.- FACTORES QUE INTERVIENEN

Los principales factores que intervienen son: relación de velocidad, formulación, tipo de textil, presión de calandreo, temperatura, alimentación y humedad.

643.1.- RELACION DE VELOCIDADES DE LOS RODILLOS

La velocidad del rodillo intermedio puede variarse originando dos tipos diferentes de aplicación de la película de hule a textiles, cuando la relación es igual, a la aplicación se hace por compresión y cuando es mayor la del central la aplicación se efectúa por compresión y por rozamiento, denominándosele como abulado y friccionado respectivamente. El abulado se usa para recubrir textiles que han sido tratados previamente con agentes de unión que permiten una gran adhesividad entre el material textil y la mezcla, no necesitando gran penetración.

El rozamiento se emplea en textiles que no han sido tratados y que por consiguiente requieren de una gran penetración para ayudar a la adhesividad.

643.2.- FORMULACION

La formulación es un factor muy importante en el calandreado. Se requieren mezclas de gran plasticidad, especialmente en el friccionado para obtener mejor penetración, de gran resistencia al quemado especialmente en friccionado donde la generación de calor es mayor.

La adhesividad a los rodillos es deseable en la fricción, pe-

ra que la capa fricciónante permanezca cubriendo el rodillo central, cuando no es suficiente se producen desprendimientos que originan material defectuoso por exceso de hule. Cuando la adhesividad no es buena se pinta el rodillo central con resina o caseína para lograr la adhesión necesaria. Por el contrario en el abalado debe evitarse el que la capa de hule se adhiera al rodillo central, se producen claros sin abalado.

La adhesividad puede regularse con la temperatura de los rodillos.

6.3.3.- PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Entre los principales factores que dependen de la operación se menos: temperaturas, presiones, estiramiento y la humedad.

La temperatura y alimentación de la mezcla debe ser uniforme, para evitar variaciones en los espesores.

La presión con que se aplica el abalado además de afectar el espesor, afecta a la adhesión del hule al tejido; si es menor por falta de penetración, si es mayor de la necesaria se producirá acordiamiento especialmente en las orillas, produciendo gran cantidad de material defectuoso. Se controla por medio del rodillo inferior; a mayor abertura menor presión.

El estiramiento es de gran importancia para evitar el encogimiento y la distorsión del tejido.

El material textil debe tener un contenido de humedad inferior al 3% ya que disminuye la adhesividad y produce desprendimiento del abalado en servicio; en materiales textiles, como el rayón disminuye considerablemente su resistencia mecánica.

6.3.- DISOLUCIÓN

El proceso de disolución de mezclas elastoméricas tiene como objeto, la preparación de adhesivos y soluciones para el impregnado de textiles, donde la película es muy pequeña y se necesita una impregnación total, y en la preparación de pinturas anticorrosivas.

Se efectúa en recipientes generalmente herméticos constituidos o agitación por aspas giratorias alaja velocidad. El efecto más común es que

ra que la capa fricionante permanezca cubriendo el rodillo central, cuando no es suficiente se producen desprendimientos que originan material defectuoso por exceso de hule. Cuando la adhesividad no es buena se pinta el rodillo central con resina o cacetina para lograr la adhesión necesaria. Por el contrario en el abulado debe evitarse el que la capa de hule se adhiera al rodillo central, se producen claros sin abulado.

La adhesividad puede regularse con la temperatura de los rodillos.

6.3.3.- FACTORES DE OPERACION

Entre los principales factores que dependen de la operación de mezcla: temperatura, presiones, estiramiento y la humedad.

La temperatura y alimentación de la mezcla debe ser uniforme, para evitar variaciones en los espesores.

La presión con que se aplica el abulado además de afectar el espesor, afecta a la adhesión del hule al tejido; si es menor por falta de penetración, si es mayor de la necesaria se producirá mordimiento especialmente en las orillas, produciendo gran cantidad de material defectuoso. Se controla por medio del rodillo inferior; a mayor abertura menor presión.

El estiramiento es de gran importancia para evitar el encogimiento y la distorsión del tejido.

El material textil debe tener un contenido de humedad inferior al 3% ya que disminuye la adhesividad y produce desprendimiento del abulado en servicio; en materiales textiles, como el rayón disminuye considerablemente su resistencia mecánica.

6.5.- DISOLUCION

El proceso de disolución de mezclas elastoméricas tiene como objeto, la preparación de adhesivos y soluciones para el impregnado de textiles, donde la película es muy pequeña y se necesita una impregnación total, y en la preparación de pinturas anticorrosivas.

Se efectúa en recipientes generalmente herméticos sometidos a agitación por aspas giratorias a baja velocidad. El método más común es pre

para la mezcla de hule con la carga, agentes adhesivos y vulcanizantes y después disolverlo, obteniéndose adhesivos con mayores dispersión. También puede disolverse directamente el elastómero y posteriormente agregar en forma de pasta los ingredientes, siendo su dispersión inferior pero su adhesividad será mayor.

La plasticidad de la mezcla, que se va a disolver, es otro de el factor más importante puesto que afecta directamente las características del producto. A mayor plasticidad será más rápida la disolución y de viscosidad menor, pero también de menor adhesividad; esto se debe al tamaño molecular.

El disolvente empleado depende del elastómero y del grado de volatilidad requerido.

El tipo de vulcanización puede ser térmico o ambientalmente.

6.6.- ENSAMBLADO Y PRODUCTOS TERMINADOS

Existe una gran variedad de artículos que por las características de servicio, requieren de materiales elastoméricos con diferentes propiedades o la combinación de éstos con otro tipo de materiales. Esto también la elaboración de piezas por diferentes procesos y un armado posterior.

En el ensamble es necesario unir: hule con hule, hule con metal e hule con textiles, para ello es necesario que exista adhesividad entre los medios. La unión de hule con hule generalmente no representa problema por su pegajosidad, sin embargo las mezclas de estireno-butadieno se caracterizan por su baja pegajosidad, siendo necesario el uso de disolventes para refrescar la superficie o el empleo de agentes de unión.

La adhesión a metal y textiles representa un problema que requiere una preparación especial. En el caso de la unión a metal es necesario preparar la superficie de éste con un cepillado ligero, pulido, limpieza y el uso de agentes de unión, para la selección de éste último es necesario considerar el metal y tipo de hule que se necesita unir.

Para los textiles es necesario darles un tratamiento especial

que consiste en impregnarlos con soluciones vulcanizables hechas a base de látex y resinas fenólicas, cocidas a temperaturas inferiores a las de vulcanización.

Para ciertos artículos es necesario darles forma mediante un prensado o conformado para poder efectuar satisfactoriamente la vulcanización.

6.6.- VULCANIZADO

6.6.1.- CONCEPTO

El vulcanizado tiene como objeto reducir la plasticidad y aumentar la elasticidad aparente, por eliminación del deslizamiento molecular mediante la creación de una estructura tridimensional, por formación de enlaces intermoleculares, dando como resultado un artículo de forma estable. Es el proceso de mayor importancia en la industria hulera y al cual se debe su existencia industrial.

6.6.2.- TIPOS DE VULCANIZACION

Los principales formas de efectuar la vulcanización son: en prensa, con aire caliente, con vapor abierto, autovulcanización, sulfo vulcanización y vulcanización continua.

De menor importancia son las vulcanizaciones con rayos infrarojos, ultravioleta y radiaciones atómicas.

6.6.2.1.- VULCANIZACION EN PRENSA

En este proceso se hace simultáneamente el moldeo y el vulcanizado, puede efectuarse según la forma de moldeo por compresión, transferencia o inyección.

El calentamiento del molde puede ser por resistencias eléctricas y vapor o aceites circulantes. Las prensas elevadas permiten, una mayor rapidez en el moldeado y eliminar la presencia de burbujas.

6.6.2.1.1.- MOLDEADO POR COMPRESION

Consiste en colocar la masa en el molde caliente y por compresión se le da la forma, iniciándose inmediatamente después la vulcanización.

El caucho duro y la ebonita son muy aislantes en la fabricación del molde, si éste es muy grande puede ser calentado directamente por circulación de vapor, agua caliente o aceite en el interior de la masa. Deben estar provistos de ventilas para eliminar el exceso de hule y el aire atrapado.

La prensa, generalmente hidráulica pero en ocasiones de palanca o tornillo es de muy variadas características según el tipo de artículo. Las más comunes de desplazamiento vertical con varios platos. El medio de calentamiento varía según las temperaturas deseadas, el vapor y agua caliente a presión facilitan un control exacto.

Es el tipo más común de vulcanización especialmente para empaques, suelas, tacones, etc...

6621.2.- MOLDEADO POR TRANSFERENCIA

El moldeo se efectúa por flujo a presión dentro de la cavidad, se puede usar el mismo equipo que en el de compresión o prensas especiales. La diferencia está en el diseño del molde, la tapa lleva una cavidad que comunica con el vaciado de la pieza que se va a obtener por uno o varios orificios. En esta cavidad se desplaza un pistón en contacto con el plato superior de la prensa. Cuando se establece la presión; la mezcla de entrada en la cavidad, se ve obligada a fluir a través de los orificios y llenar el molde.

Se usa en casos de pequeñas series de piezas que necesitarían una cimbrada muy larga y de gran presión.

6621.3.- MOLDEADO POR INYECCION

El moldeo se efectúa con flujo por extrusión. Requiere de equipo especial que consiste en una tubuladora acoplada a una prensa hidráulica. Las características de la tubuladora difieren un poco de las anteriores ya que requiere la generación de presiones muy elevadas, para ello el claro entre el gusano y la cámara es mínimo, para evitar flujo de retorno por exceso de presión.

Las características del molde son diferentes a los tipos anteriores, en éste la tapa del molde tiene un orificio de alimentación excéntrico

tado a la tubuladora. El número de cavidades depende del tamaño del artículo y la prensa, éstas están comunicadas entre sí por pequeños canales, fuentes y las cavidades deben tener ventilas para permitir el flujo correcto y eliminar el aire atrapado.

Por este método se aprovecha el calentamiento del tubulado; la temperatura de moldeo es más uniforme, elimina la preparación, almacenamiento y manejo, permitiendo ciclos cortos de vulcanización.

Se recomienda este tipo para producción de grandes series de piezas pequeñas.

CAPÍT.4.- FACTORES ESPECÍFICOS

Los principales factores que intervienen en este tipo de vulcanización son: flujo en el molde, aire atrapado y acabado superficial.

Es necesario un buen flujo dentro del molde, que permita llenarlo antes de iniciarse la vulcanización. Se requiere una mezcla de baja plasticidad y vulcanización diferida para evitar no permitir el quemado durante el flujo que produciría artículos defectuosos.

La porosidad se presenta por falta de vulcanización, presión insuficiente o cantidad de mezcla deficiente. Se elimina por aumento del molde y temperatura de vulcanización, aceleración más enérgica o aumento del contenido de óxido de zinc que aumenta la conductividad y con ello la uniformidad y rapidez de calentamiento.

El desprendimiento del molde debe de ser fácil ya que los artículos en caliente son generalmente frágiles y sufren deformaciones o deterioro. Se mejora el desprendimiento por lubricación del molde con silicones, reduciendo el contenido de azufre y con lubricantes internos que durante el proceso emigran a la superficie, dando un magnífico acabado superficial.

Las mezclas excesivamente suaves tienden a atrapar aire produciendo defectos superficiales. Se elimina con un precalentado por vulcanización y con una distribución correcta de las ventilas.

CAP.5.- VULCANIZACIÓN CON AIRE CALIENTE

La vulcanización con aire caliente puede efectuarse a presión elevada o a la atmosférica; en autoclaves y cámaras abiertas respectivamente. Se usa cuando se desea un acabado superficial brillante.

Se requiere que la mezcla no sufra aflorecido y una aceleración de arranque retardado pero de gran incremento; para permitir un flujo inicial, que abrillante y luego una vulcanización rápida para conservarlo.

El tipo de aire atmosférico caliente se usa para artículos moldeados por inmersión, laminados, zapatos y textiles aislados. Especialmente para artículos delgados debido a la dificultad en el calentamiento uniforme.

El vulcanizado en autoclaves se usa para artículos sometidos a presiones parciales, para mangueras y artículos de inmersión, aislamiento de cables más cortos.

6Ó2.3.- VULCANIZACION CON VAPOR DIRECTO

La vulcanización con vapor directo puede ser igual que el tipo de aire caliente a presión atmosférica y presiones elevadas usando el mismo equipo, la autoclave de profundidad deberá tener chaqueta de calentamiento para evitar la condensación.

La vulcanización a presión atmosférica se usa principalmente para recubrimiento de tanques y tubería.

La vulcanización a presiones elevadas se usa para: hule duro, mangueras, tubos, artículos mecánicos tubulados y como combinado para artículos convulcanizados en prensa (esta práctica no es recomendable).

Los problemas que se presentan más comunmente son: la porosidad por falta de presión, burbujas por humedad de vapor o por falta de adjuntamiento de la mezcla, falta de uniformidad en la vulcanización y deformaciones. Es recomendable que la mezcla sea de vulcanización rápida, contenga endurecedores y cargas reforzantes para eliminar deformaciones y porosidad. Cuando hay una tendencia a problemas porosidad se recomienda el empleo de aire combinado a presión y vapor.

6Ó2.4.- AUTOVULCANIZACION

Con moldes calentados con rapidez y difícilmente se puede obtener la vulcanización a temperatura ambiente o ligeramente superior. Especialmente usado en adhesivos, partes de calzados y pinturas de protección; su acabado es semejante al vulcanizado con aire caliente.

662.5.- RADIOVULCANIZACION

La vulcanización electrónica o radiovulcanización está basada en la resistencia del hule al paso de la corriente alterna de alta frecuencia. Esta resistencia produce un calentamiento muy uniforme, de gran utilidad en artículos muy gruesos que por otros procedimientos presentarían serias dificultades; por la lenta transición térmica y vulcanización no uniforme.

Se requieren moldes con muy buena disperción; para evitar sobrecalentamientos en las zonas de mala disperción.

662.6.- VULCANIZACION CONTINUA

Se han desarrollado sistemas de vulcanización continua para los objetos de cierta longitud, como cables eléctricos y bandas transportadoras. Estas son arrolladas sobre una serie de grandes tambores y con calentamiento interno, permitiendo la elevación de la temperatura por las dos caras. El cable entra en un tubo a la salida de la tubuladora, este tubo puede de tener tres metros de longitud es calentado con vapor a presión, saliendo vulcanizado.

Los medios atmosféricos de aire y vapor directo, también pueden usarse en sistemas continuos especialmente para el secado y vulcanizado de artículos de inmersión.

662.7.- VULCANIZADO CON RAYOS INFRARROJOS

El uso de rayos infrarrojos se ha probado con buen éxito en procesos continuos de vulcanización de textiles abulados, láminas de hule y bandas de transmisión.

662.8.- VULCANIZADO CON RAYOS ULTRAVIOLETA

La vulcanización con rayos ultravioleta es únicamente superficial, por lo que sus aplicaciones comerciales son muy limitadas.

662.9.- VULCANIZADO CON RADIACIONES ATOMICAS

Los radicales atómicos pueden enlaces intermoleculares sin la presencia de agentes vulcanizantes; produciendo efectos semejantes a los R. El grado de el enlace es una función directa de la cantidad de radicales.

Este sistema está en etapa de experimentación, habiéndose obtenido artículos sin reticulación resultante.

66.3.- FORMULACION

La formulación es el factor determinante en las características de una mezcla en el proceso de vulcanización. El sistema de vulcanización y el tipo de aceleración son los puntos de mayor importancia.

663.1.- SISTEMA DE VULCANIZACION

La vulcanización puede efectuarse con azufre, azufre mediante o sin azufre.

6631.1.- SISTEMAS DE VULCANIZACION CON AZUFRE

El azufre necesario para la vulcanización depende del elastómero, plastificante (tipo y cantidad) y nivel de características físicas requeridas por el artículo. Un incremento en el nivel de azufre origina mayor resistencia a la tracción y dureza, pero disminuye en resistencia al desgarro y a la oxidación.

Cuando a los acelerantes se ha disminuido el nivel de azufre, en cantidades apreciables. La presencia de aceites, especialmente del tipo aromático: consumo cantidades apreciables de azufre, por lo que en los elastómeros dicoxtendidos el nivel de azufre es ligeramente mayor.

Las cargas reforzantes también tienen un pequeño consumo de azufre.

6631.2.- VULCANIZACION CON AZUFRE NACIENTE

La vulcanización sin azufre elemental es conseguida mediante el uso de substancias capaces de liberar azufre bajo las condiciones de vulcanización. Estas substancias llamadas donadores, pueden ser, aceleradores o agentes vulcanizantes directamente.

El azufre naciente es mucho más eficaz que el elemental.

Este sistema de vulcanización produce artículos de mejor resistencia al envejecimiento, de menor costo y menor resistencia a la flexión.

6631.3.- VULCANIZACION SIN AZUFRE

La vulcanización sin azufre es posible por la generación de radicales libres. Existe gran variedad de substancias capaces de actuar como agentes de la vulcanización. Hay numerosas teorías particulares sobre el mecanismo de acción; entre las de mayor importancia está la de los aceleradores activos, cuyo mecanismo es el de fijar entre la milésima elastómica en forma, como la resina, que posee grupos reactivos (Fenólicos); para después efectuar la una condensación fenol - fenol y provocar la unión de las moléculas entre sí (Sinocis); a este sistema se le llama Fytoxide - Sinocis.

Los vulcanizados sin azufre tienen una resistencia a la flexión intermedia entre los sistemas con azufre.

6632.2.- VULCANIZACION ACELERADA

Los aceleradores tienen como objeto reducir los tiempos de vulcanización. Existen más de doscientos diferentes que le dan características de vulcanización muy variables.

El tipo de acelerador empleado afecta principalmente el tiempo, nivel, grado, temperatura, velocidad, estabilidad y compatibilidad.

6632.1.- TIEMPO

Durante el proceso de vulcanización existen varias etapas de importancia que se necesita considerar individualmente.

Tiempo de quemado: es el tiempo necesario para iniciarse la vulcanización, fija las condiciones de seguridad durante el procesado. Es que una vulcanización incipiente produce material defectuoso, debido a la historia de calor este tiempo va disminuyendo, durante el procesado, al incidencia la vulcanización existe sólo una pequeña fracción del tiempo de quemado que se ha consumido por el trabajo mecánico durante los procesos subsiguientes; es lo denominado tiempo de quemado residual.

El tiempo de quemado residual no debe ser grande pues aumenta

innecesariamente el tiempo de vulcanización; pero debe ser suficiente en los artículos vulcanizados en prensa, para permitir el flujo en el molde antes del comienzo de la vulcanización.

Tiempo de vulcanización es el requerido para alcanzar un punto óptimo de las propiedades, debe ser lo más corto posible.

El tiempo total de vulcanización será la suma del quemado prelimnal y de vulcanización. Se ve afectado por el tiempo que tarda en alcanzar la temperatura de vulcanización; depende de el conjunto de ingredientes que intervienen en la formulación y fija la necesidad de considerar el espesor del artículo.

66.32.2.- NIVEL DE VULCANIZACION

El nivel de las diferentes propiedades deseadas depende del tipo de acelerador, cantidad y tipo de cargas reforzantes y contenido de azufre.

66.32.3.- VELOCIDAD DE VULCANIZACION

Es la rapidez con que alcanza un estado de vulcanización adecuado, fija el tiempo y temperaturas de vulcanización. Para mezclas de aceleración rápida y tiempo de calentamiento o espesor grandes, se requieren temperaturas bajas.

Está representada por la rapidez de combinación del azufre y la variación de propiedades físicas con el tiempo de vulcanización.

66.32.4.- ESTABILIDAD

La estabilidad o "Efecto Plateau" representa el tiempo de la vulcanización durante el cual no existe variación sensible en los valores óptimos de las diferentes propiedades. Es un índice del comportamiento del artículo durante su almacenamiento y de la rigidez en el control del tiempo total de vulcanización, depende básicamente del tipo de acelerador.

Cuando el efecto Plateau, es muy pequeño, las propiedades disminuyen rápidamente por reversión, no permitiendo absorber ningún exceso de tiempo en la vulcanización. Esto exige una especificación y control del tiempo de vulcanización muy precisos, lo que resulta indesechable.

El punto óptimo para diferentes propiedades generalmente se obtiene a diferentes tiempos de vulcanización, pero que un artículo tenga varias propiedades a nivel óptimo es indispensable que la mezcla tenga un efecto Plateau considerable.

66.3.- COMPATIBILIDAD

En los artículos formados por varias piezas, es necesario que los sistemas de vulcanización de las diferentes mezclas sean compatibles para producir un mismo grado de vulcanización mediante velocidades diferentes, esto exige el empleo de diferentes aceleradores.

Es necesario considerar la características de cada tipo de caucho empleado ya que siempre en la superficie de contacto existe difusión de estos aceleradores, formando una película con aceleración combinada esta combinación puede producir un aumento considerable en la velocidad y originar una vulcanización perjudicial.

66.5.- TEMPERATURA

La temperatura es un factor determinante en el tiempo de vulcanización; a mayor temperatura menor tiempo de vulcanización pero debe de ser lo suficientemente baja para evitar una sobrevulcanización perjudicial.

Mezclas con Efecto Plateau largo permiten temperaturas de vulcanización altas.

66.4.- GRADO DE VULCANIZACION

El grado de vulcanización indica el punto en que se encuentra una velocidad al óptimo. En la vulcanización con azufre está representado por el porcentaje de azufre combinado, es necesario tener presente que aún no llega a agotar la existencia del azufre libre.

Dependiendo del tiempo que dura el proceso de vulcanización, se obtienen diferentes etapas: subvulcanización, óptimo o de sobrevulcanización.

La vulcanización óptima es aquella en que una de las propiedades obtiene un alto nivel de calidad. Difícilmente interesa una propiedad al máximo, sino que se requiere un nivel óptimo para varias características, como no siendo coincidentes los óptimos es necesario tener una característica

tica como base de comparación, escogiéndose la tensión (o resistencia a la tracción) por su sensibilidad y facilidad de determinación.

Los ciclos de vulcanización de un producto generalmente no coinciden con la óptima, sino que está determinado por las exigencias o las propiedades críticas requeridas durante el servicio de un artículo y se le llama vulcanización técnica. Así para obtener el nivel óptimo de dureza y resistencia a la abrasión, es necesario darle una sobrevulcanización en relación al óptimo de tensión; con subvulcanización, el óptimo de alargamiento y desgarro.

El grado de vulcanización afecta a la mayoría de las propiedades químicas y físicas; dependiendo del tipo de elastómero. Con el aumento del grado se obtiene un incremento en las características mecánicas como elongación, módulo, dureza y una mejoría en la resistencia a la calcinación y en el efecto de solventes, fríos, grasas y agua; así como una reducción en su resistencia al desgarro, histéresis y características de alargamiento.

6.6.3.- CURVA DE VULCANIZACION

La revisión de las características de vulcanización en forma gráfica da como origen lo que se conoce como curva de vulcanización; representa los progresos de la vulcanización en relación al tiempo. Es indispensable para todo formulador conocer la curva de su compuesto, ya que contiene toda la información necesaria para fijar las características del proceso de vulcanización.

La curva depende fundamentalmente del tipo de aceleración, por lo que se debe conocer el tipo de curva dado por los principales aceleradores.

Existen muchos aparatos para determinar la curva de una mezcla entre los principales tenemos: Curómetro, Vulcanómetro, Cepar, Viscoelastómetro, Reómetro y Viscoelastómetro Mooney. Es su gran mayoría por su alto precio aún están disponibles en los centros de investigación.

El sistema más común es mediante el uso combinado del Viscoelastómetro Mooney y la variación de la tensión con el tiempo de vulcanización. El viscoelastómetro Mooney, permite determinar la variación de la plasticidad a temperatura constante con el tiempo; si se conocen las lecturas iniciales

nos una curva, representativa del comportamiento inicial en la vulcanización. En ella se distinguen tres puntos: el "A" que corresponde al tiempo de calentamiento; el "B" representa el tiempo de quemado o de iniciación de la vulcanización, el punto en el que la plasticidad Mooney sufre un incremento de cinco unidades y por último el "C" cuya pendiente representa la velocidad de vulcanización, es el punto en el que la elasticidad sufre un incremento de 30 puntos en relación al punto "B".

La plasticidad mínima nos indica la cantidad que tendrá la masa al iniciarse la vulcanización, en los casos en que el punto de vulcanización no es por moldeo, se deben valores altos para evitar deformaciones. El moldeo requiere valores bajos para un moldeado fino; para el caso contrario se presentan defectos por alto atrapado, depende básicamente de la plasticidad y contenido de carga.

El tiempo de quemado o punto de arranque de la vulcanización nos permite conocer la precocidad de la mezcla y la seguridad de procesado. Conviene recordar que parte de este tiempo es consumido durante el proceso por el trabajo mecánico (Historia de Calor) y el consiguiente, es el que permite el flujo para el moldeo correcto.

El punto "C", permite; además de estimar la velocidad de vulcanización, calcular en forma gráfica el tiempo de vulcanización óptimo con bastante exactitud mediante la ecuación:

$$tvo = (tpm + 5) + 10 \quad t_{30}$$

en donde:

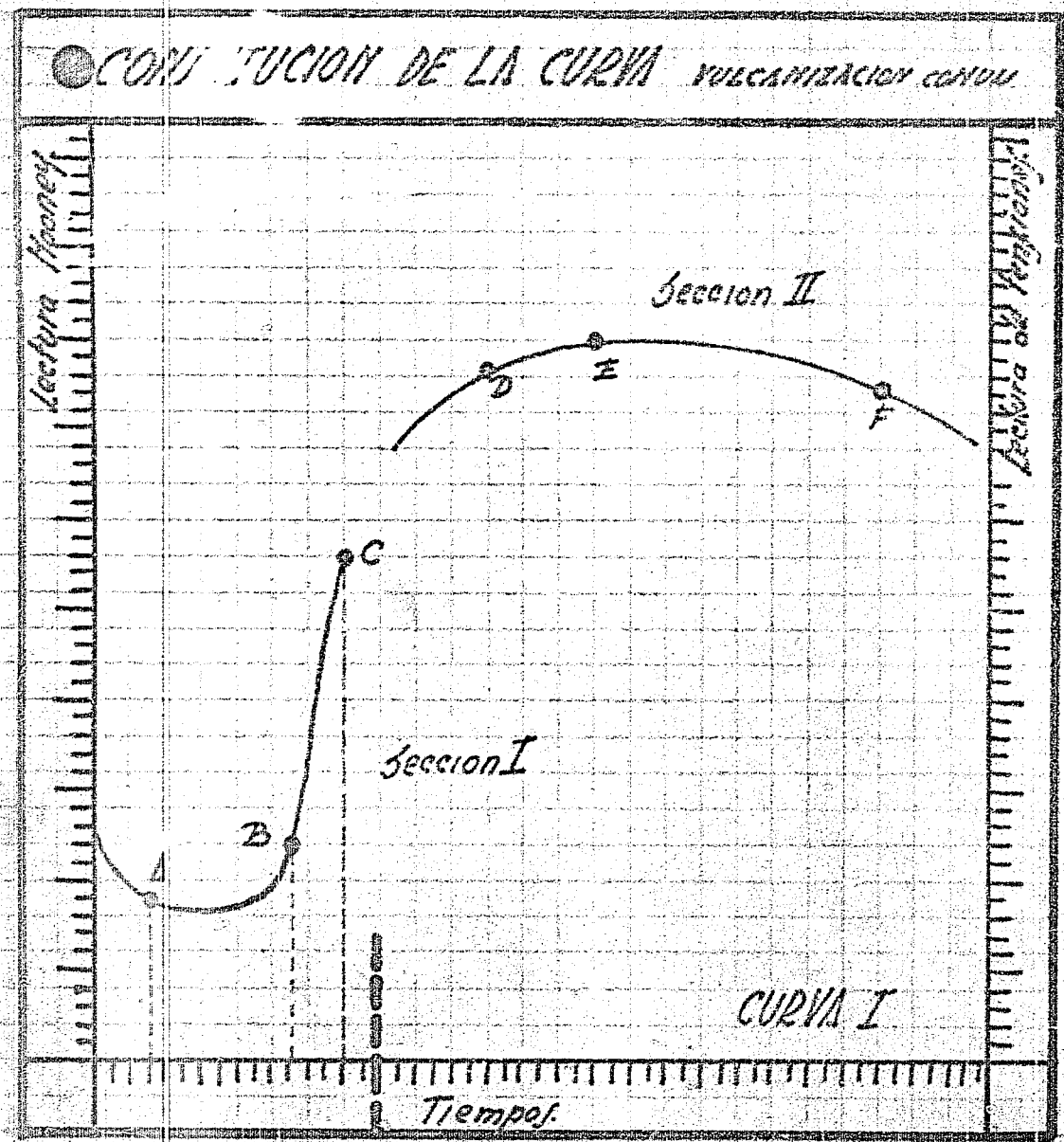
tvo = Tiempo de vulcanización óptima.

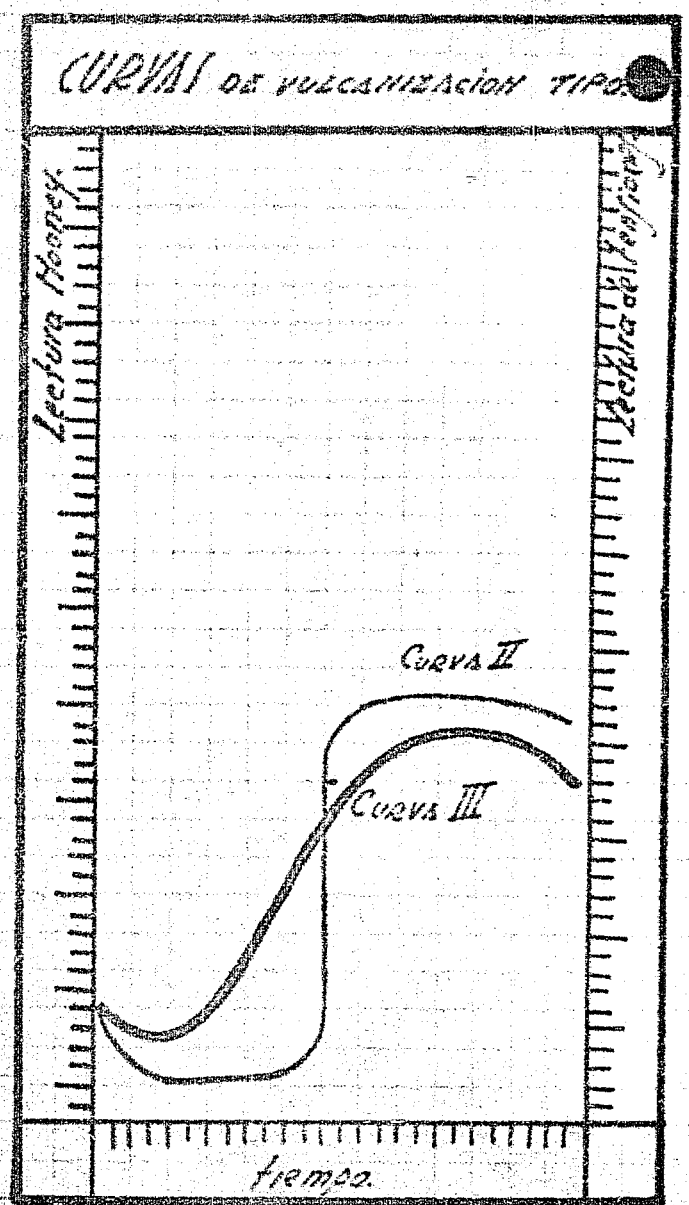
tpm = Tiempo de plasticidad mínima.

t_{30} = Tiempo en el que la lectura Mooney sufre un incremento de 30 unidades en relación al punto de quemado.

La segunda sección de la curva I se obtiene graficando los resultados de tensión a temperatura constante y tiempo variable.

GRAFICA VI-1


CONSTITUCION DE LA CURVA VULCANIZACION CONVU
Lectura Hoopes
Lectura de Resistencia
Seccion II
D
E
F
C
Seccion I
B
A
CURVA I
Tiempos


CURVAS DE VULCANIZACION TIPO
Lectura Hoopes
Lectura de Resistencia
Curva II
Curva III
tiempo

En ella el punto "B" representa el tiempo en el que la tensión alcanza un nivel de calidad aceptable y es algo como tiempo de vulcanización óptimo. El punto "F" es el valor máximo de tensión y representa el tiempo óptimo de vulcanización. El punto "P" es el punto en el que se inicia la reversión, produciéndose una disminución sensible y fuera del nivel de calidad; se le llama punto de reversión.

La pendiente de la línea que une los puntos B-F representa el EFECTO PLATEAU" o zona de retención de propiedades; entre más largo sea el tiempo entre B-F y menor la pendiente, se tendrá una mayor seguridad en la calidad del artículo.

De esta forma pueden integrarse según el tipo de aceleración, curvas con la combinación de las variables: precocidad, velocidad y Efecto Plateau. El tipo de curva ideal es el que conjuga un arranque diferido, velocidad grande y Plateau extenso; corresponde en la gráfica a la curva - II y la III corresponde a un sistema de aceleración precoz, de velocidad - lenta y de muy corto efecto Plateau, es el sistema menos deseable pero en ocasiones necesario.

66.6.- MEZCLA DE ACELERADORES

La dificultad de conjugar en un solo acelerador las características tiempo de quemado, velocidad, nivel y efecto Plateau, hizo necesario recurrir al uso de mezclas de aceleradores.

Los aceleradores básicos como la difenil guanidina son precoces, de velocidad moderada y de efecto Plateau corto; los aceleradores ácidos son generalmente de velocidad rápida, arranque diferido y de efecto - Plateau superior.

Si se mezclan dos aceleradores básicos; se obtiene un sistema de aceleración con características promedio. Con dos aceleradores ácidos - se obtienen características promedio pero de arranque más lento. Mezclando un acelerador ácido y uno básico; se obtienen, precocidad y velocidad mayores que la de cada uno de los componentes.

66.7.- RELACION DE TIEMPO - TEMPERATURA

Frecuentemente es necesario después de fijar mediante experi-

mentión, el tiempo de vulcanización a una temperatura dada, ajustar el tiempo a la temperatura a las condiciones de presente. Para ello es necesario considerar el coeficiente de temperatura y la relación inversa de tiempo.

Con fines industriales se ha demostrado que el uso general de 2.1 como coeficiente de temperatura para una variación de 10° C., es bastante exacto; permitiendo la construcción de gráficas que facilitan la conversión.

Por ejemplo:

Si el ciclo de vulcanización es de 40 minutos a 135° C., y se quiere elevar la temperatura a 155° C., el tiempo será:

$$t = \frac{40}{2.1 \times 2.1} = 9 \text{ minutos.}$$

7.- ARTICULOS DE HULE Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS

En la actualidad existen más de 40,000 artículos de hule para uso muy variado. Mencionaremos los principales y sus características de servicio y elaboración [illegible] de los requerimientos especiales en la tecnología.

Según su uso se pueden clasificar en servicio del transportación, industrial y doméstico.

7.1.- SERVICIO DE TRANSPORTACION

Los medios de transportación consumen más del 70% de la producción total de hule, de ahí que se considere como la base de sustentación en la industria hulera, especialmente la industria automotriz que [illegible] gran cantidad de piezas de hule en la fabricación de automóviles y camiones. Llegando en la actualidad a contener un total [illegible] más de quinientas piezas, como llantas, cámaras, [illegible], tapetes, [illegible], etc..

7.1.1.- LLANTAS AUTOMOTRICES

El desarrollo paralelo de las industrias automotriz y hulera se debió a la llanta que representa la llanta automotriz, ha sido el artículo de mayor importancia por su volumen de producción y la complejidad del diseño de fabricación.

Existe una gran variedad de medidas y servicio.

Las llantas para automóvil y camión deben ser resistentes a la abrasión y de poca generación de calor (debido a la fricción y flexión) a altas velocidades, las de servicio fuera de carreteras y [illegible] de gran resistencia al desgaste y al [illegible], con buenas características de tracción. Las llantas de avión requieren [illegible] y [illegible] especiales.

7.- ARTICULOS DE HULE Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS

7.- ARTICULOS DE HULE Y SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS

En la actualidad existen más de 40,000 artículos de hule para uso muy variado. Aquí mencionaremos los principales y sus características de servicio y elaboración, para poder tener una visión general de los requerimientos específicos en la formulación.

Según su uso se pueden clasificar en servicio de: transportación, industrial y doméstico.

7.1.- SERVICIO DE TRANSPORTACION

Los medios de transportación consumen más del 75% de la producción total de hule, de ahí que se considere como la zona de mayor importancia en la industria hulera, especialmente la industria automotriz que ha - ido incrementando día a día gran cantidad de partes de hule en la fabricación de automóviles y camiones. Llegando en la actualidad a contener, una unidad bien equipada más de quinientas piezas, como llantas, cámaras, tanques, empaques, juntas, caja de batería, hule espuma, etc...

7.1.1.- LLANTAS AUTOMOTRICES

El desarrollo paralelo de las industrias, automotriz y hulera se debió a la liga que representó y aún representa la llanta automotriz, - más dado el artículo de mayor importancia por su volúmen de producción y - la complejidad del diseño de fabricación.

Existen en gran variedad de medidas y servicio.

Las llantas para automóvil y autobús deben ser: resistentes a la abrasión y de poca generación de calor (debida a la fricción y flexión) a altas velocidades; las de servicio fuera de carretera y las agrícolas de gran resistencia al impacto y al desgarre, con buenas características de tracción. Las llantas de avión requieren características y dimensiones muy especiales.

7.1.1.- [illegible]

En todo tipo de llanta podemos distinguir cuatro partes fundamentales: la caja, la carcasa, el costado y la banda de rodamiento. En - 1.-1 [illegible] una liga compuesta de las diferentes partes y materiales, en lo que a sus características se refiere, para evitar desprendimientos entre [illegible]

tas.

7111.1.- LA CEJA

La ceja es el elemento que sirve como anclaje rígido de la llanta al aro del vehículo. Formada por aros de alambre de acero estirado de alta tensión recubiertos de hule y forrada de nylon o algodón abulado, para evitar deformaciones y permitir una unión satisfactoria con la carcasa.

7111.2.- CARCASA

La carcasa está formada por un número variable de capas de cuerda abulada, puede decirse que es el esqueleto de la llanta, ya que es la parte que da la resistencia y permite el inflado a presión; con ello mayor capacidad de carga y confort. Se ancla a la ceja en forma envolvente. Para aumentar la resistencia y eliminar deformaciones, las diferentes capas se ponen formando ángulos axiales.

7111.3.- COSTADOS

En la parte de hule que rodea la parte lateral de la carcasa puede ser blanco o negro, sujeto a un enérgico trabajo de flexión y abrasión; tiene como función principal proteger la carcasa de impactos y de los efectos de la intemperie.

7111.4.- RECUBRIMIENTO O BANDA DE RODAMIENTO

Parte de la llanta que soporta la fricción, el desgaste por abrasión y los impactos del camino. De dimensiones muy variables según el uso a que se destine. Su diseño debe incluir sistemas de enfriamiento y antidesvanecimiento.

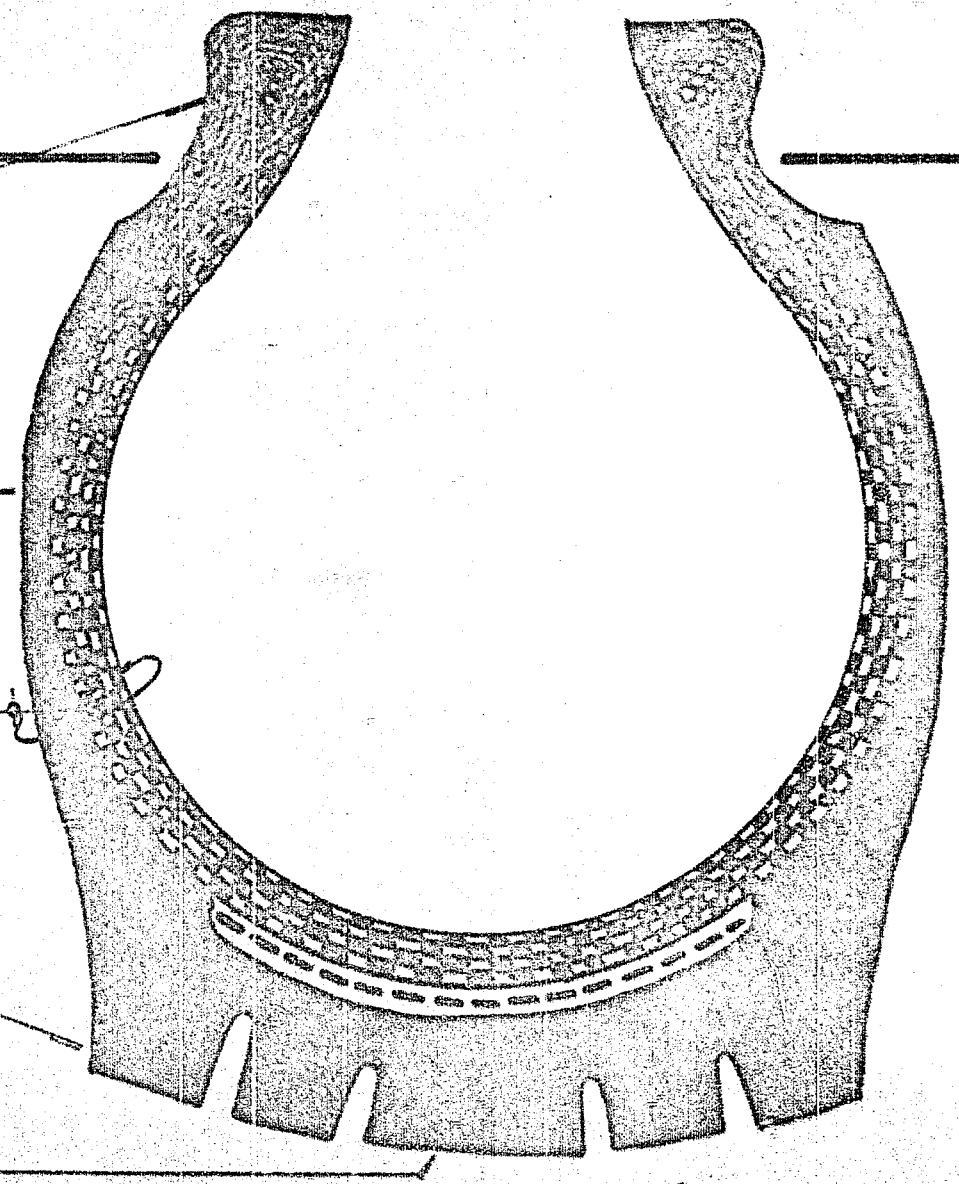
7111.2.- PROCESOS DE MANUFACTURAS.

Por la complejidad de elaboración puede decirse que analizar la mayoría de los procesos existentes. La carcasa está formada por cuerda abulada nylon o rayón previamente calentada (latizado), para darle elasticidad al hule, el cual es aplicado en la calandria después de haber sido secada. Esta cuerda, se corta a ancho, largo y ángulo especificado para formar las capas o bandas.

El costado, cuyas dimensiones dependen de la medida de la llanta pueden ser calandreados o tubulados según el perfil deseado.

SECCION TRANSVERSAL DE UNA LLANTA DE AUTOMOVIL

L - I



La caja se forma por enrollado del alambre abulado en aros de diámetro y vueltas específicas, se forra con lona abulada para darle rigidez. El abulado del alambre se hace por tubulado transversal.

El recubierto es sin duda una de las partes de mayor importancia, se requieren perfiles de gran precisión en el tubulado para obtener una correcta distribución de espesores en el moldeado. Después del tubulado es necesario darle reposo a los recubiertos, para permitir la recuperación elástica del hule; produciéndose un encogimiento que puede ser excesivo si no es correctamente formulado y mezclado el compuesto. Se cortan los extremos en forma diagonal para aumentar la superficie de unión de éstos.

La construcción de la llanta o ensamble se hacen máquinas especiales. Según las características de los compuestos, es necesario almacenarlos con solvente o aplicarles cementos para obtener la correcta unión entre piezas. Se aplican inicialmente las bandas sobre un cilindro o tambor horizontal de dimensiones específicas, las cajas se colocan en los extremos del tambor fijándolas mediante un amarre envolvente de las bandas, en seguida se colocan el recubierto y los costados; el primero en la parte media y los segundos entre las cajas y el recubierto. De esta forma se obtiene lo que se llama llanta cruda y que tiene la forma de un barril.

Durante la construcción es necesario aplicar cada pieza y embarlla fuertemente para eliminar aire atrapado, que es altamente perjudicial al producto. A continuación se procede a darle forma de la llanta mediante un proceso llamado expandido, consiste en someter a la llanta cruda a un conformado mediante una vejiga o bolsa inflada a presión y que tiene la forma de cavidad interior de la llanta terminada.

La vulcanización de la llanta se efectúa en prensas o autoclaves. Este último procedimiento prácticamente obsoleto, por los ciclos de vulcanización tan largos que requiere.

El moldeado de la llanta se efectúa mediante la ayuda de bolsas especiales colocadas en el interior de la llanta, teniendo una triple función: a) dar la forma interior a la llanta, b) generar presión permitiendo el moldeado exterior y c) servir como agente de calentamiento interior (por circulación de agua caliente a presión, en su interior) permitiendo ciclos de vulcanización más cortos y una mayor regularidad en el estado

nal de vulcanización de las diferentes partes.

711.3.- REQUERIMIENTOS DE FORMULACION

El diseño de compuestos para una llanta, es de gran complejidad. Se requiere conjugar las características de cada parte con las partes adyacentes tanto las físicas como las de vulcanización para poder obtener una unidad homogénea y perfectamente vulcanizada en todas sus partes.

La regala para alambrado de caja debe ser de gran dureza, buena adhesividad al metal, gran flexibilidad, vulcanización rápida y buen taller lado. Su función es la de aislar los alambres entre sí para evitar roturas por la flexión o tensión; permitiendo la formación de un hoz rígido y la unión correcta con la carcasa.

Las mezclas usadas en la carcasa deben ser duras para un fácil calandrado, a temperaturas bajas y superior penetración, de bastante pegajosidad para facilitar la construcción, ya vulcanizada debe ser de gran resilencia para evitar calentamientos excesivos por la continua flexión, - de buena resistencia al calor, tensión e impacto. Su función es la de aislar entre sí los cables de las diferentes capas para evitar roturas por - fricción y formar una placa compacta con el resto de la llanta. Cuando el número de capas es mayor de cuatro deberá variarse el sistema de calandrado para permitir que las capas interiores tengan un grado correcto de vulcanización.

Los costados deben ser compuestos altamente resistentes a la - degradación especialmente debida a la flexión, de buen acabado superficial, alta resilencia, muy flexibles y de buena resistencia a la abrasión y al - impacto. Su función es la de proteger la parte lateral de la carcasa de - los efectos de la intemperie o impactos. En ocasiones puede usarse el mismo compuesto para el recubrimiento, pero pueden presentarse problemas por agrietamientos laterales.

Los compuestos para recubiertos deben ser correctamente plasticados para obtener mezclas de fácil tubulado y buena estabilidad dimensional que permitan obtener perfiles de gran uniformidad, tener un alto - tiempo de quemado que permita un proceso seguro, un buen flujo y adhesión

a la abrasión para evitar un desgaste rápido especialmente a velocidades altas, de alta resistencia, resistencia a la degradación, calor, desgarro e - impactos. Su función es resistir la carcasa; evitando su desgaste y deterioro, absorber impactos y formar una superficie antideslizante para aprovechar y mejorar la potencia del vehículo, tanto en el impulso como en el frenaje.

71.2.- CAMARAS O NEUMATICOS

Las cámaras o neumáticos han sido tradicionalmente el complemento de una llanta, son vejigas circulares para contener aire a presión y mantienen inflada la llanta; permitiendo la correcta absorción de impactos. Se requieren elementos de gran retención de aire, flexibilidad, baja generación en el trabajo y una rápida evaluación; para evitar deformación. - Resistente a la degradación se debe presentar equilibrado al calentamiento por los efectos de alejamiento.

Para su elaboración se requiere colar la mezcla para eliminar partículas extrañas; generalmente esta operación se efectúa en la trituradora, antes de preparar la mezcla final para evitar el quemado con cámara circular y vástago acoplado, se obtiene un tubo continuo con lubricación - interior generalmente talco o estearato de zinc para evitar que se pegue - la parte interior, se corta al tamaño deseado, se colocan una válvula entre de los extremos, se infla a presión muy baja y se mete a vulcanizar en - prensa. El Butilo y el hule natural son los elastómeros más abundantes; el primero por su gran retención de aire y el segundo por su fácil procesado.

En la actualidad hay una tendencia a eliminar el uso de la cámara; para ello los fabricantes han desarrollado la llanta hermética, que contiene una capa interior de gran retención de aire y adherida al rin de la caja, para permitir el sello hermético. Esto tiene como objeto reducir los ataques de oxidante por falla de la cámara.

71.3.- ACCESORIOS ADICIONALES

Existe una gran variedad de accesorios para la industria de - transportación, elaborados con procesos y características muy variables. - Los hay metálicos, como limpiadores, tapones y empaques; los hay triturados y de vulcanización continua como cables y juntas microporosas. El hule - natural es muy [illegible] adecuado.

Los materiales de reparación son un renglón especial en importancia, empleados para recubrir llantas, cuya banda de rodamiento se ha desgastado pero la carcasa se encuentra en buenas condiciones, son el llamado hule de pisa, el hule cojín y el cemento para vulcanizadores. El primero es compuesto crudo que además de las características necesarias para los recubiertos mencionados en el punto 711.3, debe tener un tiempo de quemado muy grande para permitir almacenamiento prolongado en estado crudo, o sea para reparar la banda de rodamiento. El hule cojín es una lámina de hule crudo, es una cama relleno y base para el hule de pisa; de gran adhesividad, vulcanización muy rápida y gran resistencia a la deformación parcial. La vulcanización es el medio de liga entre la carcasa y la nueva banda de rodamiento. El cemento debe ser de gran adhesividad, secado rápido y buenas condiciones de almacenamiento; se aplica sobre la carcasa para permitir la adhesión del cojín y hule de pisa.

7.2.- CONSUMO INDUSTRIAL

El consumo de artículos industriales de elastómeros representa el 15% de la producción total, con en su gran mayoría elastómeros de propósitos especiales; usados en artículos mecánicos, eléctricos y anticorrosivos.

721.1.- ARTICULOS MECANICOS

Artículos muy variados características que son piezas removibles en el equipo industrial como: bandas transportadoras, bandas transmisoras, mangueras, rodillos, artículos moldeados, tubulares y de ebonita.

721.1.- BANDAS TRANSPORTADORAS

Las bandas transportadoras son usadas para la transportación continua a baja velocidad, de minerales, granos, partes y artículos elaborados. Formados por dos elementos cubiertas y carcasa, se pueden clasificar en: de sección variable y de sección plana, según la distribución de las capas que forman la carcasa. La carcasa está formada de varias capas de cuerda abulado o fulcionado; su función es soportar la carga transportada. Es generalmente gruesa y flexible. La cuerda del abulado debe ser de flexible, varía largamente si es fulcido o abulado por el contenido mayor de plastificante. En el primer caso, sirve como medio de unión entre capas y eliminar fricciones entre ellas.

La cubierta tiene la importancia que el revestimiento tiene en la llanta. Sufre desgaste por abrasión, debido a la fricción (movimiento de la llanta) y por corte e impacto al cargar el material por transportar; es una compuesta con características similares a las de el revestimiento de una llanta.

Cuando se necesita transportar materiales calientes es necesario seleccionar correctamente el elastómero y el sistema de protección para un doble alta resistencia al calor.

En el transporte de granos y otras substancias grasosas es necesario considerar la resistencia de los aceites.

El transporte de alimentos requiere una especial atención ya que además de proteger la banda contra el ambiente, es necesario evitar contaminaciones del producto en tránsito.

La cubierta inferior debe además tener adherencia al metal para evitar deslizamientos indeseables por insuficiencia en la tracción. Se vulcanizan en forma ocasional en prensa.

TRI.B.- BANDAS TRANSMISORAS DE POTENCIA

Accionadas por pequeñas poleas, trabajan a grandes velocidades, requiriendo una gran flexibilidad para una transmisión eficiente.

Se clasifican en bandas planas y en "V".

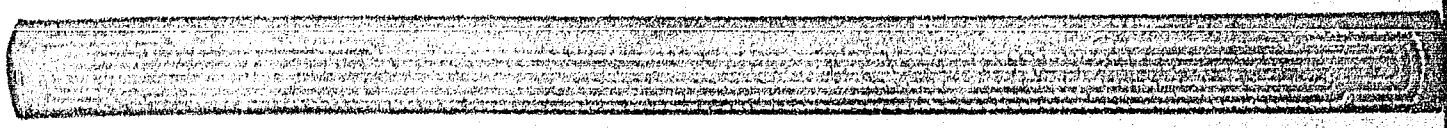
TRI.A.- BANDAS PLANAS

Existen tres tipos diferentes según la forma de ensamblar las diferentes capas: a) capas envolventes, b) capas superpuestas y c) de capas de goma.

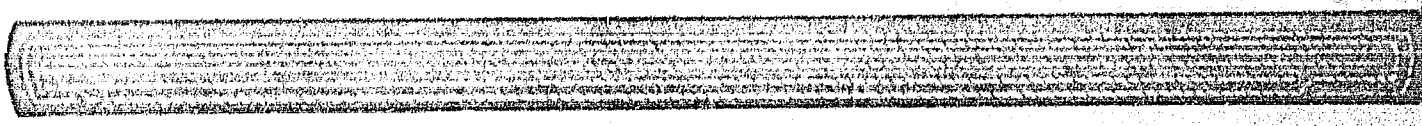
La de capas envolventes es hecha para anchos angostos, las capas exteriores envuelvan a las interiores. Los otros dos tipos generalmente se elaboran al ancho total de la cuerda calandrada, cortándose después de su vulcanización a las medidas deseadas.

El abulado representa una parte mínima de las características de la banda; debe ser muy flexible y de gran fatiga de compresión para evitar sobrecalentamientos por flexión.

BANDAS TRANSPORTADORAS



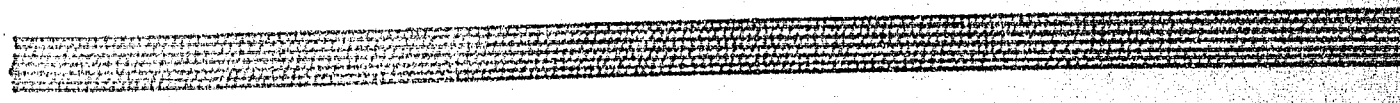
a) SECCION VARIABLE.



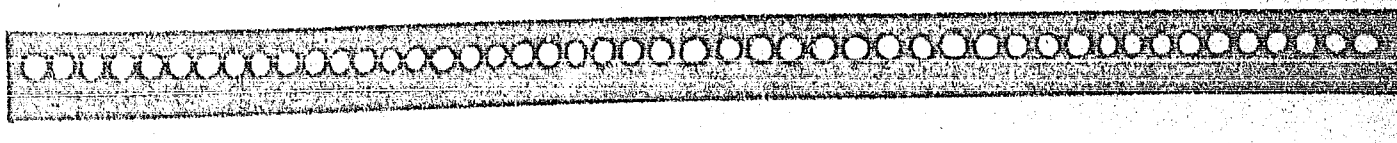
b) SECCION PLANA

BANDAS TRANSMISORAS DE POTENCIA

a) CAPAS ENVOLVENTES



b) CAPAS SUPERPUESTAS



c) DE CUERDA GRUESA

TRIP.2.- BOMBAS "V".

Las bombas de operación independiente o múltiple montadas por pares con marco, se usan donde el espacio disponible es estrecho y los requerimientos son cortos, estirmento y desplazamiento mínimo como en las bombas automáticas. La manela usada en el corazón de la bomba debe tener baja deformación permanente por tracción, resistencia al calor y al agrietamiento producido por fluído. L-3

TRP.3.- MANGUERAS

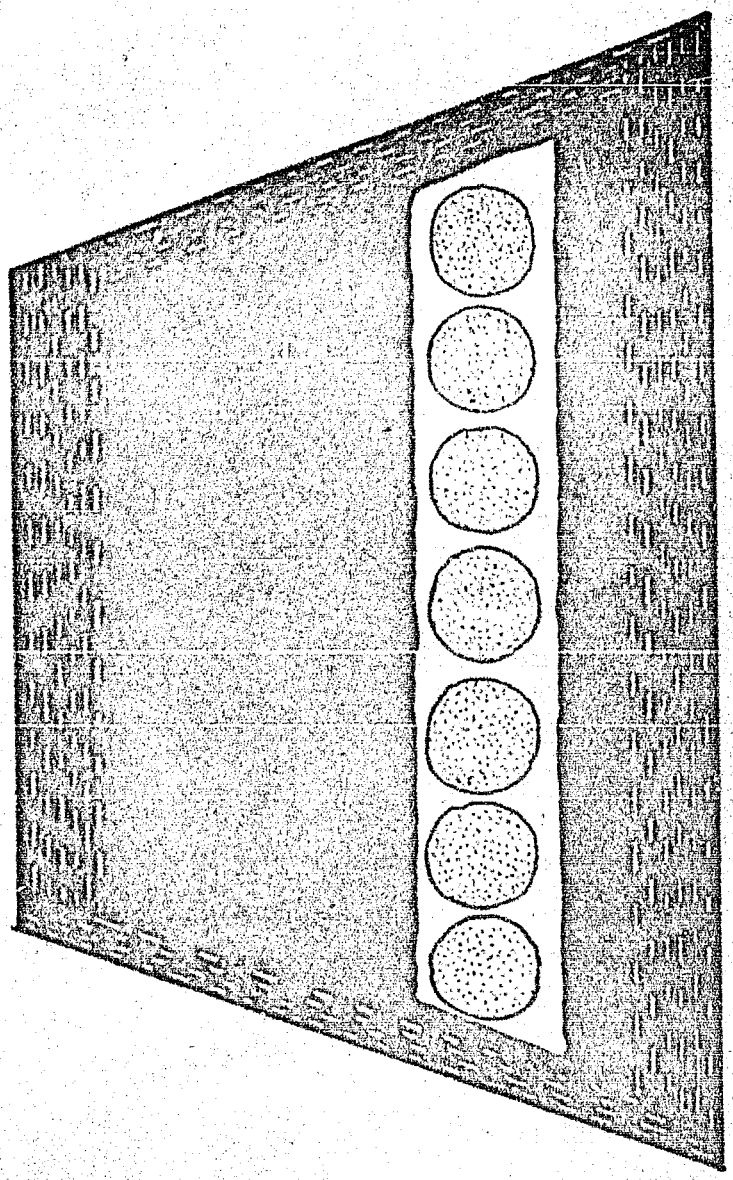
Son usadas en la transportación de líquidos y gases, su construcción depende de las condiciones de servicio; a presiones bajas son generalmente tubos sencillos de hule, para a presiones elevadas o vacío están constituídas por tres elementos: un tubo interior, una carcasa y la cubierta exterior. L-4

El tubo interior tiene como función proteger la carcasa del deterioro producido por el flujo y las características del fluído. Puede ahorrarse por extrusión en forma conjunto que las cámaras, o por medio de láminas calandradas de ancho y grueso específicos, que se colocan envolviendo un mandil del diámetro exterior correspondiente al diámetro interior deseado para el tubo; este último tipo se llama tubo con costura y es de largo específico, en cambio el primero es un tubo continuo y sin costura - pero su producción se limita para diámetros grandes.

La carcasa, formada por una o varias capas de lona se da muy diversos tipos: trenzado de cuerda y alambre, o alambre en forma continua sobre el tubo interior formando una cubierta cilíndrica, capas de lona friccionada aplicadas en forma envolvente sobre el tubo cubierto, trenzado aplicado en forma de funda. El número de capas depende de las condiciones de presión; el uso de alambres es principalmente para evitar deformaciones debidas a vacío, su función es la de dar resistencia a la ruptura. Cuando la carcasa está formada por varias capas, se usan adhesivos o manela calandrada para obtener buena adhesión.

La cubierta o tubo exterior se aplica por extrusión o en forma de lámina calandrada. Su función es la de proteger de los efectos ambientales, como intemperie y almacenaje a la carcasa.

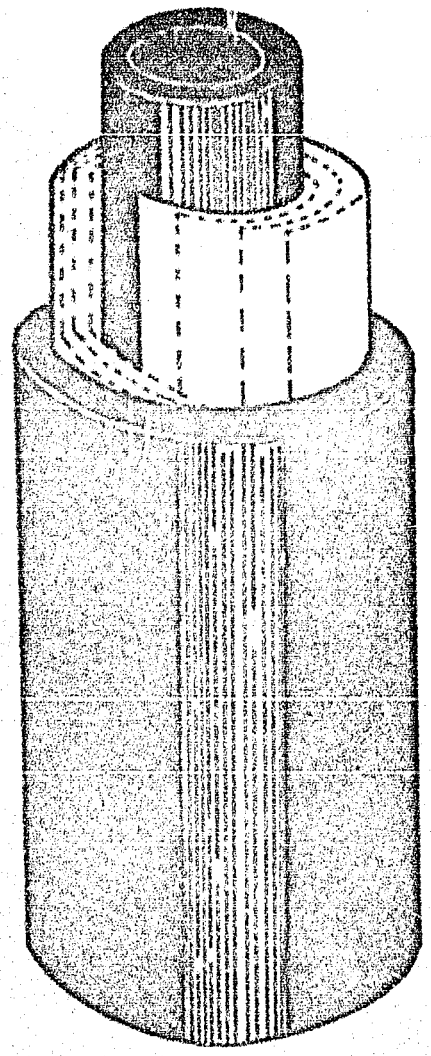
L-3



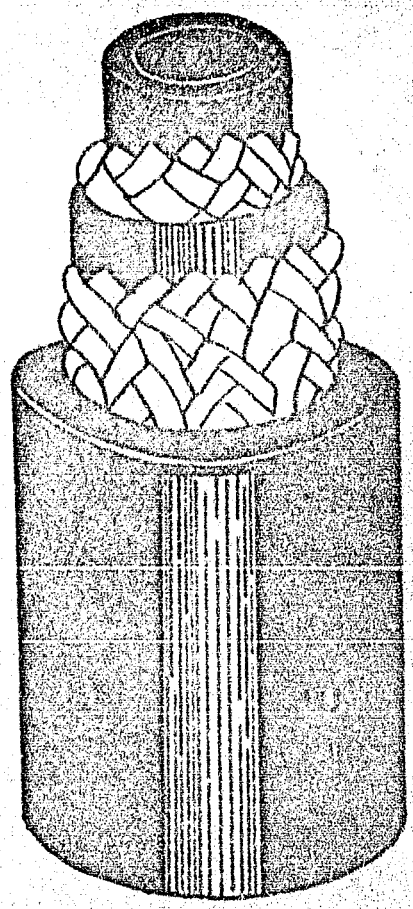
BANDA TRANSMISORA
DE POTENCIA

TIPO EN "V"

L-4



a)



b)

MANGUERAS

a) TIPO ENVOLVENTE.

b) TIPO TRENSADO.

Los compuestos usados en la fabricación de mangueras son muy variados. Para el tubo interior es necesario considerar las características de abrasión y corrosión del fluido, así como su temperatura. El tubo exterior debe tener buena protección a la degradación. Cuando el fluido es un gas, es necesario además que el tubo interior tenga buena retención para evitar fugas. Se vulcanizan con vapor abierto o a presión.

721.4.- RECUBRIMIENTO DE RODILLOS

Industrias como: la textil, papelera, metalúrgica e imprenta requieren de procesos como blanqueado, lavado, laminado, transporte y pulido en los cuales se usan rodillos cuya superficie sea de una dureza superior, menor que la de los metales, para ellos se recubren almas metálicas (lisas o ranuradas) con compuestos de hule de la dureza y espesor deseados. La superficie metálica se prepara inicialmente por pulido fuerte y rasuradas para permitir la unión firme del metal y el recubrimiento mediante el empleo de un agente de unión, se aplica en forma envolvente, capas delgadas de compuestos y estirándose, hasta obtener un diámetro mayor al deseado, se cincha en toda su superficie con cinta elástica hilada para producir las capas durante el vulcanizado que se efectúa en ciclos muy prolongados por la necesidad de elevar lentamente la temperatura para permitir una vulcanización uniforme. Efectuado éste se enfría lentamente y se rectifica en torno hasta obtener el diámetro deseado en toda su longitud.

Se usan dos tipos de compuestos: el compuesto base es duro de gran rigidez que permite la liga correcta entre el metal y el recubrimiento exterior; el compuesto cara es igual que va a estar en contacto con los artículos en proceso, de dureza muy variable debido al gran espesor de hule que forma el recubrimiento, debe tener un sistema de vulcanización lento, que permita un calentamiento uniforme antes de empezar. Para mejorar la difusión térmica se agregan cantidades apreciables de óxidos de cinc y magnesio. Deben ser compuestos resistentes a la compresión, de alta resistencia para evitar sobrecalentamiento y de gran recuperación elástica para evitar deformaciones permanentes en cada revolución.

721.5.- ARTICULOS MOLDEADOS

Gran cantidad de artículos moldeados son consumidos por la industria, especialmente empaques. Las características del compuesto, dureza

de las superficies para el molde (buena transmisión térmica y flujo fácil) buena resistencia a la tracción) son fijadas por las condiciones de trabajo y el costo. Características comúnmente deseadas son: resistencia a la fatiga por compresión y bajo índice de recuperación. El butilo y los nitrílicos son usados por su bajo costo, los fluorcarbonados y siliconas por sus magníficas características pero de costo muy elevado.

7E.C.- ANTICULOS ELASTICOS

Se usan especialmente en recubrimientos de almohadillas y cojines elásticos; como aislantes y protectores. Se elaboran por extrusión, aplicación de tiras, calandrados o por inmersión en una dispersión de látex, en vulcanización en continua o en vapor abierto. Las características de mayor importancia son las elásticas como un factor de potencia y su resistencia; dependen fundamentalmente del tipo de elastómero, tipo y cantidad de los cargas. Deben ser resistentes al envejecimiento, de baja dureza de humedad y gran resistencia a la degradación especialmente debido al ozono. La dispersión de la mezcla es un factor de gran importancia para evitar variaciones en el poder aislante de la cubierta.

7E.D.- PROTECCION ANTICORROSIVA

La protección contra la corrosión en la actualidad, se ha convertido en uno de los aspectos de mayor importancia en el diseño y mantenimiento de equipo para la industria química. Uno de los métodos más comunmente usados es el de protección mediante recubrimientos protectores a base de los elastómeros, aplicados en forma sólida o de pinturas.

Las pinturas son generalmente usadas en la protección exterior del equipo o atmósferas corrosivas, son las películas delgadas generalmente autovulcanizantes y de poca resistencia a la abrasión, hechas generalmente a base de neoprene o Hypalón.

Para los recubrimientos interiores de tanques, recipientes, tuberías y accesorios, es necesario determinar las condiciones de operación con gran precisión, para poder seleccionar correctamente el elastómero, es necesario considerar si la acción corrosiva es por inmersión total, salpicaduras o condensaciones; si hay elevaciones de temperatura, flujo y presión. El tipo de medio corrosivo es el principal factor, puede ser ácido (salinos, fríos, alcalinos, oxidantes), gaseosos, vapores atmosféricos, etc.

gentes químicos, aceites, solventes y agentes decolorantes.

Las características más buscadas en un recubrimiento son adhesión, resistencia química, impermeabilidad, dureza, resistencia a la abrasión y elasticidad.

Es necesario preparar la superficie metálica para obtener la adherividad óptima mediante limpieza química o por pulido fino, después de probarse con presión hidrostática para detectar fugas, redondear todas las partes angulosas y eliminar porosidad en la soldadura. Los tipos de durezas son empleados: los de gran dureza o ebonitas flexibles, con características de resistencia a la abrasión; los suaves son usados (hules) para medios abrasivos, en resistencia química en menor.

Cuando las condiciones de corrosión y abrasión son máximas se usan capas superpuestas de hule suave, duro y suave. Debido al tamaño de los equipos en vulcanización no afecta a veces ellente [illegible] Esto debe ser previo, debiendo eliminarse de la formulación los cargas activas en el medio corrosivo, para eliminar la formación de porosidad y la penetración del agente corrosivo. Terminado el recubrimiento es necesario chequear con detectores de chispa fallas por porosidad.

7.3.- SERVICIO DE CONTENEDORES

La ingeniería de la construcción, ha encontrado solución a gran cantidad de dificultades mediante el empleo de los elastómeros en forma muy variada.

La vibración es eliminada por soportes antivibratorios de hule, se usan en la cimentación de maquinaria, motores, flotantes, soportes de rieles y puentes.

El poder de absorción depende del tipo de elastómero (el natural y los de estireno butadieno son los mejores). Los negros especialmente los de horno de alta estructura aumentan la absorción radial de la energía.

En estructuras rígidas los efectos de expansión y contracción son absorbidos mediante juntas de expansión, hechas de formas muy variadas

con compuestos elastoméricos con gran resistencia a la compresión, tracción y tensión. Las espumas rígidas son usadas como aislantes térmicos y ópticos, en suros de casas prefabricadas.

En Holanda se han hecho recubrimientos de carreteras a base de betún y hule que supera a la gran mayoría de los asfaltos, por su mayor resistencia a los cambios debidos a variaciones térmicas.

La lonas asfálticas se muy usada en ríos, por su resistencia a la abrasión y gran variedad de anchos.

Es necesario un estudio en cada caso para poder obtenerse la formulación correcta. Puede considerarse que gran parte de las aplicaciones se encuentran en experimentación.

7.4.- CALZADO DEPORTIVO

El mayor volúmen de artículos de uso doméstico está representado por zapatos, tacones y suelas. De menor importancia son los artículos deportivos, espumas flexibles y rígidas, juguetes, hilos elásticos y componentes farmacéuticos.

7.4.1.- ZAPATOS

Pueden ser de tres tipos: botas y zapatos para uso industrial, deportivos y de calle. Su fabricación es muy semejante, incluye partes textiles abulladas o sin abular y de hule que se ensamblan por procedimientos complejos altamente mecanizados. Hechos generalmente de hule natural por su buena adhesividad y flujo durante el vulcanizado, pueden incluírse partes de elastómeros de estireno butadieno para mejorar el acabado y prevenir ablandamientos excesivos. Si se requiere resistencia a aceites se usan neoprenos o acrilonitrilos. Especial atención requiere la plasticidad, el sistema de pigmentación y el de vulcanización, para eliminar decoloraciones especialmente en los de color blanco y proteger la parte textil.

Las suelas se obtienen por laminado en calandrias verticales de una anchura de ocho metros a las usadas para el abulado de la capa y a las que se ha acoplado un cuarto rodillo que imprime el dibujo o acabado corrugado deseado. De las láminas cortadas se cortan a la forma deseada en plantillas o encabezados después de haber permitido por enfriamiento

y supone la recuperación elástica total. Las cubiertas protectoras pueden correrse en cualquier tipo de calandria, en forma de tiras delgadas de fácil manejo, colocadas en transportes especiales para evitar que se pegue.

El armado se efectúa con la ayuda de adhesivos vulcanizables. Después del ensamblado se vulcanizan generalmente en autoclaves con aire circulante a presión y calentamiento exterior. La elevación de la temperatura debe ser lenta para obtener un calentamiento uniforme. El uso de presiones elevadas permite eliminar porosidad y separación de las partes ensamblados. Cuando se desea un acabado superficial brillante generalmente se inyecta amoniaco, excepto para calzado blanco.

74.8.- SUELAS Y TACONES

El factor determinante en la fabricación de suelas y tacones es el costo, por ello deben hacerse consideraciones económicas tendientes a reducirlo al mínimo. Debe ser adecuado la máquina prensa más barata, el moldado debe ser rápido, fácil preparado, sistema de vulcanización rápido y con efecto Flatten largo que permita la reducción de la mano de obra en prensas. El sistema de moldes solo se usa cuando se requiere uniformidad en el color; no deben presentar riesgo de quemado y ser resistencia a la abrasión y flexibilidad.

74.9.- SUELAS

Pueden ser de dos tipos, las compactas y las microporosas o celulares. Deben ser resistentes a la abrasión y de gran flexibilidad. Generalmente tienen grandes cantidades de carga, regenerador y resinas de alto contenido de estireno.

Las del tipo compacto se vulcanizan en prensas a moldes cerrados. Las del tipo microporoso requieren un control muy cuidadoso durante la elaboración para evitar variaciones considerables en su gravedad específica aparente, se hacen generalmente a base de hule estireno butadieno o de neoprene, se vulcanizan en dos pasos: el primero o precalentamiento en prensa a presión, tiene como objeto la formación celular deseada o descomponiendo el gaseoso originando por substancias nitrogenadas o bicarbonato de sodio y la vulcanización necesaria para evitar el escape; el segundo sin presión permite la expansión y término de la vulcanización. A pesar de la delicada operación [illegible]

74.2.- TAPICES

Se usan mantas con buenas características de flujo, valoración fácil prensa, dáctima dureza para permitir una fácil aplicación mantener el espato resiliente, para mejorar el confort.

74.3.- ESPUMAS O ESPONJAS

De gran utilidad, en la fabricación de muebles confortables, las son de alfombras, aislantes (térmicos y acústicos) y empaques, son los espumas rígidas o flexibles. Hacen posesos de flexibilidad variable que pueden obtenerse a partir de hule sólido o de dispersiones de látex según sea la densidad específica aparente requerida.

El espumado de hule sólido se originado por descomposición - gaseosa efectuada por reacción o descomposición antes de la vulcanización. Los agentes espumantes más usados son los bicarbonatos de sodio y amonio. Estos los tipos de elastómeros pueden espumarse consumiendo con características particulares. Las dispersiones de látex altamente amoniacales y conteniendo agentes tensoactivos espumantes se mezclan por burbujeo con aire, - obteniéndose espumas estables que son vulcanizadas, dando materiales porosos.

La rigidez de estos tipos de material poroso depende del contenido de carbón.

74.4.- ARTICULOS VARIOS

El látex encuentra actualmente numerosos derivados en la fabricación de juguetes flexibles o rígidos, por su fácil moldeo y equipo de fabricación muy sencillo: de artículos de moldeo por inmersión, como guantes de hule para uso quirúrgico. También son fabricados moldes de látex moldeados sobre matrices de yeso y adhesivos de muy variadas características.

8.- RECURSOS BIBLIOGRAFICOS

El gran número de polímeros, de ingredientes, de fórmulas, de combinaciones y de servicios ha hecho que la literatura informativa sea día más extensa y compleja.

Es frecuente encontrar en la gran mayoría de los fábricas de tipo medio, falta de material bibliográfico aceptable y escasa preparación para un empleo eficaz; agrávala esta situación en muchos casos por la falta de tiempo para buscar literatura extensa o por el desconocimiento de las fuentes y medios de consulta y servicios bibliográficos disponibles en el lugar de residencia.

8.1.- FUENTES DE INFORMACION

Las fuentes de información de que un formulista debe valerse para cualquier trabajo de desarrollo, sea del tipo científico o tecnológico son: libros básicos, revistas, boletines técnicos, informes privados y los índices o resúmenes.

Los libros y revistas son como en cualquier campo científico las primeras fuentes de consulta pero en la formulación hulera existe la peculiaridad de tener mayor importancia y abundancia, los boletines técnicos y los informes privados. Los índices o resúmenes facilitan la selección de la información deseada.

8.1.1.- LIBROS BASICOS

Son aquellos que tienen suficiente información sobre formulación, son usados por los químicos para obtener información de carácter general o para iniciarse en un campo de la formulación que no es familiar, ya que dan una revisión condensada de la información conocida sobre los productos usuales en la fábrica; tienen el inconveniente de carecer de la información de los elastómeros nuevos o ingredientes que constantemente se desarrollan, por lo que pierden rápidamente utilidad después de publicarse. Estados Unidos e Inglaterra son los países que mayor volumen de publicaciones científicas Francia y Alemania.

Dentro de los libros considerados como básicos existe un grupo especial que aunque no contiene información sobre la formulación, agrupa a todos los ingredientes usados en la formulación y los diferentes elastómeros

Este tipo de publicaciones es de valor inestimable para el formulista ya que le permite conocer los diferentes nombres comerciales de un compuesto o determinar los substitutos disponibles, contienen además del nombre comercial una descripción detallada que incluye: composición química, fabricantes, propiedades físicas y químicas, elastómeros en que se usan, funciones y características de su aplicación.

Por ser grande su importancia se mencionan a continuación las más conocidas:

"Compounding Ingredients for Rubber"

Editado por Rubber World en Estados Unidos, contiene la explicación más extensa de los ingredientes.

"Rubber Red Book"

Editado por Rubber Age en Estados Unidos, este libro ayuda a describir, clasificar los ingredientes incluye sugerencias de suministros, fabricantes de productos químicos, directorio de fabricantes de artículos de hule y una recopilación de cursos y programas de enseñanza en las diferentes universidades de Estados Unidos especialmente las de Akron y Akron.

"British Compounding Ingredients for Rubber"

Editado por Maclaren & Sons Ltd. en Inglaterra, magnífica descripción de los ingredientes ingleses.

"Rubber Chemicals"

Editado por J. Van Alphen de Inglaterra y Holanda, descripción de ingredientes incluyendo los contratipos Europeos y Americanos.

"Engummi sch Lexer"

Editado por Van Heoheren & Co. en Holanda, recopilación de contratipos.

"Hand Buch Der Internationalen Kautschukindustrie"

Editado por Walter Hirt en Suiza. Una recopilación mundial de ingredientes.

En los países americanos sin duda los de mayor importancia son los dos primeros ya que la mayoría de los ingredientes usados son esos

formulaciones; los restantes son de interés para países de fuerte comercio con Europa. Todos estos libros son recibidos periódicamente para actualización.

61.2.- REVISTAS

Las publicaciones periódicas relacionadas con la industria hulera contienen frecuentemente artículos sobre formulación, muchos de los cuales están más en experimentación; principalmente informan del desarrollo de nuevos polímeros o ingredientes, de nuevos procesos y aplicaciones, así como reportes de investigaciones muy específicas. Estas publicaciones por lo reciente generalmente no dan la ayuda para resolver los problemas cotidianos de formulación, pero sí informan de los adelantos actuales que permiten orientarse al técnico en sus fundamentos teóricos.

Las principales publicaciones de que dispone el formulista son:

"Hule Nacional y Plásticos". Publicación mexicana, presenta la situación actual del desarrollo de la industria hulera, específicamente, siendo el de la industria del plástico. No incalculable valor para el formulista mexicano ya que su orientación es la de poner a disposición los avances logrados en el extranjero y fomentar la especialización en la industria nacional.

El "Industrial and Engineering Chemistry". Órgano de la American Chemical Society (A.C.S.) El "Rubber Chemistry and Technology". Órgano de la División química del Hule del A.C.S., ambas orientadas principalmente al aspecto científico.

El "Rubber Age" y el "Rubber World" consideradas como las revistas de la especialidad de mayor circulación en el mundo son por su nivel técnico el motor de la evolución de la industria media Norteamericana por que incluyen artículos de los principales técnicos de las grandes industrias del hule. Permitiendo conocer la resolución de problemas técnicos que por el equipo necesario estarían imposibilitados de resolver.

Otras publicaciones de gran importancia son:

El "Transactions and Proceedings of the Institution of the Rubber Industry". Editada por Inglaterra, es de gran utilidad para formulación de hule natural, principalmente para países que no disponen de una varie-

ché de hules sintéticos.

El "Revue Générale du Caoutchouc". Editada en Francia contiene el resumen de artículos principales, traducidos al inglés.

"The Rubber and Plastic Age" de Inglaterra, "Rubber Journal" también de Inglaterra. "Plaste und Kaucschuk" de Alemania, y el "Kaucschuk i Rezina" de Rusia.

81.3.- BOLETINES TECNICOS

Estos boletines técnicos que pueden ser o no publicaciones periódicas, son publicados por los principales fabricantes de elastómeros y de ingredientes químicos: forman la sección de mayor importancia en la información técnica, ya que incluyen estudios exhaustivos de los diferentes ingredientes, su comportamiento, limitaciones y frecuentemente ingieren fórmulas adecuadas para obtener productos con características deseadas.

Las revistas especializadas como el "Rubber Age" y el "Rubber World" tienen secciones especiales en las que incluyen las publicaciones más recientes, con la información necesaria para que sean solicitadas al fabricante, también gran parte de estas publicaciones son mencionadas en la sección de literatura técnica del "Chemical and Engineering News" y en el semanario de productos del "Industrial and Engineering Chemistry".

Los grandes fabricantes de productos químicos para la industria hulera como E.I. du Pont de Nemours Naugatuck Chemical División, Bayer, I.C.I., Vanderbilt, Columbian Carbon, mantienen publicaciones o estudios y métodos para evaluar convenientemente sus comportamiento, que distribuyen sistemáticamente entre sus consumidores.

81.4.- INFORMES PRIVADOS

Los informes privados de cada compañía, representan la base sobre la cual se funda el progreso de cualquier empresa, son representativos de la evolución de sistemas y la superación de calidad o la solución de problemas de fabricación, de ahí la gran importancia de los métodos para mantener los informes en tal forma que pueda fácilmente disponerse de la información requerida, debiendo prestarse especial atención en catalogar, registrar cronológicamente, resumir y hacer el índice en forma adecuada.

64.5.- RESUMENES E INDICES

El aspecto más importante de la literatura en cualquier materia científica es la disponibilidad de información. En una verdad obvia, que un especialista en cualquier campo no puede y no necesita conocer todas las publicaciones sobre la materia; pero sí lo es indispensable conocer cómo y dónde puede encontrarla. Para ello las revistas especializadas hacen índices anuales, en igual forma los proveedores hacen índices acumulativos o anuales (si el volúmen de publicaciones es considerable).

Existen algunas publicaciones especiales que incluyen únicamente resumenes de las publicaciones de mayor importancia, dentro del campo hulero las que cubren más extensamente el ramo, además del trabajo de Bacon and Perrit que cubre todas las publicaciones hechas hasta 1933 son - Chemical Abstracts, Rubber Abstracts, Bibliography of Rubber Literature y the Rubber Formulary.

645.1.- "CHEMICAL ABSTRACTS"

Contiene la mayoría de las publicaciones en revistas y las patentes sobre el tema. Es editada mensualmente y anualmente; siendo necesario conocer las abreviaturas de las diferentes revistas para su correcta identificación. Contiene un pequeño resumen del artículo y la identificación completa. Tiene el inconveniente de no incluir la gran cantidad de publicaciones editadas por los proveedores.

645.2.- "RUBBER ABSTRACTS"

Llamado hasta 1952 "Summary of Current Literature" es publicado mensualmente por "The Research Association of British Rubber Manufacturers". Esta es la más importante publicación en el campo de la recopilación y reporte de literatura hulera, ya que incluye las publicaciones en revistas, libros, patentes y publicaciones de proveedores de todo el mundo. La extensión del resumen va de unos renglones hasta media columna e incluye referencias bibliográficas de otros resumenes (Abstracts).

645.3.- "BIBLIOGRAPHY OF RUBBER LITERATURE".

Editado por E. B. Spenser, fue iniciado por el "Rubber Age" y es ahora publicado por la "Chemical Rubber Division" de la American Chemical Society. Es un índice completo pero breve de literatura, cita libros, revistas, patentes (desde 1940) y publicaciones de los especialistas consultores

mana. Se publicado cada 10 años.

6.1.- "THE MINER FORMULAT"

Difiere considerablemente en su naturaleza de los otros "Abstracts", primeramente es publicado en tarjetas con perforaciones manipulables y en segundo porque esta dada en una base de fórmula individual, mayor también en una tarjeta en la cual se da la fuente de referencia original. Contiene las fórmulas con sus pruebas que aparecen en todas las revistas de minería United o Inglaterra y de las publicaciones técnicas de los productores.

Este tipo de clasificación permite encontrar rápidamente también fácilmente, la fórmula adecuada para unas condiciones determinantes; lo cual resulta prácticamente imposible utilizando los índices y resúmenes.

6.2.- SERVICIOS BIBLIOGRAFICOS

La introducción de la gran variedad de aparatos reproductores de documentos, ha hecho que la recopilación bibliográfica se facilite considerablemente, aunado al gran impulso que la UNESCO ha dado al desarrollo de los centros de documentación hacen posible disponer en la actualidad de copia y traducción si es necesario, de cualquier publicación, revista o patente; no importando país ni idioma, solo se requiere la especificación detallada del documento y su localización.

Los recursos de reproducción de documentos más comunes son: las microfilms, copias heliográficas y las copias xerográficas de gran sencillez y reproductibilidad.

El centro de Documentación Científica y Técnica de México recibe actualmente más de 2,000 publicaciones periódicas y ha organizado un fichero colectivo para tener constante noticia de lo que puede encontrarse en otras bibliotecas de la ciudad. Además se encarga en especial de mantener actualizados los datos sobre aparición y desaparición de revistas científicas publicadas en América Latina. El contenido de estas publicaciones además de estar incluído en el índice, se extracta en inglés y francés, y el contenido de las publicaciones extranjeras, en forma de índices, en fichas, traducidos al castellano aparecen en un boletín mensual que contiene más de 5,000 citas clasificadas por materia en cada número. Ha convenido de referencias, microfilms y traducciones. Además hay un servicio de "Fichas -

[illegible] que proporcionan mensualmente grupo de Sabes de marca [illegible] en cualquier otra expedición. Se recopilan bibliografías a petición y se remite a investigadores y estudiantes.

7.- [illegible] DE FORMULACION

Los principios [illegible] de la formulación, además de ser [illegible] generales; [illegible] los métodos que el dosificador debe considerar, de acuerdo al tipo de [illegible] y el artículo que se desarrolla, y [illegible] características particulares de un tipo de [illegible] en su formulación [illegible].

7.1.- [illegible]

A partir de la complejidad [illegible] [illegible] compuestos, que la agrupación en una fórmula, el [illegible] general de los nombres [illegible], el diseño, variación de proporciones, [illegible] y evaluación de un [illegible].

7.2.- [illegible] DE LA FORMULA

[illegible] de una [illegible] expresada en una forma [illegible], tiene que [illegible] en forma clara la información requerida por los [illegible], [illegible] de [illegible] y [illegible] para la [illegible], objeto de este [illegible].

7.3.- [illegible] DE LA FORMULA

Con el objeto de tener de aplicación universal y fácil [illegible] [illegible] de la [illegible] el [illegible], expresando la proporción de todos los ingredientes a una base de 100 partes de [illegible] en peso. En ocasiones especiales se usa la [illegible] y [illegible] de [illegible], para conocer el volumen de dicho [illegible].

El fundamento de este sistema de expresión, es la acción [illegible] de cada uno de los ingredientes sobre el [illegible], [illegible] mediante el efecto producido en las características [illegible] de las proporciones de cada uno de los ingredientes, [illegible] un sistema de unidades determinado, [illegible] [illegible] proporciones [illegible] y permite la [illegible].

PARTE SEGUNDA

8.- PRINCIPIOS DE FORMULACION

9.- PRINCIPIOS DE FORMULACION

Los principios fundamentales en la formulación hulera se consideran generales; cuando son normas que el formulista debe considerar, no importando el tipo de elastómero ni el artículo que se desarrolle, y específicos, cuando son características particulares de un tipo de elastómero en un formulación de proceso.

9.1.- PRINCIPIOS GENERALES

A pesar de la complejidad creciente existen principios aplicables a cualquier compuesto, como la organización de una fórmula, el mecanismo general de las funciones básicas, el diseño, variación de propiedades, experimentación y evaluación de un compuesto.

9.1.1.- ORGANIZACION DE UNA FORMULA

La ingeniería no puede encerrarse el desarrollo experimental de un compuesto expresándolo en una forma establecida, sino que debe proporcionarse en forma clara la información requerida por los sectores de Fábrica, Control de Calidad y Contabilidad para la aplicación industrial del compuesto, objeto de tal desarrollo.

9.1.2.- EXPRESION DE UNA FORMULA

Con el objeto de hacer de aplicación universal y fácil interpretación cualquier fórmula, se ha adoptado el expresarla, refiriendo la proporción de todos los ingredientes a una base de 100 partes de elastómero en peso. En ocasiones especiales se usa la referencia a 100 volúmenes de elastómero, para conocer el volúmen de carga adicionado.

El fundamento de este sistema de expresión, es la acción directa de cada uno de los ingredientes sobre el elastómero, pudiendo valuarse fácilmente el efecto producido en las características físicas; por variación de las propiedades de cada uno de los ingredientes, eliminándose además la necesidad de trabajar con un sistema de unidades determinado, ya que cualquiera que se use mantiene las proporciones constantes y permite la preparación de compuestos en diferente calidad.

De acuerdo con este sistema la expresión de un compuesto de hule sintético tipo es:

	B-BB
100.00	B-BB 1,500
50.00	Negro H.P
4.00	Oxido de Zinc
2.50	Acido Estérico
3.00	Aceite Aromático
1.50	Cera
1.50	MBTS
2.00	Amofos Cyanex
166.50	TOTAL

Una práctica generalizada en la experiencia de cualquier fórmula, es considerar el orden de adición de los ingredientes como orden de importancia; así en la fórmula tipo B-BB 1,500 es el primer ingrediente que se agrega y el amofos Cyanex el último.

944.2.- INTRODUCCION A LA SERIE DE FORMULACION

Para que una nueva formulación sea adoptada en la producción de una fábrica, el formulista necesita determinar las cantidades de cada ingrediente y el procedimiento de mezclado, considerando para ello el equipo disponible y las características del compuesto.

944.3.- DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DE CADA INGREDIENTE

Siendo el mezclado un proceso intermitente, es necesario fijar el tamaño de carga y de acuerdo a dicho fijar la cantidad requerida de cada ingrediente de carga. Los factores determinantes son la gravedad específica del compuesto y la capacidad de equipo.

En los molinos mezcladores, la capacidad está determinada por el ancho, diámetro de los rodillos y abertura entre rodillos, siendo esta última variable y por consiguiente, el volumen necesario para cubrir uno de los rodillos; no existe una capacidad determinada, sino un rango. Los fabricantes dan generalmente dentro de las especificaciones del equipo los rangos recomendables.

CAPACIDAD DE MEZCLADO PARA MOLINOS

DIAMETRO	ANCHO	RANGO (Kg.)
15.2 cm.	33.0 cm.	5 a 7

DIAMETRO	ALTURA	RANGO (Kg).
30.5 cm.	61.0 cm.	5 a 8
45.4 "	121.8 "	20 a 30
55.9 "	152.0 "	35 a 50
66.0 "	215.0 "	70 a 100
78.1 "	265.0 "	80 a 130

Un convencimiento consistente proporcionará la capacidad óptima para cada compuesto mediante un balance de tiempo y calidad ya que al aumentar el tamaño se aumenta el trabajo de mano de obra y el tiempo de mezclado y disminuye el grado de dispersión de los ingredientes.

Cuando el mezclado se efectúa en mezcladores internos (Banbury) la capacidad de la cámara interna, la cual es conocida y especificada por los fabricantes; quienes además proporcionan gráficas para determinar el tamaño óptimo de la carga según la gravedad específica del compuesto. Estas son de utilidad únicamente en la operación inicial, pues el volúmen real llega a aumentar hasta más del 10% en los equipos muy trabajados, siendo necesario determinar periódicamente el volúmen por procedimientos muy sencillos.

9111.1.1.- CALCULO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE UN COMPUESTO

Para poder calcular la gravedad específica de un compuesto es necesario conocer cada uno de los ingredientes, estos datos se encuentran en los libros de ingredientes (ver 81.1) en los laboratorios de control de materia prima y en la información de los fabricantes.

Tomando como ejemplo la fórmula tipo mencionada en el punto 911.1 e incluyendo en una nueva columna las gravedades específicas respectivas tendríamos:

PARTES	INGREDIENTES	GRAVEDADES ESPECIFICAS
100.00	[illegible] 1,500	0.94
50.00	Negro HAF	1.80
4.00	Oxido de Zinc	5.57
2.50	Acido Esteárico	0.90
2.00	Acelerador Amarillo	0.95
1.50	Cera	0.92
[illegible]	[illegible]	1.60

PARTES	INGREDIENTES	GRAVEDADES ESPECIFICAS
2.00	Aceite Cojinetes	1.93
166.50	TOTAL	

El siguiente paso es dividir el número de partes de cada ingrediente entre su gravedad específica y sumar los resultados. Por ejemplo:

Agua [illegible]	$\frac{100.00}{0.94}$ =	106.38
Bagazo E.A.P.	$\frac{[illegible]}{1.20}$ =	27.77
Cal de Zinc	$\frac{[illegible]}{3.31}$ =	0.76
Aceite Estándar	$\frac{[illegible]}{0.92}$ =	2.72
Aceite Aromático	$\frac{[illegible]}{[illegible]}$ =	9.05
Cera	$\frac{[illegible]}{[illegible]}$ =	1.63
[illegible]	$\frac{[illegible]}{1.00}$ =	1.00
Aceite Cojinetes	$\frac{[illegible]}{1.93}$ =	2.05
	TOTAL	147.53

En seguida se divide el número de partes de la mezcla (166.50) entre el total obtenido (147.53) para obtener la gravedad específica.

$$\frac{166.50}{147.53} = 1.1286$$

Para operar con eficiencia en Hubley es necesario conocer el volúmen de la cámara con exactitud para obtener mejor dispersión de ingredientes, los ciclos de mezclado más cortos y las temperaturas más [illegible]

Sea.

Existen varios métodos para determinar la capacidad al término de poco uso: consiste en considerar la capacidad efectiva como el 60 -70% del volúmen real de la cámara de poca capacidad y cualquiera en que sea el punto óptimo.

El procedimiento práctico es igual en que se basa en la consideración del desplazamiento del pistón que produce y clasa la cámara. El tamaño correcto es aquel en el cual el pistón se mantiene oscilando a unos 5 cm. de la carrera descendente máxima hacia el final del ciclo. Para ello es necesitará hacer pruebas con diferentes y,sea. Es conveniente considerar aquí que si el pistón recorre menos de 5 cm. de su carrera máxima está indicio de un exceso de la carga, que producirá mezclado deficiente y calentamiento del concreto. Es como contrario producirá temperaturas bajas y ciclos largos.

En las fábricas donde se trabaja con un número considerable de compuestos se escogen, compuestos de gravedad específica escalonada, se determina el tamaño correcto y se construye una gráfica de gravedad específica, basándose los determinaciones subsecuentes directamente en la curva.

En los últimos años se ha demostrado que el tamaño correcto calculado por el procedimiento anterior, no necesariamente es el de mayor eficiencia, ya que la parte del principio de aprovechar al máximo la capacidad; afectándose en consecuencia el tiempo de mezclado y con ello la productividad, como se puede apreciar en el ejemplo siguiente:

Se prepararon 2 cargas del mismo compuesto de tamaño diferente, una de 165 Kg. que tomó un ciclo de mezclado de 4' 3/4" y la otra 1no de 152 Kg. habiendo logrado reducir el ciclo a 3' 3/4" y mejorándose la dispersión. La productividad por hora será en el primer caso de 2500 Kg/hora y en el segundo de 3033 Kg/hora; lo que representa una mejoría del 8.5%.

En Europa se ha desarrollado un método en el que se considera como punto fundamental la productividad y que requiere hacerse concretamente.

1º.- Se usa un compuesto de gravedad específica conocida exactamente, que contenga los ingredientes de vulcanización.

2º.- Se carga la máquina con el compuesto en cantidad que se estime aproximadamente como correcta.

3º.- Se mide el tiempo en el que el pistón llega al mínimo de su carrera permitida. Para un Banbury No. 11 se considerará la carga correcta cuando este tiempo sea de 15 a 20 segundos si trabaja a 40 r.p.m. y a 30 si la velocidad es de 80 r.p.m.

4º.- Si el peso es incorrecto se probará con mayor o menor peso hasta obtener los tiempos indicados.

5º.- Cuando se ha obtenido el peso correcto deberá repetirse en forma consecutiva varias cargas con el mismo peso para verificar, para eliminar los efectos de variación originados por el tiempo y la forma que el operador usa.

6º.- Se calcula el volumen por división del peso correcto entre la gravedad específica del compuesto. Este volumen es considerado como el volumen útil y es usa para calcular el peso correcto de cualquier compuesto que se pruebe en esta máquina, por multiplicación del volumen útil y la gravedad específica del nuevo compuesto.

Para compuestos de hule natural y de E-SB este método es considerado de más aceptación. Sin embargo el laboratorio que desarrolló este método, recomienda en ciertos casos especiales correcciones arbitrarias para evitar desviaciones erróneas. Las más importantes son: a) si el compuesto contiene más del 35% de polvos.

Peso correcto = Volumen útil X (gravedad específica (- 0.04).

b) Si el contenido de regenerado es más del 60% del contenido de hule.

Peso correcto = Volumen X (gravedad específica + 0.03)

c) Si el compuesto es a base de butilo

Peso correcto = Volumen X (gravedad específica + 0.07)

d) Cuando se requiere descargar a baja temperatura

Peso correcto = Volumen X (gravedad específica - 0.03)

Este procedimiento es el más recomendable, pero deberá adaptarse al tiempo base, al tipo de Banbury, a la presión del pistón a las r.p.m.

91121.2.- CALCULO DE CANTIDADES

Si consideramos que la fórmula tipo se va a mezclar en Banbury con volumen efectivo de 150 lts., el peso correcto de la carga de acuerdo al método europeo será:

Peso correcto = 150 X 1.1286 = 169.290

El primer paso es calcular el llamado factor de pesada por división del peso correcto (170 Kgs.) entre el número total de partes. (166.50)

Factor de pesada = $\frac{170}{166.50}$ = 1.021

Enseguida se multiplica el factor de pesada por las partes de cada uno de los ingredientes obteniéndose el peso necesario de ese ingrediente por carga. e.g.

1.021 X 100.00 partes = 102.100 de E-SB 1500

Por lo tanto la fórmula que se usará en pesadas será:

E-SB 1500	102.100	Kgs.
Negro HAF	51.100	"
Óxido de Zinc	4.100	"
Ácido Estárico	2.600	"
Aceite Aromático	5.100	"
Cera	1.500	"
MBTS	1.500	"
Amifro Crystex	2.000	"
TOTAL	170.000	

9112.2.- PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO

Con el fin de obtener regularidad en las características de un compuesto y eliminar las variaciones por mano de obra se deberán dar instrucciones que sirven de guía al operador en relación al orden y forma de agregar los ingredientes; la velocidad de la máquina si es de doble, la temperatura de mezclado, el mezclado en varias etapas, laminado, enfriamiento requerido y lubricación.

9112.2.1.- ADICION DE INGREDIENTES

La forma de adición de los ingredientes es muy variable tanto para mezclado en molinos como en Banbury. En algunas fórmulas se agregan o adicionan todos los ingredientes en un mismo momento, en otras se agrega el hule y se da un pequeño lapso para que se suavice y con más rápido la

siguiendo la adición de azufre a ½ minuto de descargar y en ocasiones es agregado en el molino de laminado para evitar la vulcanización incipiente.

No obstante es recomendable la adición de ingredientes en forma escalonada, considerando el tipo de ingredientes y la cantidad ya que cuando esta es considerable, aumenta el tiempo de mezclado. Para evitar esto el técnico dispone de un amperímetro que indica el trabajo mecánico que está efectuando la máquina, si a la adición de polvos o aceite fué excesiva la disminución del trabajo y por consiguiente del consumo de energía será considerable y tardará en recuperarse debido a que la masa de hule patina por el cemento.

Cuando los compuestos contienen aceites o resinas debe evitarse el agregarlos sobre las paredes de la garganta, ya que además de la mayor en cantidad, los polvos se adherirán a esas superficies pegajosas, impidiendo la presión del pistón y causando contaminaciones que pueden afectar a otros compuestos como en el caso del butilo que no es compatible con la mayoría de los otros aceites.

Los factores de mayor importancia en la forma de la adición son el elastómero y el sistema de vulcanización.

9.1.22.2.- TEMPERATURAS DE MEZCLADO

La temperatura durante el mezclado es originada por la fricción principalmente sobre las paredes de la cámara por el trabajo mecánico y en forma secundaria por la generación de calor de algunos ingredientes especialmente los negros de humo.

Es un factor de gran importancia ya que tiene un efecto directo en sus propiedades físicas y en su procesado, a temperaturas altas es posible presentar una prevulcanización, un ablandamiento excesivo posible descomposición de los ingredientes o reacciones entre ellos; una falta de homogeneidad en el producto con mala dispersión.

Para prevenir sobrecalentamientos se deberán usar sistemas de enfriamiento de la cámara, hule premasticado si éste es muy duro, disminuir el tamaño de la carga y si es necesario mezclar en varias etapas; estas precauciones deberán tenerse especialmente para mezclas aceleradas. El

tipo de elastómero fija el nivel de temperatura correcto.

9112.1.- MEZCLADO DE VARIOS PASOS

El tipo de elastómero, el sistema de vulcanización, la cantidad de carga, el procesado, el tipo de compuestos y el grado de dispersión en condiciones determinan la necesidad de mezclarse en varios pasos, dando origen a mezclas intermedias llamadas maestras.

Hay elastómeros como el hule natural, que por su duraza requieren ser trabajado mecánicamente (premasticado) o plastificado químicamente, para que en el siguiente paso se puede incorporar rápidamente los ingredientes, sin elevación excesiva de la temperatura; otros como los butílicos necesitan temperaturas elevadas para obtener el reforzamiento correcto, lo que impide que en ese mismo paso se adicionen los materiales de vulcanización, la cual se presentaría durante el mezclado.

Hay compuestos que por contener gran cantidad de carga no pueden mezclarse en un solo paso ya que el volumen ocupado por el elastómero es tan pequeño que no alcanza a incorporar los polvos; en el mismo caso se encuentran las mezclas de rápida vulcanización, ya que si se mezclan frías se obtiene una mala dispersión y si la temperatura se elevada se presenta una prevulcanización. Cuando el proceso exige mezclas muy blandas o que contienen materiales difíciles de dispersar se mezclan en tres pasos, el primero todos los ingredientes excepto los materiales de vulcanización, en el segundo se efectúa un premezclado, pues es más efectiva la plastificación conteniendo la carga que el elastómero solo; y el tercero en el que se adicionan los materiales de vulcanización.

Por último existen materiales que presentan dificultades en la incorporación dando una pobre dispersión, lo cual origina un aumento en el ciclo, de variación en las características físicas; para prevenir estas fallas se preparan mezclas maestras, que posteriormente se adicionan en la cantidad necesaria para dar la proporción requerida del ingrediente, conservándose siempre la base de 100 partes de elastómero. En este caso tenemos algunos negros, acelerantes, ~~Aceites~~, antioxidantes y plastificantes.

Las mezclas maestras se organizan en igual forma que las totales, se debe tener presente que en su preparación, por su

recer de los materiales de vulcanización las temperaturas de mezclado pueden elevarse obteniéndose mejor efecto referente, ciclos más cortos y mejor dispersión; se preparan generalmente en proporción tal que puedan emplearse en compuestos diferentes. Un compuestos que tiene varias muestras debe totalizar en cada uno de sus ingredientes el número de partes que especifica el compuesto final.

Con el fin de ilustrar el manejo de mezclas maestras consideremos que existen en producción dos pesadas maestras, una de negro de humo que llamaremos muestra (1) y otra de coloraudor que llamaremos muestra (2). Para preparar la mezcla mencionada en el párrafo 911.1 necesitaremos primero determinar el número de partes que se necesitan de cada muestra.

MUESTRA 1	Partes	Muestra 2	
H-HB 1500	100.00	H-HB 1500	100.00
Negro HAF	75.00	M.B.T.S.	25.00
		~~Aceite extender~~	
	175.00	TOTAL	127.50

Para ello se divide el número de partes requeridas en el compuesto, del ingrediente que está en forma maestra, entre el número de partes contenidas en la muestra de ese ingrediente, obteniéndose un factor que multiplicado por cada uno de los ingredientes y sumados los resultados da el total de partes de la muestra que se debe agregar.

Para la muestra 1 tendremos:

a) El factor será: $\frac{50}{75} = .666$

b) Las cantidades serán:

H-HB 1500	100.00	X	.666	= 66.60
Negro HAF	75.00	X	.666	= 50.00
	TOTAL			= 116.60

Para la Muestra 2.:

a) el factor será: $\frac{1.50}{25.00} \frac{\text{partes M.B.T.S.}}{\text{partes M.B.T.S.}} = .06$

b) las cantidades serán:

E-RB 1500	100.00	=	6.00
E.R.T.S.	25.00	=	1.50
Acido Estefrico	2.50	=	.15
	TOTAL	=	7.65

Obtenidas las cantidades que se necesita agregar de muestras es necesario considerar las cantidades que se agregan de los otros componentes, para ello se trabaja en forma tabular, considerando en la primera columna todos los ingredientes del compuesto, en las columnas siguientes los ingredientes agregados y en la última columna por diferencia se incluyen los ingredientes que no se agregan en forma de muestras, en la mezcla final.

INGREDIENTE	PARTE POR 100 DE HULE	MUESTRA 1	MUESTRA 2	FINAL
E-RB 1500	50.00	66.60	6.00	27.40
Negro HAF	30.00	50.00		
Oxido de Zinc	4.00			4.00
Acido Estefrico	2.50		.15	2.35
Aceite Aromático	5.00			5.00
Cera	1.50		1.50	
Azufre Crystex	2.00			2.00
TOTAL	166.50	116.60	7.65	42.25

Cambiando la expresión del compuesto final en la siguiente forma:

	PARTES
E-RB 1500	27.40
Muestra # 1	116.60
Muestra # 2	7.65
Oxido de Zinc	4.00
Acido Estefrico	2.35
Aceite Aromático	5.00
Cera	1.50
Azufre Crystex	2.00
TOTAL	166.50

911E2.4.- LAMINADO

Conviene recordar que los Banburys normalmente descargan sobre molinos de rodillos con el objeto de obtener correcta dispersión de los ingredientes y permitir su transformación de una masa compacta a láminas fácilmente manejables. En las mezclas suaves especialmente los hules sintéticos se considera que tanto la incorporación como la dispersión se llevan a cabo en el Banbury, por lo que el molinero una vez que el compuesto hace banda (sobre uno de los rodillos) puede iniciar el laminado, pero en mezclas de hule natural o las que tienen cantidades apreciables de cargas el molinero necesita efectuar la dispersión, para ello el operario debe inicialmente dejar pasar todo el compuesto sin hacer la banda; efectuada esta operación se vuelve a pasar entre los rodillos haciendo de las láminas una especie de rollo, esta operación se repite y después se lamina. El grueso de las láminas es de gran importancia ya que de él depende la rapidez con que se enfría.

9.1.2.5.- ENFRIAMIENTO Y LUBRICACION

Las láminas una vez sacadas del molino deberán enfriarse rápidamente para evitar la acumulación de calor, que restaría el tiempo de almacenamiento y adelantaría el de vulcanización.

Las láminas pueden ser enfriadas por dos métodos; con aire o con solución de jabón y aire.

El enfriamiento con jabón y aire no solo es más rápido por la evaporación producida sino que forma película de jabón que sirve como lubricante para evitar que se peguen las láminas.

Sin embargo ciertos tipos de mezclas (algunas a base de N-NR o las de Butilo) no admiten el baño de solución de jabón, ya que tienen tendencia a soluir el agua, ocasionando porosidad en el producto de proceso. Además el agua sotía como acelerador en las mezclas a base de SB-R. Estos tipos de hule se pasan por el enfriador sin aplicarles el baño, sino únicamente una corriente de aire y para ayudar a que no se peguen las láminas durante el almacenamiento se les puede agregar una pequeña cantidad de talco en la superficie. Al almacenarse las láminas deberán estar a la temperatura ambiente.

9.1.3.- INFORMACION A LA SECCION DE CALIDAD

Deberá especificarse las características físicas tipo para que el departamento de control de calidad establezcan los límites de aceptación para la producción. Generalmente se dan aquéllas fácilmente medibles y que son reflejo fiel de las condiciones del compuesto especialmente del preparado como son la plasticidad y el tiempo de quemado; del tipo de vulcanización, como son las medidas de tensión, alargamiento y módulo, y de la preparación como es la gravedad específica que permite detectar la falta o exceso de algún ingrediente. El aspecto fundamental es el escalado correcto para obtener una correcta dispersión de la cual se deriva la uniformidad del producto, manifestada en la reproductibilidad obtenida de las características, para lo cual se registran gráficas y checa la dispersión tipo.

911.4.- INFORMACION A LA SECCION DE CONTABILIDAD

El Departamento de costos requiere la información del porcentaje de cada ingrediente empleado para el cálculo del costo por kilogramo, facilitarle las correcciones por variación del precio de materia prima, el procedimiento de escalado para determinar el costo de mano de obra, empleado en este por el departamento de Ingeniería Industrial, entre los convenios de tarificación con el personal obrero; y la norma de producto estimada por la sección de control de calidad puesto que siendo los ingredientes en su mayoría polvos, existe una pérdida apreciable durante el escalado.

El costo deberá calcularse por kilogramo y por unidad de volumen, dato éste último de gran importancia para determinar el costo del hule contenido en cada artículo (de volumen conocido), para este último dato, deberá calcularse el volumen por unidad de peso mediante la multiplicación del costo por unidad de peso con la gravedad específica. El porcentaje de los ingredientes es una gran ayuda también para el departamento de compras, pues conociendo el consumo estimado del compuesto, puede calcularse el consumo de cada ingrediente.

91.2.- MECANISMO GENERAL DE LAS FUNCIONES BASICAS

La aplicación de los elastómeros demanda fundamentalmente en su carácter elástico y en su capacidad de vulcanización, reforzamiento, plastificación y características de alejamiento. Durante el desarrollo del hule natural, los científicos interesados en descubrir nuevas propiedades

o mejorar los conocidos, se concentraron en la experimentación de nuevos ingredientes, dejándose el estudio del mecanismo de las funciones físicas. No fue sino el desarrollo de los hules sintéticos lo que exigió el estudio de los mecanismos, para desarrollar mejores elastómeros o determinar los sistemas más convenientes, especialmente de vulcanización y refuerzo. En la actualidad, siendo tan variadas las características de los elastómeros o ingredientes conocidos, es prácticamente imposible unificar el número de teorías (generales o específicas), que sobre el mecanismo de las diferentes funciones existen. Solo se consideran los principios físicos generalmente aceptados, para facilitar la comprensión del comportamiento de los diferentes ingredientes, sin analizar las teorías actuales de gran complejidad que no representan utilidad directa del formulista.

912.1.- ELASTICIDAD

La elasticidad es una característica intrínseca del elastómero que en estado no vulcanizado o crudo se encuentra en balance con la plasticidad, el cual se rompe con la vulcanización haciéndolos predominantemente elásticos y pudiendo por incremento de fuerza, reducirse hasta su desaparición como en la ebonita.

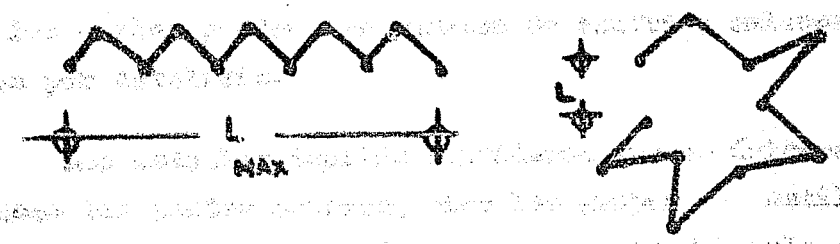
Se ha demostrado que la elasticidad no es una característica esencial de un tipo específico de una substancia química sino un resultado de la estructura molecular.

Numerosos esfuerzos para representar la estructura molecular y con ello explicar su alta elasticidad, han dado como resultado muchas teorías, como la que considera las moléculas enrolladas en forma de resorte y la que considera la existencia de dos fases.

El estudio comparativo de las diversas substancias elásticas como el azufre y selenio blandos, alcohol polivinílico y el tetracloruro de polietileno, ha indicado que el único punto común es su cadena macromolecular filiforme.

En la actualidad la teoría más aceptada es la cinética, que considera la representación de la ocasión de mallas como una serie de moléculas unidas por un hilo, siendo el ángulo entre dos enlaces consecutivos el ángulo de valencia. Si todos los uniones se encuentran en un solo -

plano se tendrá la longitud máxima de la molécula; teniéndose también una longitud entre extremos mínima (L. Max), pudiendo obtenerse esta condición en una sola forma; pero si se quiere colocar las extremidades moleculares a una distancia "L" inferior a "L" max, se puede obtener este resultado por combinaciones muy diversas, como consecuencia de la movilidad interna de la cadena, se puede en efecto, disponer de mallas de muchas formas diferentes hasta conseguir la "L" entre los carbonos extremos. El equilibrio termodinámico correspondería a una cierta posición de contracción media con una longitud "L" inferior a "L" max.



Si ahora ejercemos un esfuerzo de tracción sobre la materia formada por un conjunto de cadenas así enrrolladas y entrelazadas, se orientarán las cadenas de su posición más probable; el efecto estadístico tendrá a oponerse a esta acción ejerciendo una retracción, impulsada exclusivamente por la agitación térmica desordenada de las moléculas; esta misma agitación va a ejercer esfuerzos laterales sobre la cadena que las une y por consiguiente tenderá a aproximar sus extremos. Los grandes estiramientos se explican así de una manera satisfactoria. La magnitud de alargamiento resulta consecuencia del paso de la forma contraída de la cadena a la forma estirada; en definitiva depende de la longitud misma de la cadena, puesto que es la deformación de toda la cadena que interviene. Es conveniente considerar que esta deformación de la molécula puede descomponerse en tres tipos: deformación elástica ideal y reversible, deformación elástica retardada y deformación plástica reversible.

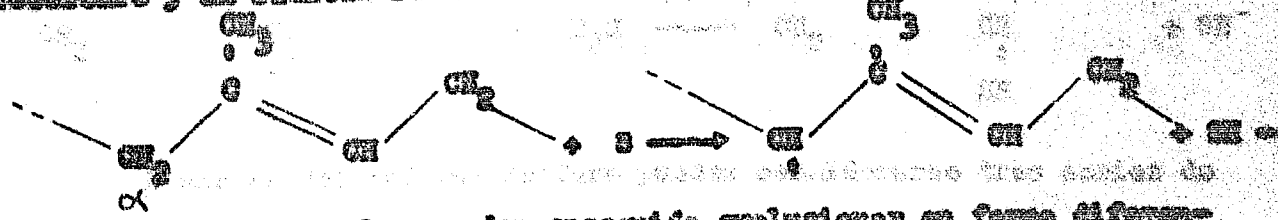
912.2.- VULCANIZACION

Físicamente la vulcanización es un proceso por el cual un compuesto elastomérico pierde pegajosidad, plasticidad, solubilidad en los solventes y sensibilidad al calor, aumentando su elasticidad aparente y su

Hasta en desenvolvimiento se han formulado gran número de teorías muy variadas, sin embargo la mayoría coinciden en que se trata de la formación de enlaces cruzados que dan origen a estructuras tridimensionales, que limitan la movilidad de las moléculas y con ello disminuyen su carácter plástico en relación directa al número de enlaces. La reactividad de los elastómeros es debida generalmente a su insaturación, habiéndose comprobado que la velocidad y nivel de vulcanización dependen del grado de insaturación y que éste se disminuye al progresar la vulcanización no obstante también existen elastómeros de baja insaturación que por síntesis especiales, pueden dárseles un grado de vulcanización elevado. Las propiedades de tensión, elongación y dureza están relacionadas directamente con el número de enlaces, los cuales pueden ser puentes de azufre o enlaces carbon - carbon provocados por catalizador.

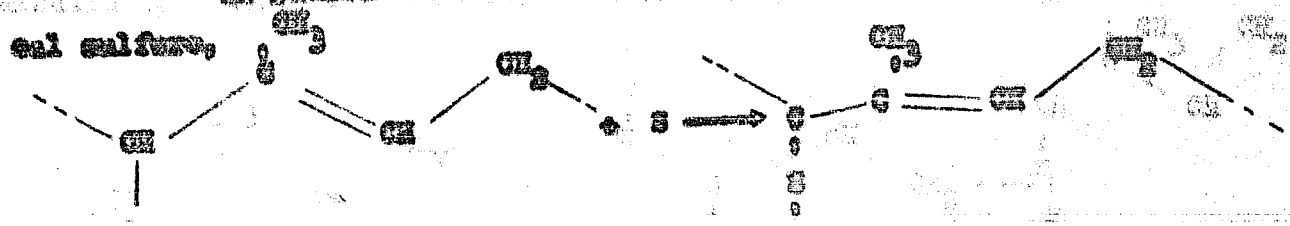
Los actuales teorías consideran que no únicamente son los dobles enlaces los puntos activos; sino los grupos α metilenos, siendo este el punto de partida de la teoría del mecanismo del hule natural con azufre, más aceptada y que Jean Le Bras presenta en forma condensada:

Inicialmente un átomo de hidrógeno del α grupo metileno en la cadena isoprénica se desunirá, dando presencia de azufre, un radical hidrocarburo y un radical sulfhidrilo.



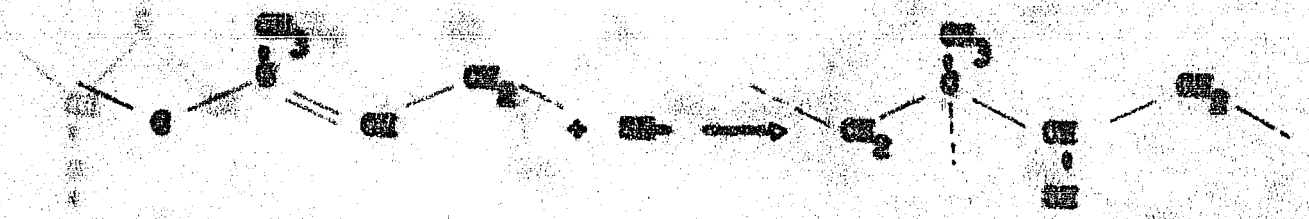
Estos radicales pueden enseguida evolucionar en forma diferente:

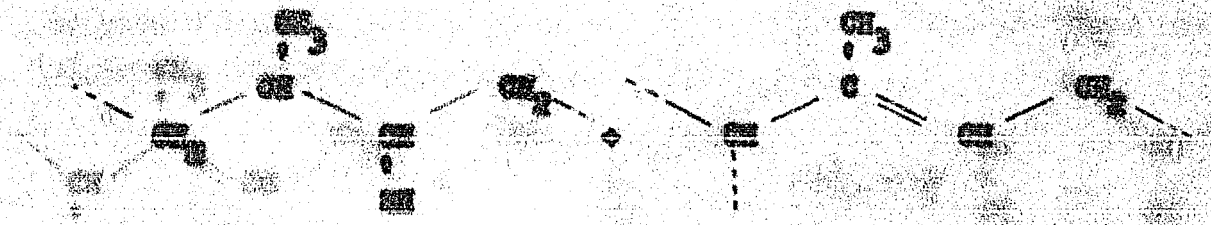
El radical hidrocarburo formado en presencia de azufre un radical sulfuro,



El radical sulfhidrilo, se adicionará a un doble enlace dando un número radical susceptible de reaccionar con otra molécula de hidrocarburo o eventualmente con ácido sulfhídrico. El mercaptanal obtenido se

tacía a diversas combinaciones. A) Con moléculas de hidrocarburo

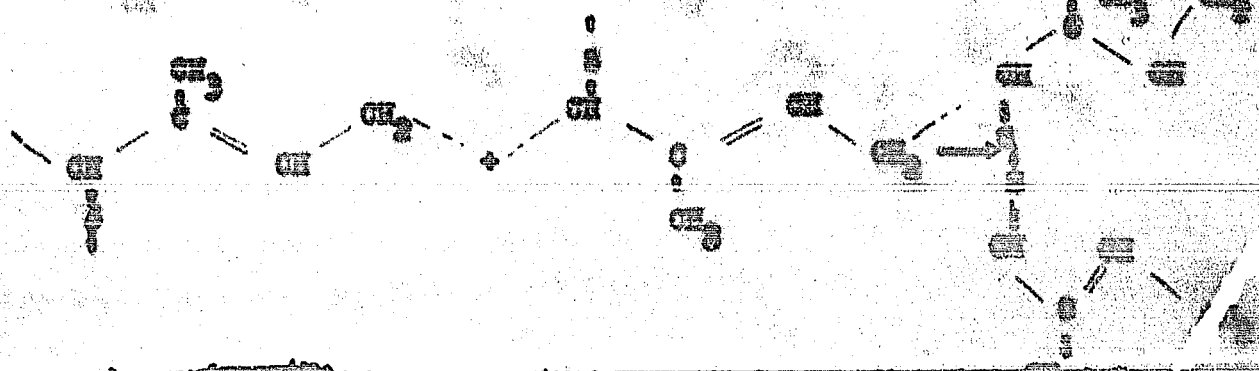


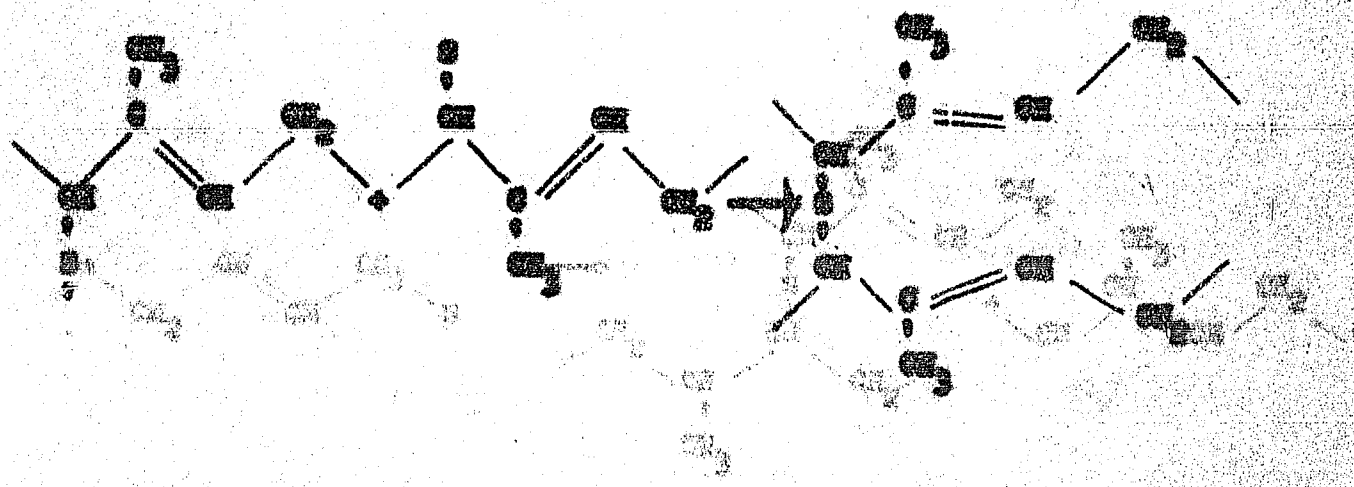


b) Con una molécula de ácido sulfídrico.

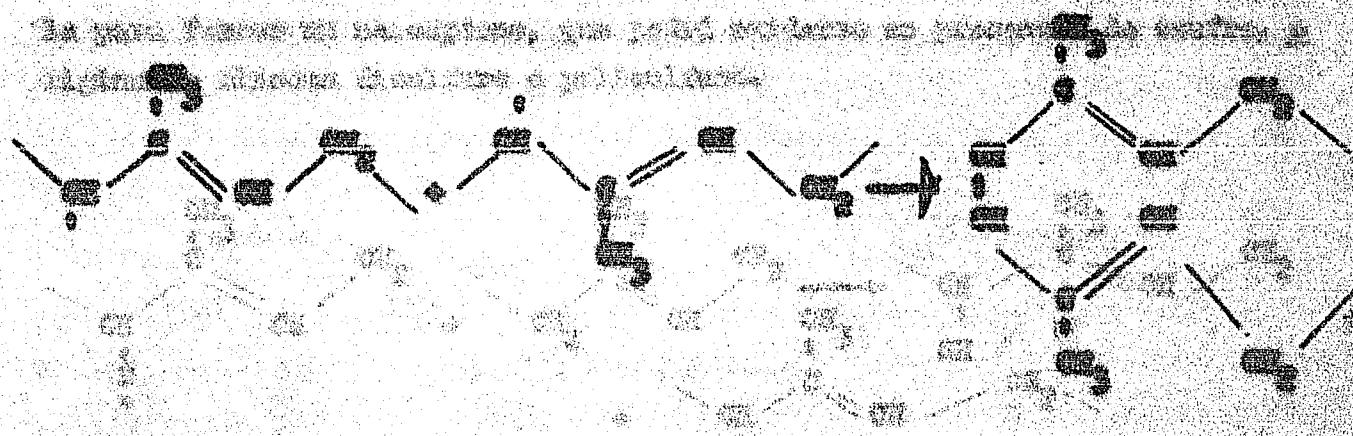
A partir del radical sulfuro pueden considerarse tres tipos de reacciones:

a) Condensación de radicales entre ellos mismos, conduciendo a puentes de disulfuro, monosulfuro o carbón - carbón sin pérdida de saturación.

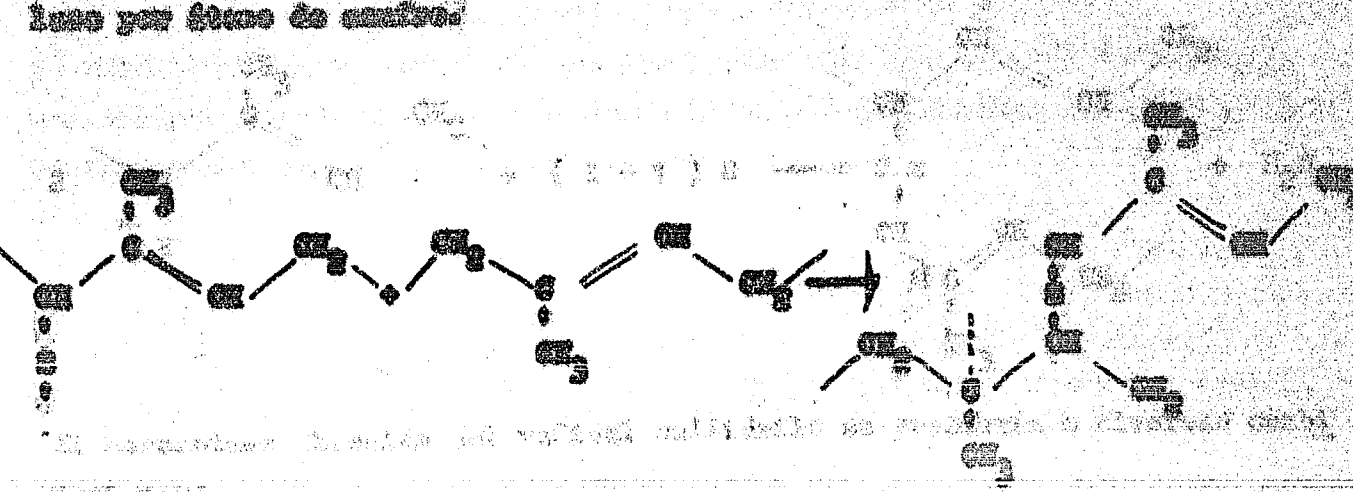




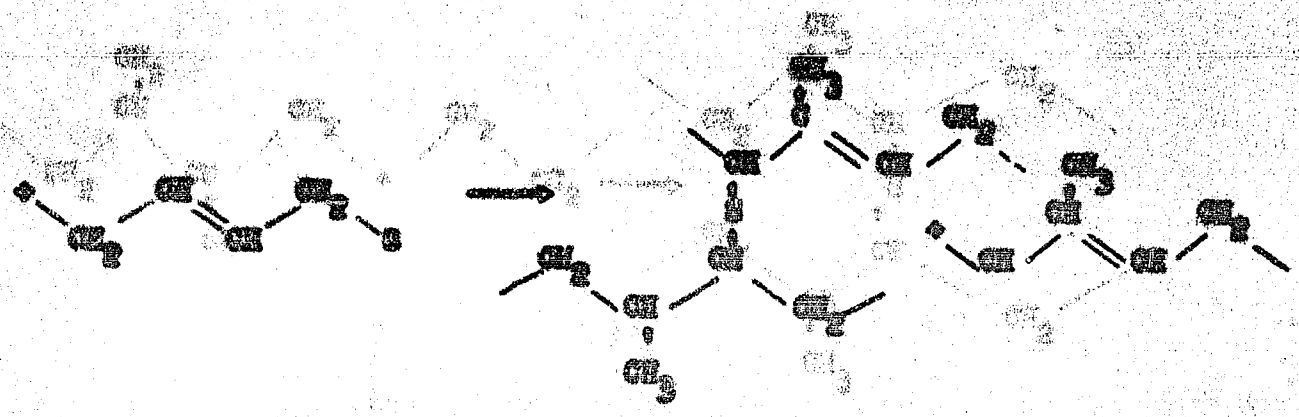
a) Reacción secundaria, con transfer de un átomo de hidrógeno y otra adición de una fracción de monómero, que podría evitarse en presencia de cantidades altas de monómero.



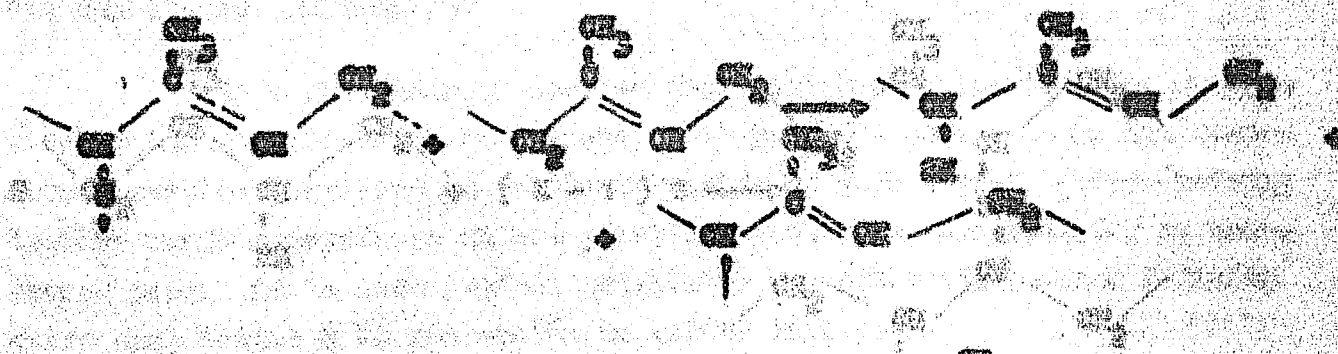
b) Reacción en cadena que comprende la adición de un radical alílico sobre doble enlace, con pérdida de la insaturación correspondiente a un doble enlace por fisión de enlaces.

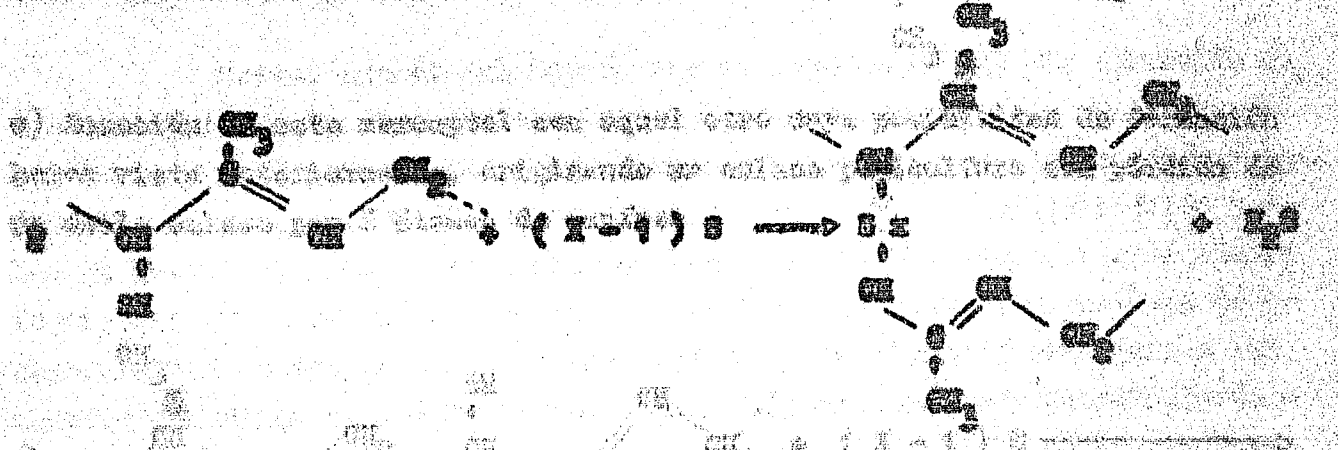


c) Formación por adición con un doble enlace de un radical terminal, seguida por fisión y la pérdida de un doble enlace que está fuera de resonancia.



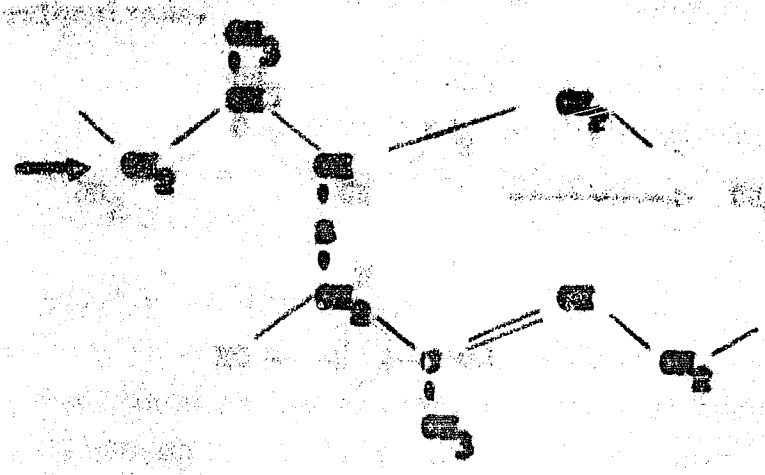
c) Reacción en cadena, con terminación de un átomo de hidrógeno a otra cadena, para formar un macromolecular, que podrá entonces un monómero de cadena, y siguiendo dando disulfuro o polisulfuro.





El macroradical obtenido del radical sulfídrilo se prosigue o diversas condiciones:

a) Formación por reacción con un doble enlace de un nuevo radical disulfídrilo, correspondiente a la pérdida de dos dobles enlaces por cada átomo de azufre;



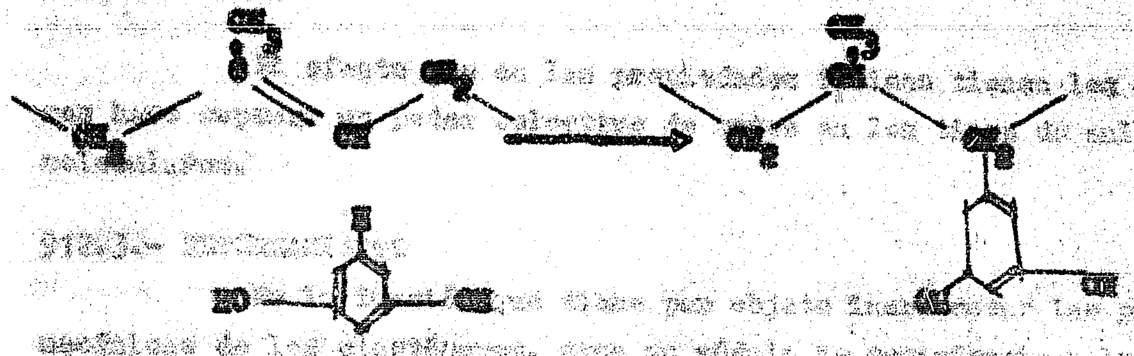
El ácido sulfúrico producido en el curso de algunas experiencias consideradas reaccionaría inmediatamente con el hule puesto que ello se ha podido determinar treces, durante su vulcanización. Esto está de acuerdo con la facilidad que tiene el ácido sulfúrico a los olefinas en presencia del radical sulfúrico.

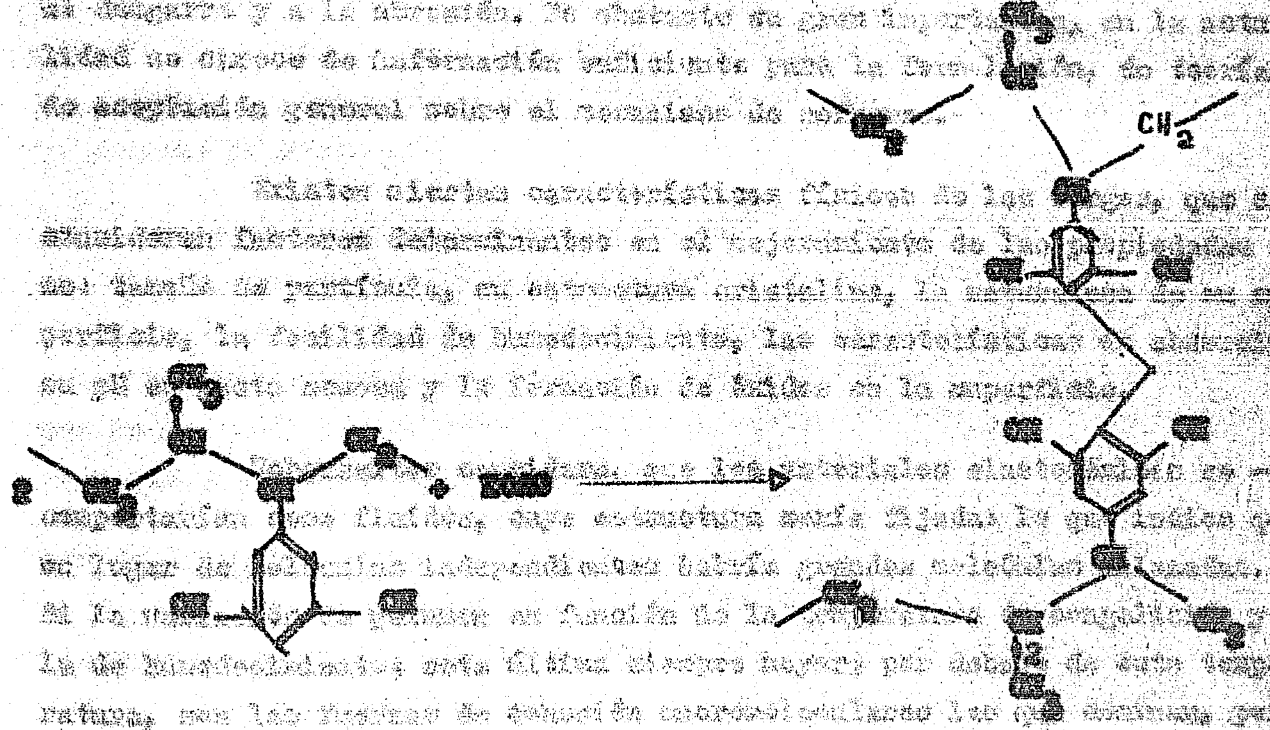
Es normal suponer que las condiciones de vulcanización, en particular la naturaleza del acelerante, influyen favorablemente en los procesos moleculares que alcanza la formación de este tipo de enlaces intermoleculares puesto conjuntamente de una página variable de insaturación, se comprende porque no ha sido posible establecer una relación general definida entre este último y la propiedad de anillo endurecido.

Hubo habido cuidado de una estructura en red por formación de puentes, pero no ha sido posible hasta el momento dar pruebas formales, ya que en la práctica no se ha podido aislar los productos de la formación y de sustituciones, los procedimientos clásicos, como los de cristalización y los de destilación han sido imposibles. Sin embargo existen gran número de pruebas experimentales que parecen confirmarla. Todos los sistemas de vulcanización están de conformidad. Por en efectividad se conocen a los aceites [illegible] de cierto tamaño y a los productos esos [illegible] (gomas duras rígidas).

El sistema de vulcanización [illegible] y [illegible] cuyo mecanismo es fijar cobre el elastómero, en una primera operación, dos [illegible] activas como los mercaptanos y cuales en una segunda operación de [illegible] dan lo ayuda de [illegible], presentando las características de [illegible]

vulcanizado.





Los sistemas Fenoles-Alcoholes y Resinas activantes tienen el mismo comportamiento.

Siendo aún tan confuso el mecanismo de la vulcanización en sí, es lógico que el mecanismo de los aceleradores lo sea aún más, [illegible] si se considera a la aceleración como un proceso catalítico que requiere de tener agentes activos. Las teorías que se han propuesto son muy numerosas y ninguna de ellas tiene un carácter general y prácticamente, puede decirse [illegible] una teoría para cada tipo de acelerador.

El efecto de activación que la combinación de un ácido graso y un óxido metálico principalmente el de zinc, produce en el sistema de acelerador [illegible]

que le permite reacciones con el acelerador para dar la cal de cinc de actividad mayor.

El efecto que en las propiedades físicas tienen los aceleradores hace suponer un poder selectivo de estos en los tipos de enlaces intermoleculares.

912.3.- REFORZAMIENTO

En la función que tiene por objeto incrementar las propiedades mecánicas de los elastómeros, como su módulo de resistencia a la ruptura - al desgarro y a la abrasión. No obstante su gran importancia, en la actualidad no carece de información suficiente para la formulación, de teorías de carácter general sobre el mecanismo de refuerzo.

Existen ciertas características físicas de las cargas, que se consideran factores determinantes en el mejoramiento de las propiedades que son: tamaño de partícula, su estructura cristalina, la naturaleza de su superficie, la facilidad de humedecimiento, las características de absorción, su pH en pasta acuosa y la formación de óxidos en la superficie.

Dobbraitar consideró, que los materiales elastoméricos se comportarían como fluídos, cuya estructura sería fijada: lo que indica que en lugar de moléculas independientes habría grandes moléculas enlazadas. - El la variación de volumen en función de la temperatura de congelación y - la de humedecimiento; esta última siempre mayor; por debajo de esta temperatura, son las fuerzas de cohesión macromoleculares las que dominan, por lo que hay afinidad entre la substancia y la carga. Esta no es activa. Por el contrario, por encima de esta temperatura el humedecimiento llega a ser efectivo, y hay una fuerza de unión eléctrica importante entre moléculas del hule y las partículas del negro de carbón. Esto explica que cuando se estira el hule, el negro mejora las propiedades físicas. Cuando se estira el hule, hasta llegar a la rotura rompe un cierto número de valencias principales, las - fuerzas de cohesión intermolecular y las fuerzas de unión superficial que ligan las macromoléculas a las partículas del negro que son superiores a - la fuerza de cohesión".

Sin embargo esta explicación no suministra ninguna precisión - sobre la naturaleza de las uniones que se crean entre la carga y el elastó

les de importancia.

1º.- Después de haber sometido un vulcanizado conteniendo negro de humo a un alargamiento, se comprueba al medir de nuevo al sábalo, una disminución relativamente importante atribuida a roturas en el sistema estructural pues, debiéndose un debilitamiento sin eliminar cargas; considerándose la existencia de dos tipos de unión con resistencias diferentes.

2º.- Por masticado de negro y elastómero se disminuye la plasticidad y rebaja el límite de hinchamiento; predominándose cierta proporción de hule ligado a negro de humo que no es susceptible de ser separado por extracción de los disolventes ordinarios, a esta fracción se le llama carbón gel y es máxima a temperaturas de 200ºC. Considerándose al negro de humo como un captor de radicales.

3º.- Existe en la superficie de las partículas de negro una cierta cantidad de oxígeno, que sería del orden de 5% en peso para los negros de canal y mayor de 5% en los de horno. Algunos científicos consideran que este oxígeno no se fijaría químicamente al negro formando un grupo activo. No obstante por la carencia de información completa, deberá continuarse valiéndose del conjunto por los métodos comparativos tradicionales.

§12.4.- PLASTIFICACION

Los elastómeros en su estado crudo, presentan resistencia al procesarse debido al balance existente entre la plasticidad y la elasticidad, el cual es característico del tipo de elastómero, que determinará el procesado previo al mezclado o durante él; para romper el balance y transformarlo en una materia predominantemente plástica, fácil de procesar, especialmente en tubuladora y que permitirá una rápida y buena dispersión durante el mezclado.

El elastómero que presenta mayor dificultad en la ruptura del balance es el hule natural el cual requiere ser masticado o plastificado químicamente. El mecanismo básico de la plastificación es la de permitir el deslizamiento intermolecular por destrucción de los puentes existentes o ruptura de la cadena molecular. Los métodos de plastificación son el térmico o masticado, el peptizado o plastificación química y la plastificación física.

El masticado o plastificación mecánica se atribuye a varios factores de acción directa que se desprenden de estas tres premisas esenciales:

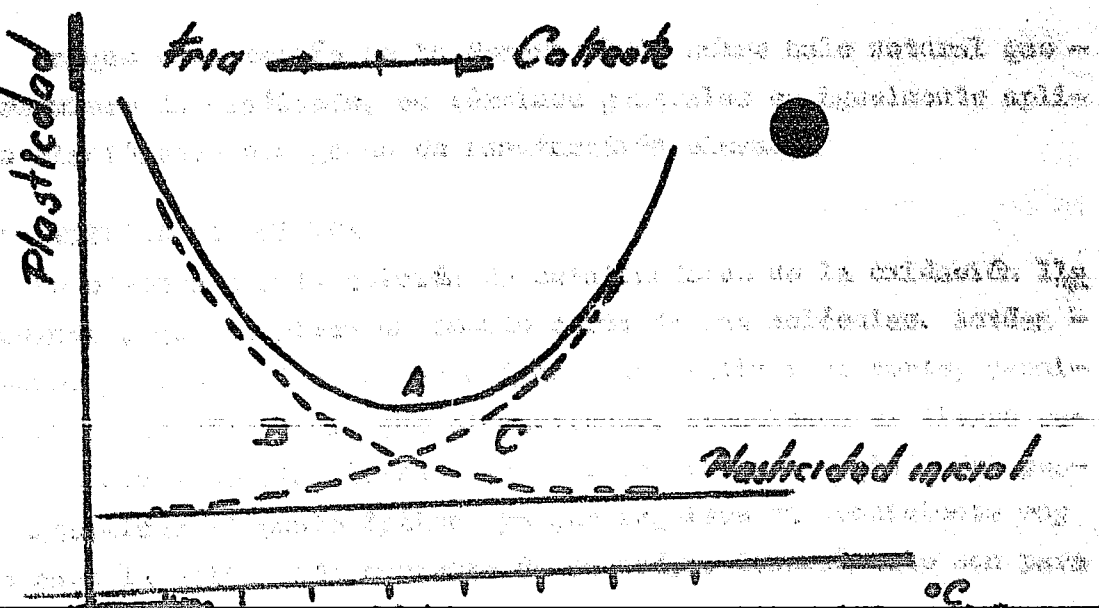
a) El masticado en atmósfera de nitrógeno no tiene efectos sensibles en la plasticidad.

b) Los peptizantes químicos son catalizadores poderosos de la oxidación.

c) Puede efectuarse la plastificación por simple calentamiento en presencia de aire.

Durante el masticado se efectúa un aplastamiento o desgarro por el trabajo mecánico; produciendo una elevación de temperatura por fricción en presencia de oxígeno, presentándose una rápida disminución de la plasticidad.

Como el fenómeno de plastificación va acompañado de una disminución de la masa molecular del elastómero, es lógico admitir que las moléculas se encuentran cortadas mediante un proceso en el que interviene el oxígeno, sin embargo se ha demostrado que la plasticidad no es una función creciente de la temperatura, cuando esta aumenta la velocidad de plastificación, disminuye al principio alcanzando un mínimo alrededor de 120°C., y se crece enseguida rápidamente. Se ha podido así distinguir en relación al mínimo un masticado en frío anterior a este y uno en caliente posterior, como se puede apreciarse en la curva A de la siguiente gráfica.



El masticado en caliente se explica lógicamente por una oxidación térmica debida a la autoxidación, siendo aún mal conocidos los detalles de la reacción.

La masticación en frío se atribuye a: una rotura mecánica en los enlaces primarios; los radicales libres así formados deberían recombinarse, a no ser que la fijación de oxígeno los estabilice. Recientemente también que: los efectos de cizallamiento a los cuales se somete el elastómero ocasiona roturas de moléculas, con formación de radicales; en la ausencia de oxígeno o de otro aceptor de radicales, estos radicales se combinan entre ellos, sin que ocurra modificación sensible de la repartición de las masas moleculares y por consiguiente la viscosidad intrínseca; por el contrario, si está presente un aceptor de radicales, se fija sobre el radical favoreciendo las reacciones terminales, de forma que los trozos moleculares quedan relativamente cortos, consiguiendo una plasticidad.

Si consideramos la curva "A" de la gráfica anterior, nos explicaremos fácilmente que ésta se obtenga como resultante de dos procesos diferentes que se superponen: rotura mecánica de la molécula por una parte, oxidación térmica por otra. El primero de estos procesos (curva "F") tiene un coeficiente de temperatura negativo, puesto que cuando la temperatura aumenta, el elastómero se hace más blando y se somete más fácilmente al esfuerzo de deformación, de suerte que sus moléculas tienen cada vez menos a romperse mecánicamente; por el contrario el segundo (curva "C") posee el coeficiente de temperatura positivo normal.

Aunque esta teoría se ha desarrollado sobre hule natural que es el que requiere de masticado, en términos generales es igualmente aplicable a los elastómeros con grado de insaturación elevado.

9124.2.- PLASTIFICACION QUIMICA

Se efectúa por la adición de estabilizadores de la oxidación llamados peptizantes, que originan un rápido corte de las moléculas. Actúan como receptores y transportadores de oxígeno para activar el corte, permitiendo obtener mayor eficiencia que el masticado, reduciendo el tiempo requerido para un nivel de plasticidad deseado. Un correcto trabajo del peptizante es determinar el punto óptimo, ya que requiere de condiciones muy específicas para la aplicación correcta de su poder. Generalmente son para

hule natural pero pueden trabajar aceptablemente en otros — tipos de hule.

Aunque en ocasiones el uso del peptizante no se desarrolle por lo drástico del corte en las cadenas se recomienda su uso, cuando el objeto principal es modificar las propiedades del compuesto crudo más que las del vulcanizado y cuando el costo sea favorable en comparación con otros métodos para obtener los mismos resultados.

La causa de que no afecten las propiedades del vulcanizado, se debe a que se adicionan en muy pequeñas cantidades y después de cortar las moléculas y efectuada la vulcanización habrá muy poco material extraño.

91241.3.- PLASTIFICACION FISICA

La plastificación se obtiene mediante la adición de aceites que debilitan la unión entre moléculas debidas a la cohesión, comportándose como un medio lubricante que facilitará el deslizamiento de las moléculas, permitiéndose el flujo del compuesto elastomérico.

Este tipo de plastificación es el más usado, por los efectos producidos tanto durante el proceso como en el compuesto vulcanizado, dependiendo del tipo elastomérico, de plastificante y la cantidad se puede ir de la pegajosidad a la lubricación.

Partiendo de las teorías de la elasticidad (912.1), y de la vulcanización (9121.2) el lubricante intermolecular permanece entre las moléculas sin entrar en reacción y conservando su poder lubricante y afectando principalmente las propiedades, en una reducción del módulo, dureza, aumentando su facilidad de recuperación elástica que se refleja en la mejoría en el rebote y el índice de recuperación.

Existen en gran cantidad de tipos y de costo reducido, que se diferencian en su comportamiento por tres características fundamentales su estructura molecular (polaridad) su peso molecular y su reactividad química.

91243.1.- ESTRUCTURA MOLECULAR

La polaridad o aromaticidad de la molécula determina el grado de compatibilidad con el elastómero; es decir la facilidad con que el plas

tificante emigre a la superficie, tomando como ilustración los plastificantes derivados del petróleo que representan el grupo de mayor importancia, que incluyen fracciones, que van desde las no polares o parafinas a los polares o altamente aromáticos.

Los compuestos aromáticos contenidos entre moléculas elastoméricas por su polaridad, soportan fuerzas de atracción por afinidad que impiden la movilidad del plastificante y con ello la emigración, por ello se dice que son altamente compatibles, siendo solubles en hule y agentes hinchantes de éste.

Los compuestos parafínicos por su grado de saturación y baja polaridad, tienen una mínima afinidad lo cual permite por no haber fuerzas de atracción, la movilidad de las moléculas que emigran a la superficie; se dice que son compatibles.

La adhesión y propiedad aumentan con su grado de aromaticidad, siendo por ello las parafínicas como la cera empleadas como lubricantes superficiales.

91243.2.- PESO MOLECULAR

Existe una relación directa entre el peso molecular y la viscosidad, este último factor determinante en el poder plastificante.

Los plastificantes de alto peso molecular son muy viscosos lo cual origina que la lubricación sea menos efectiva y con ello una plastificación menor. En cambio un plastificante de bajo peso molecular será menos viscoso pudiendo efectuar una lubricación más efectiva por la gran movilidad de sus moléculas pequeñas. Sin embargo este último tipo es de mayor volatilidad, siendo inferior el viscoso en su retención de propiedades, durante el añejamiento, así como la fuerza tensil y resistencia al desgarre.

El peso y la estructura moleculares puede en forma combinada permitirnos la construcción de un esquema, que permita localizar fácilmente de las propiedades de las fracciones más comunes de derivados del petróleo y con ello su selección correcta.

91243.3.- REACTIVIDAD QUIMICA

La reactividad química de los plastificantes se refiere al cambio [illegible] durante la vulcanización

ción para acelerarla o retardarla o durante protegiendo o acelerando los factores de degradación. Un buen ejemplo es el alquitrán de pino, el cual contiene grupos ácidos que contribuyen a su efectividad en conservar la flexibilidad y rechazar la humectación de las cargas, estos ácidos también retardan la vulcanización a temperaturas bajas, incrementando el tiempo de quemado.

El ácido estérico contiene grandes cadenas parafínicas que le dan poder de plastificación e incompatibilidad y el grupo ácido que además de darle cierta polaridad, es un grupo de reactividad química que le da buena humectación de cargas y reactivado con el óxido de zinc.

912.3.- ALMACENAMIENTO

El alojamiento o envejecimiento es la pérdida gradual de las propiedades mecánicas de un compuesto, especialmente la tensión, dureza, resilencia y elongación, siendo esta última la de mayor sensibilidad a los efectos del alojamiento; pudiendo tomarse como referencia en la valuación de retención de propiedades por alojamiento, de menor es la tensión. El debilitamiento de las propiedades origina que su comportamiento en servicio no sea adecuado.

Aunque siempre ha sido un factor de gran importancia la resistencia al alojamiento en la actualidad se ha vigorizado por la aplicación que tienen los artículos en ingeniería de construcción, generalmente bajo condiciones muy severas.

Los factores fundamentales que producen el alojamiento son el oxígeno y ozono, cuya acción se ve acrecentada por el tipo de servicio, el calor, la luz, la radiación e ingredientes promotores. Debiéndose recordar que además de activar el calor, la luz y las radiaciones son agentes degradantes (4.2).

Las buenas características de envejecimiento no sólo dependen del medio sino de la calidad de la formulación especialmente dada por el tipo de elastómero, el grado y tipo de vulcanización, además de los ingredientes de procesado, reforzamiento y protección.

El efecto del medio depende en gran parte del tipo de servicio

al cual está sometido el artículo, por sus características puede agruparse en: a) servicio estático con poca exposición atmosférica como recubrimiento de tanques, tubería, juntas y cables. Los requerimientos de protección son muy pequeños.

b) Servicio estático con gran exposición, como mantas aislantes, aerogeneradores, pisos y recubrimientos de caminos. Efecto considerable del medio necesitándose buena protección.

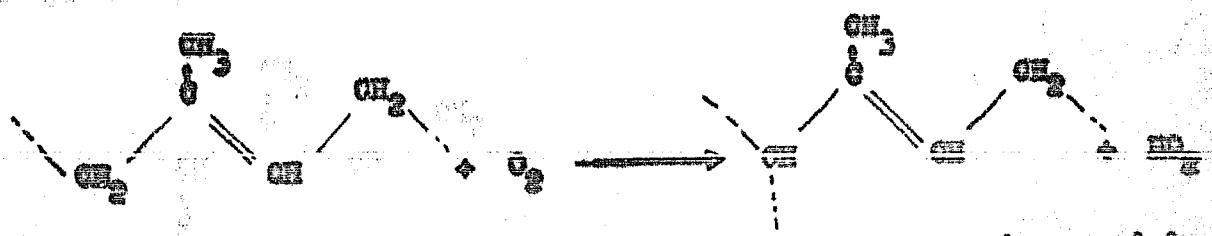
c) Servicio dinámico de gran exposición como soportes antivibratorios, bandas y llantas. Son las condiciones más severas por lo que deben formularse incluyendo sistemas de protección poderosos, especialmente contra la acción del ozono, de gran poder oxidante especialmente en la flexión y tracción.

Variando el origen y la magnitud de la acción oxidante se pueden distinguir varios tipos de envejecimiento.

TIPO	FUERZA
1.- autoenvejecimiento	no activada
2.- envenenamiento metálico	activación catalítica
3.- envejecimiento térmico	activación térmica
4.- envejecimiento luminoso	activación óptica
5.- agrietamiento por flexión	activación mecánica
6.- agrietamiento atmosférico	activación molecular

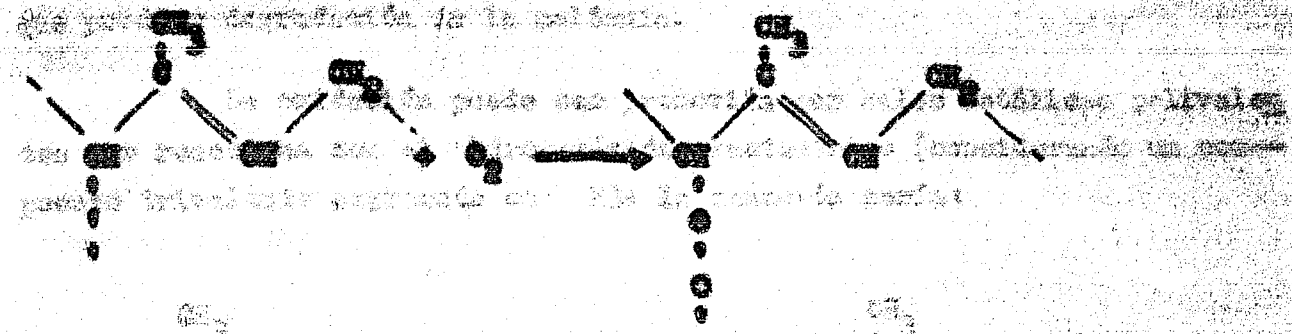
9125.1.- EFECTO DEL OXIGENO

La hipótesis generalmente adoptada es la que considera el punto de mayor actividad en la molécula, el metileno en la posición alfa. Inicialmente, por ataque de una molécula de oxígeno sobre un grupo isoprénico de la cadena elastomérica, se forma un hidroperóxido y un radical en la cadena.

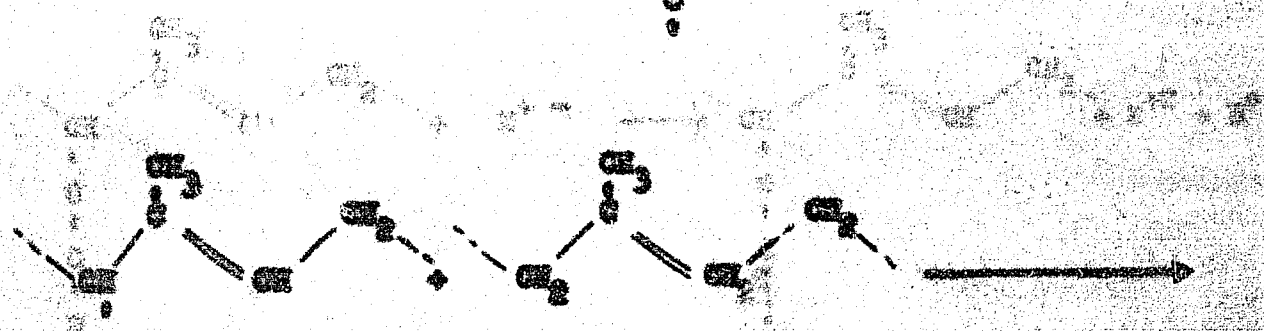


El radical reaccionará con otra molécula de oxígeno originando una reacción en cadena a partir de un peróxido activo.

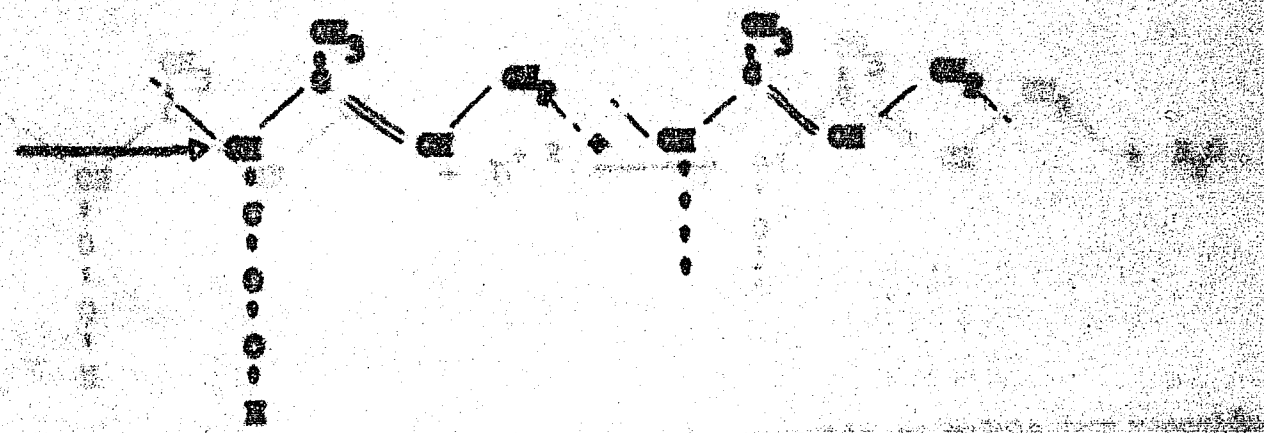
a los hidruros alílicos con eliminación de hidrógeno sobre o elimina la doble por transposición de la molécula.



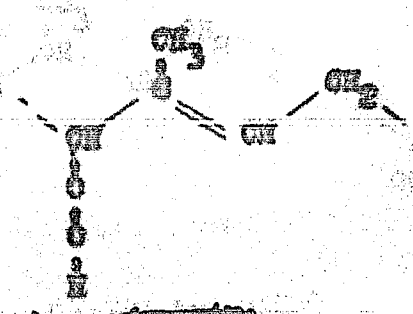
La reacción puede no producirse en todos los hidruros primarios, pero puede ser [illegible] (considerando un compuesto intermedio [illegible] en la [illegible] de [illegible]).



El [illegible] directamente en transformación de nuevo en los hidruros por [illegible] en el peróxido.

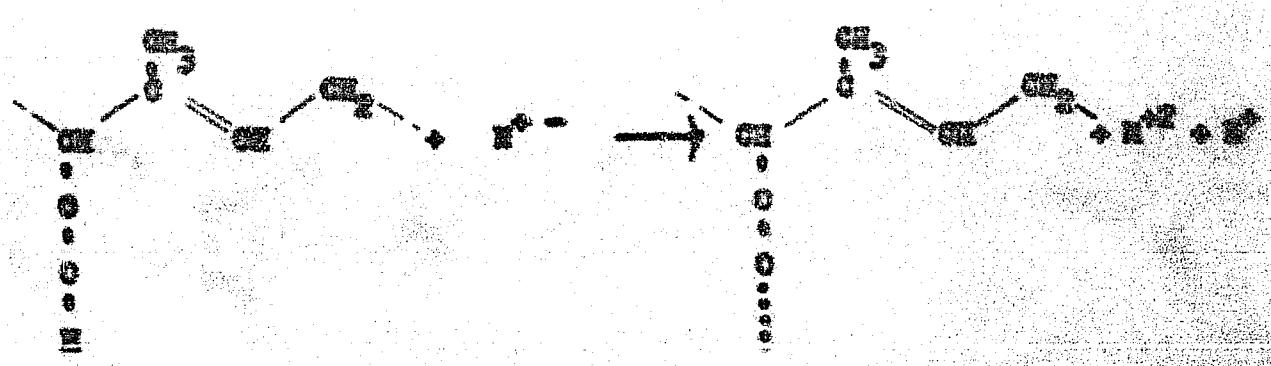


Si que el compuesto [illegible] la terminación se produciría por recombinación de los radicales entre ellos mismos, dando un hidroperóxido cuya inestabilidad ha sido comprobada, considerándose que el doble enlace con particularmente sensible

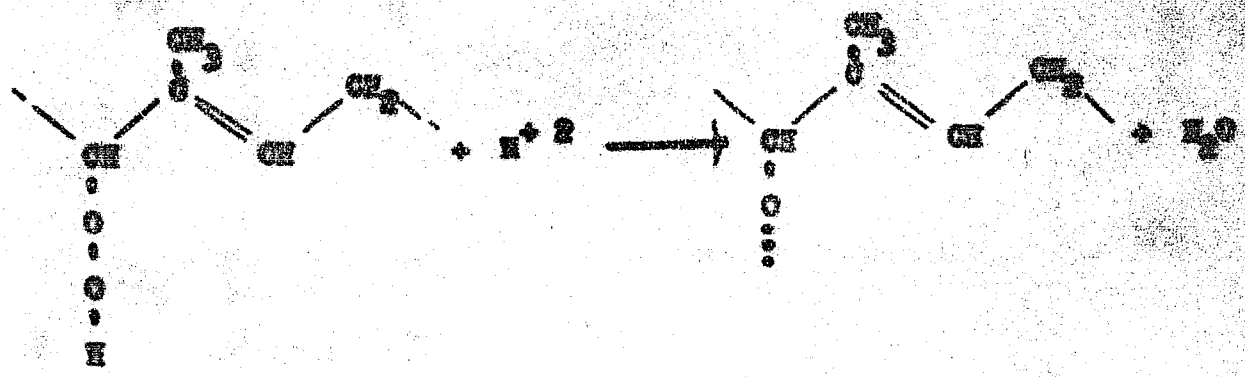


a las tendencias oxidantes con obtención de fenoleno ó cetónico lo que produce degradación de la molécula.

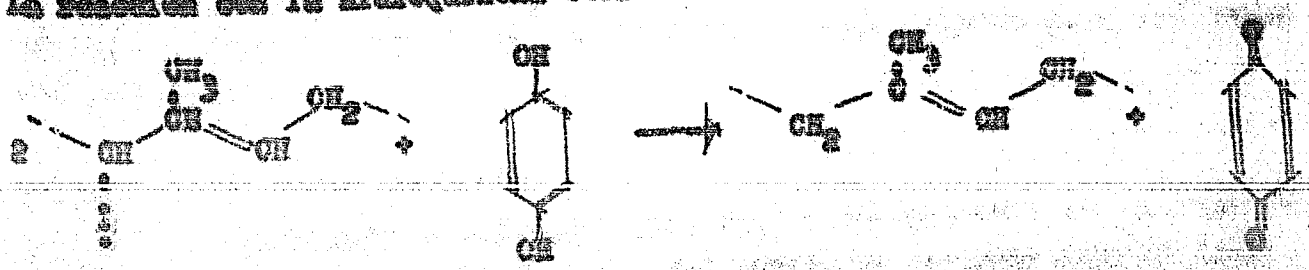
La oxidación puede ser promovida por sales metálicas polivalentes que reaccionan con el hidroperóxido alcohólico (considerando un compuesto trivalente expresado con M^{3+} la reacción sería:



El ión divalente se transforma de nuevo en ion trivalente por reacción con el peróxido.



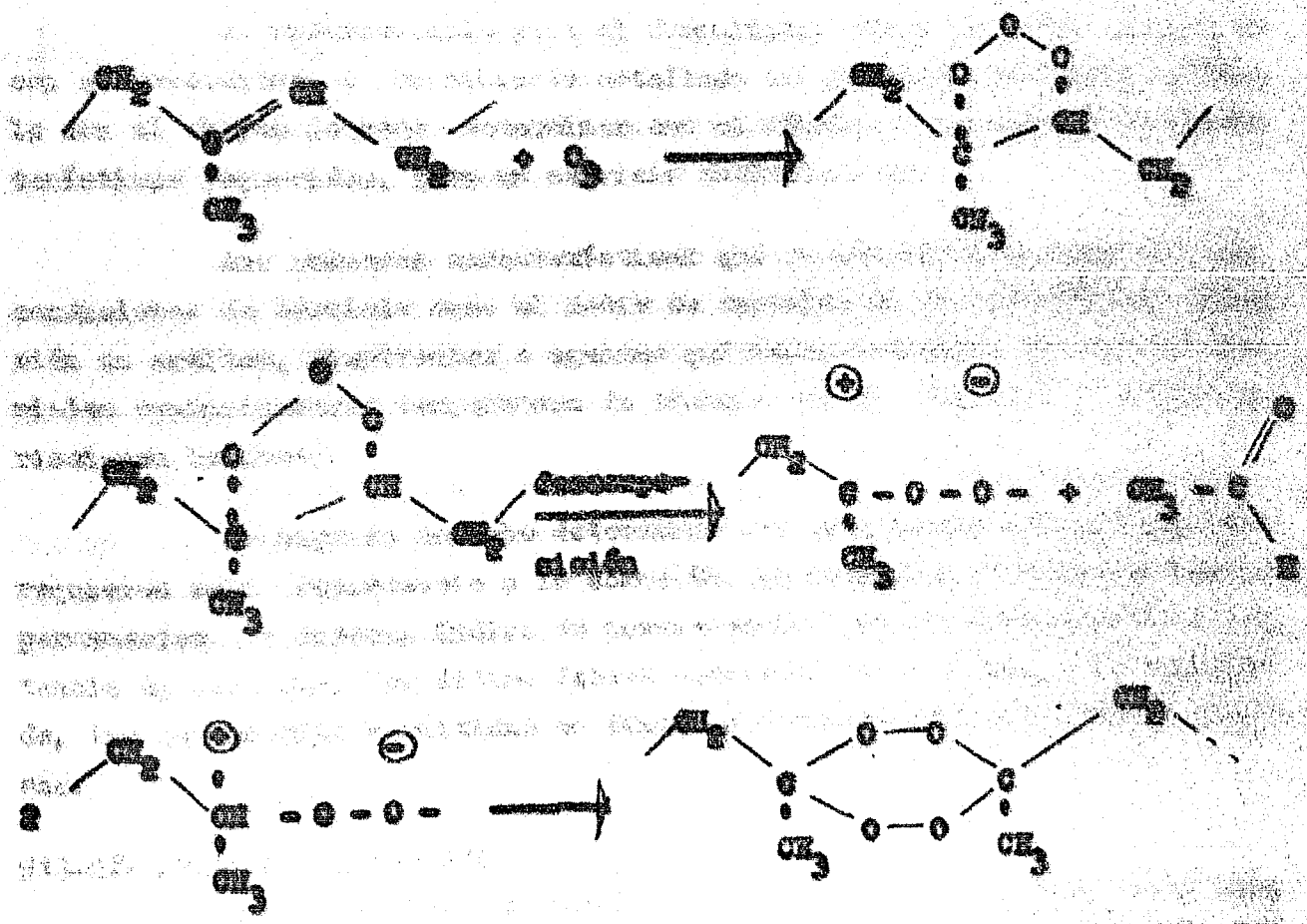
O por el contrario puede interrumpirse la reacción en cadena por reacción de los antioxidantes con los radicales activos, bloqueando la propagación la reacción con la hidroquinona será:



Cuando se quiere [illegible]

El ozono es productor de agrietamiento si el artículo está sometido a tensión o de una capa blanquecina en la superficie si está sin esfuerzo.

Se considera que están el ozono actúa las dobles ligaduras formando el ozonido, que se descompone fácilmente rompiendo la cadena y formando el peróxido que es muy inestable:



La protección puede ser química para prevenir la formación inicial del ozónido o evitar la descomposición de éste y física (superficial) con ceras microcristalinas.

Diseño- Diseño de un compuesto

El diseño de cualquier compuesto nuevo requiere de una organización adecuada que permita disponer del máximo de recursos para el desarrollo del compuesto óptimo, dentro del más elevado nivel de calidad y al

del consumidor del artículo y del formulista o en su defecto, el conocimiento detallado del uso y características del artículo por parte del formulista.

Es conveniente programar todo diseño en varias etapas básicas como sean información preliminar, análisis del proceso, formulación, evaluación experimental y ajuste, fabricación tipo y valuación en servicio.

913.1.- INFORMACION PRELIMINAR

Es indispensable para el formulista, tener contacto directo con el consumidor, o conocimiento detallado del servicio del nuevo artículo con el objeto de poder determinar con el mínimo de precisión las características requeridas, para un servicio satisfactorio.

Las primeras características que se necesitan conocer son las condiciones de servicio como el medio de trabajo; si es atmosférico, inmersión en aceites, disolventes o agentes químicos, indicando el tipo y concentración contaminantes; temperatura de trabajo (si es constante o incluye variaciones bruscas).

En seguida se debe determinar las propiedades físicas que se requieren como: resistencia a la abrasión, al desgarro, a deformaciones permanentes, la dureza, índice de recuperación, etc.... Indicando la importancia de cada una. Por último deberá indicarse las medidas, peso requerido, las tolerancias permitidas en cuanto a dimensiones y propiedades físicas.

913.2.- ANALISIS DE PROCESO

Conocidas las características del artículo, el formulista deberá analizar el proceso de fabricación más adecuado, si se trata de un artículo sencillo, si es un artículo de elaboración complicada, como lo puede ser el desarrollo de un tipo específico de mangueras para alta presión, se requerirá la participación de uno o varios técnicos especializados en cada una de las diferentes fases del proceso, quienes deberán informar al formulista; el tipo de proceso requerido, así como el tipo de vulcanización que se emplea, si se va a tubular o a calendrear, si se requiere pegajosidad o lubricación según se vaya a ensamblar o a moldear, etc...

Recibida la total información se está en condiciones de iniciar el proceso de desarrollo del nuevo compuesto, Debiendo para ello regirse por tres principios fundamentales:

a) La obtención de las propiedades adecuadas

b) El buen procesado de las mezclas

c) El mínimo de costo posible de materia prima y de operación.

Con la información proporcionada, se procede como punto fundamental a seleccionar el elastómero más adecuado.

Aunque en la selección se debe considerar como características determinantes: el medio y temperatura de trabajo.

Se dispone de tablas de resistencia a los medios químicos, (especialmente los corrosivos), para diferentes elastómeros; así como las tablas de propiedades físicas generales, que permiten seleccionar con relativa facilidad el elastómero más apropiado.

Sin embargo no debe olvidarse en la selección considerar los factores; costo, disponibilidad de materias para la correcta formulación, el tipo de vulcanización y en ocasiones al menos parcialmente puede no ser las adecuadas, sacrificándose el balance costo-calidad indispensable.

De gran utilidad es disponer de un esqueleto tipo, en el que se incluya todas las funciones generales de formulación lo que permite determinar rápidamente las funciones que necesitará y con ello el tipo de ingredientes que necesita seleccionar.

En la selección delos ingredientes, determinados en general por el elastómero debe buscarse la selección del extendedor, la dosificación exacta de los óxidos metálicos y el uso máximo de carga permitida para abatir el costo.

PROPIEDADES GENERALES DE LOS PRINCIPALES ELASTOMEROS

1.- Butil Total
2.- Polietileno
3.- Etileno-Propileno T.
4.- Estireno-butadieno
5.- Neoprene
6.- Butilo
7.- Nitrilos
8.- Tiokol FA
9.- Tiokol ST
10.- Siliconas
11.- Fluorcarbonados
12.- Hypalon

E - Excelente
B - Buena
R - Regular
P - Pobre

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gravedad Específica	0.93	0.91	0.865	0.94	1.23	0.92	1.00	1.24	1.25	.95	1.85	[illegible]
Rangos de Dureza Shore	30-100	40-90	55-85	40-100	40-95	40-90	30-100	20-80	20-80	30-90	[illegible]	70-90
Resistencia a la Tracción: Puro	>3000	<2000	—	<1000	>3000	>1500	>600	190	200	0	400-800	2105
" " : Reforzado	>4000	>2000	>1000	>2000	>3000	>2000	>4000	1300	1300	1000	350-500	2300
Indice de resorte a temperatura ambiente	E	E	—	B	B	P	R	R	R	B	P	B
" en caliente	E	E	—	B	B	B	R	R-B	R-B	R	P	E
Resistencia: al desgaste	B	E	B	P-R	B	B	R	B	B	R	B	R
: a la abrasión	E	B	B	G-E	E	R-B	E	R	R	R	B-E	E
: a deformación por compre- sión	B	B	R-B	R	varia	R	B	P	R	E	R-B	R
Flexibilidad a bajas temp.	E	B	B	B	R	R	R	B	E	E	R	R
Impermeabilidad a los gases	R	P	P-R	R	B	E	E	E	E	R	B-E	B
Propiedades eléctricas	G-E	B	E	B	P-R	B-E	P	B	B	E	B	B
Resistencia al envejecimiento atmosf.	P	P	E	P	E	B-E	R	E	E	E	E	E
a la oxidación	B	B	E	B	B	B-E	R	E	E	E	E	E
al calor	B	B	E	R-B	B	B-E	B	R	R-B	E	E	E
al frío	E	B	E	R-B	R	P	B	B	—	E	—	—
a la llama	P	P	P	P	E	P	P	P	P	R	E	B
a la humedad	R-B	R-B	E	B-E	R	E	E	R	R	E	B	E
al vapor	B	B	E	B	P	E	B	—	—	—	—	B
a los ácidos concentrados	R-B	B	B	R-B	B	E	R	P	P	P	E	E
a los ácidos diluidos	B	B	E	R-B	E	E	B	B	B	B	E	E
a los álcalis	B	B	B-E	B	R	E	B	B	—	B	E	E
a los hidrocarburos (disolventes)	P	—	—	P	B	R	E	E	E	R	E	R
a los disolventes oxigenados	B	—	E	B	P	B	P	B	B	B	R	E
a los aceites (hidrocarburos)	P	—	—	P	B	P	E	E	E	R	B	R
a los aceites vegetales y animales	R-B	—	—	R-B	B	E	E	E	E	B	B	R

TABLA IX - 2

- **ELASTOMEROS**
  - Natural
  - Sintéticos
  - Regenerados
- **AGENTE VULCANIZANTE**
  - Azufre
  - Óxeos
- **SISTEMAS DE REFORZAMIENTO**
  - Negro de humo
  - No negro
- **SISTEMAS DE ACELERACION**
  - Retardada
  - Rápida
  - Lenta
  - Media
- **ACTIVACION**
  - Orgánica
  - Inorgánica
- **PROTECCION**
  - Manchante
  - No manchante
  - Mixtos
- **PLASTIFICACION**
  - Química
  - Física
  - Mecánica
- **SISTEMAS DE EXTENSION**
  - Extendedores orgánicos
  - Cargas inertes
- **COMPONENTES ESPECIALES**

El conjunto de propiedades permitirá fijar aproximadamente: las cantidades de regenerado, el tipo de carga, la densificación de amifra, el [illegible] en las características de proceso [illegible]

minerales, la aceleración y plastificación. Permitiéndonos llegar a la primera mezcla la cual deberá evaluarse para efectuar los ajustes necesarios. De la capacidad del técnico depende la aproximación y rapidez del ajuste, apoyándonos de los sistemas de experimentación y evaluación disponibles y del conocimiento del comportamiento de los principales ingredientes.

Debe recordarse que el factor costo no solo depende de la materia prima sino del tiempo de mezclado, la facilidad de extrusión o calandreo, de una rápida vulcanización y de forma sobresaliente del peso por volúmen, pues en su gran mayoría los artículos se venden por unidad y no por peso. Todos los factores antes mencionados dependen directamente del formulista.

913.4.- EVALUACION EXPERIMENTAL

Ajustando la formulación a las propiedades deseables, se procede a una valuación en servicio simulado que permita verificar o rectificar la calidad de la formulación, una vez que es satisfactoria se procede a la fabricación tipo bajo un estricto control de todos los factores que intervienen en su elaboración y servicio; que facilitan la valuación del comportamiento en las condiciones más severas, permitar fijar la correlación de pruebas de laboratorio con las características de servicio y establecer la significación de las pruebas, su sensibilidad y el rango de variación normal.

La modificación de propiedades (91.4), los métodos de experimentación (91.5) y los sistemas de valuación y control de calidad (91.6) son recursos de incalculable valor para el formulista en el diseño de un nuevo compuesto o en la modificación de los ya existentes.

91.4.- VARIACION DE PROPIEDADES

En la práctica se dispone de un gran número de formulaciones consideradas como tipo, para los diferentes requerimientos industriales o ilustración para formulaciones de los diferentes elastómeros. El formulista para satisfacer requiere siempre hacer ajustes en una o varias de las características para adaptarlas mejor al servicio o para compensar cambios en las materias primas o limitaciones del equipo.

Aunque las propiedades físicas siempre están en relación,

xisten recursos que producen la variación de alguna en forma predominante, siendo necesario el conocimiento del comportamiento del compuesto y las características de la materia prima usada, para no originar un desbalanceamiento del sistema por los cambios realizados, los cuales deben controlarse mediante sistemas de valuación adecuados (91.5).

914.1.- MEDIOS DE VARIACION

Los medios de variación de que se dispone pueden considerarse como de formulación, cuando se obtiene modificaciones mediante el cambio de ingredientes o de las proporciones o como de elaboración, cuando se deben a modificaciones en el procedimiento de mezclado o en la vulcanización.

9141.1.- CAMBIOS EN LA FORMULACION

La formulación es el medio más fácil de variar las características de un compuesto pero también es el más peligroso ya que pueden causar serios efectos secundarios perjudiciales, debiendo considerarse las modificaciones producidas en la vulcanización para hacer los ajustes necesarios.

El cambio en las proporciones, se usa generalmente para pequeños ajustes y debe considerarse con el incremento de alguna característica el punto óptimo, ya que el efecto producido puede ser reversible en grandes cantidades; especialmente en las cargas reforzantes y en los ablandadores.

Aunque la tensión no es una propiedad de importancia en el servicio se considera como un índice general de la calidad. El nivel de tensión es determinado fundamentalmente por el tipo de elastómero. Se aumenta mediante el empleo de aceites de alto peso molecular, uso de cargas reforzantes, aumento del contenido de azufre y se disminuye con el aumento en la cantidad de regenerado y plastificantes.

El módulo es el índice de rigidez o blandura de un compuesto se incrementa con la cantidad y tipo de aceleradores, cargas así como la cantidad de activador.

Los aceleradores de la familia de las guanidinas dan valores altos, la de los tiuramas bajos y la de los tiazoles medios.

La elongación está directamente relacionada con la tensión. En

contenido de azufre mayor del 6% hace el compuesto frágil. El uso de guanidinas afectan directamente la elongación no así los tiuramos.

La dureza aumentase rápidamente con el empleo de cargas reforzantes, azufre, y aceites de mayor peso molecular; disminuye con el empleo de mayor cantidad de aceites y factidos.

La resistencia al desgarre y a la abrasión, dentro de límites normales varían paralelamente, los valores máximos se obtienen con los negros de humo, especialmente los de menor tamaño de partícula, se disminuyen con el uso de aceites de bajo peso molecular, regenerados y cargas inertes.

Las características de envejecimiento y fatiga se mejoran con reducción o eliminación de azufre, uso de cargas de tamaño de partícula grande. Los tiazoles dan buena resistencia y las guanidinas pobre.

9141.2.- CAMBIOS EN EL MEZCLADO

Mediante variaciones en el procedimiento de mezclado puede variarse: el módulo, elongación, tensión, rebote y resistencia a la abrasión, plasticidad y tiempo de quemado. Es sin duda el procedimiento más recomendable y seguro, ya que la formulación no sufre ningún cambio, pero tiene el inconveniente de ser limitado el rango de variación.

Las principales variantes son: el grado de dispersión de los ingredientes, orden de adición, la temperatura de descarga y el tiempo de mezclado.

El grado de dispersión de los ingredientes es causa de una gran variación en las propiedades mecánicas, depende fundamentalmente del volumen de carga, su tamaño de partícula y el orden de adición.

Cuando se agrega primero el plastificante y después la carga reforzante se acorta el ciclo de mezclado y disminuye la generación de calor y consumo de energía pero disminuye la resistencia a la abrasión y a la tensión, por lo que sólo es recomendable en los artículos en los que éstas no son fundamentales.

Para una buena dispersión se recomienda el uso de hoyelos muy

tres (conteniendo únicamente elastómeros, cargas plastificantes) en las que la proporción de carga son elevada, mejorando considerablemente la resistencia al desgarro; es permisible el empleo de temperaturas altas sin riesgo de quemado y con reducción del tiempo de mezclado.

El uso de mezclas maestras para otros ingredientes como aceleradores, antioxidantes y especialmente ingredientes que como el óxido de zinc, no pueden considerarse solubles en el hule, y por consiguiente son de difícil dispersión.

Una práctica para mejorar la dispersión, es el tiempo de reposo entre el mezclado de los diferentes pasos, especialmente en las mezclas de negro de carbón en las que es indispensable para un buen refuerzo. Un tiempo excesivo de mezclado afecta la tensión y resistencia al desgarro.

Una elevación en la temperatura de descarga produce un menor envejecimiento, mayor módulo, también ligeramente menor, mayor resistencia al desgarro, mayor porcentaje de rebote, menor resistencia a la abrasión y ligera disminución en la dureza.

91.4.3.- CAMBIOS DE LA VULCANIZACION

El estado de vulcanización es un efecto determinante en las propiedades del compuesto, (ver 66.4). A cada propiedad del compuesto un grado óptimo de vulcanización, necesitándose para poder relacionarla entre sí referirlos al óptimo de tensión, el más fácil de determinarse y el de mayor sensibilidad.

Con una sobrevulcanización se obtiene una disminución de la resilencia por compresión, de la histéresis, de la resistencia al desgarro y de la resistencia a la abrasión. El tiempo de vulcanización es de importancia si con vulcanizaciones largas, se obtiene incrementos en la tensión y en la dureza, pero disminuye su resistencia al envejecimiento.

91.5.- SISTEMAS DE EXPERIMENTACION

El formulista debe conocer: el efecto que una serie de variables controladas produce en las características de un compuesto, poder medir las interacción de las variables y su correlación con las propiedades, así como conocer su comportamiento en la vulcanización y procesado. Para ello dispone de numerosos sistemas de experimentación, siendo los de su

por importancia el estadístico, el gráfico y el técnico.

915.1.- EXPERIMENTACION ESTADISTICA

Una de las principales aplicaciones del cálculo estadístico es el diseño de experimentos que permite medir con gran exactitud los efectos e interacciones de las variables, así como determinar la correlación entre variables y propiedades.

Aunque el "Factorial" es útil se recomienda el empleo de "Cuadrados Latinos" por su mayor aprovechamiento de la información con menor número de pruebas. Es gran utilidad en la investigación, de nuevos elementos o ingredientes, en los que se necesita trabajar con gran número de variables simultáneas.

915.2.- EXPERIMENTACION GRAFICA

Es el método más sencillo pero más limitado ya que permite relacionar únicamente una variable controlable con una propiedad mediante el trazo de curvas en un plano coordenado. Puede hacerse el trazo de curvas paramétricas para la introducción de una segunda variable. Es gran utilidad en la determinación del punto óptimo.

915.3.- EXPERIMENTACION TECNICA

El sistema de experimentación técnica o de gráficos múltiples desarrollado por el departamento de electrónica de la E.I. de Pont de Bussans S.A., es sin duda el sistema de mayor aceptación en la industria papelera por su gran sencillez y su fácil interpretación. Permite conocer el efecto producido en las propiedades por la variación simultánea de 2 variables (pudiendo usarse también para tres o más variables), permite determinar la concentración óptima de los ingredientes fundamentales para obtener valores específicos de varias propiedades al menor costo, con gran economía. Es gran utilidad en la variación de propiedades para un compuesto base, como en el caso de encabrimiento de rodillos para la industria papelera, en el que se necesitan compuestos semejantes pero de dureza variable.

Consiste en el trazo de familias de curvas en el plano coordenado de las diferentes propiedades, dando origen a contornos semejantes a los usados en topografía, para su trazo se parte de puntos experimentales con los que se determinan las propiedades en estudio; obteniéndose por interpolación [illegible] los puntos secundarios necesarios para una [illegible]

mayor aproximación. En la práctica se ha demostrado que no hay diferencia considerable en la aproximación por el tipo de interpolación, encontrándose generalmente la interpolación matemática por ser demasiado laboriosa.

En su empleo debe considerarse que los contornos aparecen, tanto el curso experimental como el trazo, reduciéndose mediante el incremento de puntos experimentales y el empleo complementario del cálculo estadístico.

91.6.- CONTROL DE CALIDAD

El control estadístico de la calidad se ha hecho cada vez más necesario en la industria hulera, por el gran número de operaciones tanto manuales como automáticas que intervienen en la elaboración de productos de hule.

Las técnicas modernas de control de calidad son una combinación de métodos administrativos, de ingeniería, estadísticos y de personal, que tienden a perfeccionar los sistemas de elaboración mediante mejoras en la instrumentación, organización y análisis para producir artículos de calidad satisfactoria y uniforme, sin desbalancear la relación costo-calidad.

Para que un sistema de control sea eficiente, además de cuidadosa selección del personal, requiere del establecimiento de especificaciones con límites de aceptación, para las diferentes operaciones, la selección de pruebas representativas de la calidad y la frecuencia del muestreo, buscando principalmente que no sea destructiva para evitar elevación de costo.

De gran utilidad es el empleo de histogramas y gráficas por la sencillez y gran ilustración de la variación normal.

91.7.- EVALUACION

A pesar de los adelantos logrados por la introducción del análisis estadístico en el control de calidad, la industria hulera requiere, en forma definitiva de sistemas de evaluación que confirmen el nivel real de calidad.

El problema es particularmente difícil en el caso de artículos elastoméricos, los cuales son fabricados en forma intermitente y en lotes

relativamente pequeños; los compuestos se preparan incorporando una gran cantidad de ingredientes, que si varían afectan las propiedades. Las pruebas de laboratorio son de utilidad limitada y sirven fundamentalmente para detectar variaciones pero no indican el nivel de calidad. Sin duda la prueba definitiva es la de servicio en las condiciones más severas. Tiene el inconveniente de ser sumamente lenta y se carece del suficiente control de las variables. Esta situación ha originado el desarrollo de sistemas de pruebas, en los que se reproducen en forma artificial las condiciones de servicio en sus niveles más críticos, por lo que se les denomina pruebas de servicio simulado, tiene el inconveniente de ser equipos de prueba sumamente especializados y de costo muy elevado.

9.2.- PRINCIPIOS EXPERIMENTAL

Las técnicas de formulación desarrolladas con base en el hule natural se han mantenido (en forma general) aplicables a los nuevos tipos de elastómeros; sin embargo cada nuevo tipo requiere ajustes por diferencias en su formulación o proceso, los cuales son considerados como principios específicos, mencionándose únicamente los de mayor importancia para los elastómeros más comunes.

921.1.- PRINCIPIOS PARA H-EB

Los hules de estireno butadieno son los de formulación y proceso más semejantes al hule natural.

921.1.- FORMULACION

Es compatible en cualquier proporción con el hule natural. El sistema de vulcanización a base de azufre requiere cantidades menores (de 1.5 a 2.00 partes) pero una mayor poder acelerante y una activación más efectiva.

En los tipos de H-EB preparados usando como estabilizador fórmula grasa, requieren menos cantidad de ácido esteárico (1.00 partes) que los preparados con resinas (2.5).

La activación se efectúa con estearato de zinc, producto de la reacción de óxido de zinc y ácido esteárico.

La proporción de azufre se fija en los polímeros elastomérico únicamente por la proporción de elastómero, sin importar la cantidad de cargas

te y la de activación considerándole como 100% elastómero. Vulcanizaciones sin azufre mejoran la resistencia al añejamiento.

Los sistemas de aceleración pueden ser sencillos o combinados según se use un impulsor para hacer más rápido el inicio de la vulcanización, necesitándose para un mismo nivel mayor cantidad de aceleradores que para el natural. Los más usados son los tiuroles y las sulfenamidas como fundamentales y las guanidinas como impulsores.

Aunque generalmente no se requieren retardadores, los más usados son el ácido salicílico y el anhídrido ftálico.

Su resistencia a la oxidación es mejor que la del natural pero requiere de protección, es extendido principalmente con factices, hule natural y regenerados. No requiere peptizantes y como plastificantes se usan los aceites del petróleo.

9M.2.- PROCESADO

Su procesado es similar al del hule natural, siendo más cremoso y seguro, de mayor generación térmica, únicamente los tipos N-22 ex-licto presentan tendencia al quemado. No requieren ser premasticados. Su fácil mezclado en molinos o banbury no recomienda el uso de maestras para mayor dispersión, agregando primero las cargas reforzantes y después plastificantes. La extrusión es más lenta y no produce un mayor hinchamiento al salir, por lo que la abertura de los dados deberá ser menor.

Su adhesividad es muy deficiente por lo que en el ensamblado se requiere del uso de adhesivos de hule natural y no es recomendable en el calandreo con materiales textiles.

9R.9.- PRINCIPIOS PARA EMPRESIO

9R2.4.- DE FORMULACION

El agente de vulcanización más usado es una combinación de óxido de magnesio (4.0 partes) y óxido de zinc (5.00). El primero actúa como retardador en la primera fase, pero eleva el nivel ~~en el final~~, ~~el segundo~~ produce el arranque, en ausencia del óxido de magnesio, originan compuestos de fácil quemado.

[illegible] requiere ser de un tipo especial; llama-

El óxido de magnesia requiere ser de un tipo especial, llamado magnesia ligera extremadamente. No debe contener humedad ni bióxido de carbono para produce quemado. Una elevación en el contenido de Mg O produce elevación en el módulo y en la plasticidad.

El contenido de óxido de zinc puede aumentarse hasta en 20 partes para mejorar resistencia térmica.

Puede vulcanizarse con azufre, pero no es recomendable porque se reduce la resistencia al desgarre y al aflojamiento en caliente. Mejora la resistencia a la deformación por compresión a bajas temperaturas.

Los aceleradores se usan cuando se requieren vulcanizaciones muy rápidas y a temperaturas altas, los más usados son el Ea55 y el Permalux.

El N.N.T.S. y el acetato de sodio son retardadores efectivos. Requiere protección contra los efectos del aire que son activados por el calor y la luz, especiales para neoprene son los Neozones, pudiendo usarse los que se usan para N-SR y natural. El sistema de plastificación y refuerzo es es similar al del hule natural.

En las mezclas de color es necesario escoger el tipo correcto para obtener una estabilidad adecuada.

En compuestos a base de Neoprenos del tipo "G" frecuentemente se necesita usar un lubricante como el ácido estárico (1%2 partes) y palitálico para evitar una pegajosidad excesiva al metal que dificulta su proceso. Un exceso de ácido estárico puede producir un efecto retardante. Los regenerados de neoprene generalmente no son usados. Para aumentar la adhesividad se usan resinas de cumarona que además dan buenas características al desgarre.

922.2.- DE PROCESADO

Se requiere el mismo equipo, pero previamente enfriado ya que en todas las operaciones se requieren temperaturas muy bajas de procesado.

En la actualidad ya no se acepta la necesidad de masticar te-

dos los tipos de Neoprene. Los del tipo W requieren mayor trabajo de masticación, siendo su plasticidad poco variable y de poco efecto los peptizantes. El mezclado en molinos no es recomendable, por la dificultad de controlar el enfriamiento y la pegajosidad. Si se usa debe agregarse el MgO primero. Si se mezcla en Banbury la temperatura no debe ser mayor de 110°C. - En ambos casos es necesario un buen sistema de enfriamiento con agua para las láminas, no aconsejándose el uso de estearato de zinc después por ser insoluble.

La extrusión debe hacerse a temperaturas de 70 - 90°C., pudiendo mejorarse con el uso de factices. El calendrado con textiles, es una operación que requiere mayor control por la pegajosidad a los rodillos que se presenta generalmente, para facilitarle se aconseja el empleo de emente prensalentina especialmente en el friccionado.

En el moldeado de Neoprenes debe cerrarse la prensa tan rápido como sea posible, las contracciones que sufren las piezas es menor que para el hule natural, siendo 1.5% un factor correcto para el diseño de moldes. Frecuentemente presenta problemas el anclado del molde por la baja resistencia al desgarre, especialmente en caliente.

92.3.- PERFILES PARA METALES

923.1.- DE FORMULACION

Es compatible y muy similar al N-MB.

El sistema de vulcanización es con azufre (1.5 2 partes) y aceleradores poderosos en cantidades mayores a los del natural. El azufre es menos soluble que en el hule natural, presentando problemas de dispersión. Se acostumbra agregar en forma de maestra y al principio del mezclado; recomendándose el azufre tratado para facilitar su incorporación. Para vulcanizar sin azufre se usa el peróxido de dicumilo.

sistema de refuerzo es indispensable, ya que no hay cristalización y por consiguiente carece de autorefuerzo. Semejante que para - - N-MB pero en mayores cantidades.

Para su procesado no se acostumbra el uso de peptizantes, los

plastificantes más usados son los esteres cuya compatibilidad es afectada por el tipo empleado y el contenido de acrilonitrile, (a mayor contenido - menor compatibilidad).

La dureza obtenida varía considerablemente con el tipo de ester usado. Los plastificantes usados son de gran importancia, por afectar directamente el comportamiento del compuesto. Para buena flexibilidad a bajas temperaturas, el óptimo son 30 partes, en mayor cantidad se producen exudaciones; una mezcla de varios tipos es más recomendable. Para una buena resistencia al calor se recomiendan las resinas de cumarona, que afectan poco la dureza. Para protección a la oxidación se usan las mismas que para el I-53.

El sulfúrido fálico es un buen retardador pero afecta las propiedades del vulcanizado.

923.3.- DE PROCESADO

Se recomienda el masticado en frío, para mejorar el procesado, así como el reposo entre pasos intermedios.

Durante el mezclado, el azufre debe agregarse desde el principio para mejor dispersión. El orden de adición durante el mezclado es más importante que en cualquier otro elastómero. Debe hacerse con un buen enfriamiento, agregar el polímero, azufre, óxido de zinc y ácido estárico, carga, plastificante, y acelerador. Cantidades menores que las usadas para el mezclado de compuestos de hule natural, son recomendables.

Frecuentemente presenta problemas de aflorado, por lo que se aconseja un trabajo mecánico antes de usar o refrescar la superficie para evitar problemas de adhesión.

Para mejorar los problemas de extrusión, principalmente el nervio que tiende a producir rupturas en la pieza extruída, se recomienda el empleo de nitriles líquidos como el Hycar 1312, que mejora el flujo, la pegajosidad y actúa como plastificante.

El calandreo se mejora con el uso de niveles más altos de carga o mezclas con hule natural o regenerado. Para fricciones se recomienda el uso de 40-50 partes de ablandador, especialmente mezclas de alquitrán - aceite.

de pino y un ester.

Por su gran solubilidad se pueden preparar los adhesivos por dispersión directa sin necesidad de un premezclado, usando los nitrilos en forma de cremas.

924.4.- PRINCIPIOS PARA BUTILO

924.1.- DE FORMULACION

El Butilo es un elastómero que por su baja insaturación (2 - 3% de la del hule natural) no es compatible con el SB- R y el hule natural, y requiere un sistema de vulcanización muy poderoso, para alcanzar niveles altos y tiempos cortos. Para incrementar el estado de vulcanización se pueden adicionar elastómeros clorados no saturados como el Neoprene y el Hypalón dando compuesto de magnífica resistencia al calor y de alta dureza.

La vulcanización con azufre requiere de 1-2 partes, con cantidades mayores presenta problemas de migración. Para eliminarlos se usan combinaciones de azufre con selenio, teluro o sulfuros R. Se presentan problemas de dispersión por lo que se recomienda el uso de azufre tratado. Existe una gran variedad de combinaciones para acelerar la vulcanización. Para activarla no requiere ácido esteárico, únicamente óxido de zinc (5 partes) mayores cantidades de éste aumenta la actividad el módulo y al resistencia al calor.

Se usa frecuentemente la vulcanización sin azufre, por su mejor resistencia al calor, oxígeno y ozono, es más lenta y requiere altas temperaturas de vulcanizado. Se usan resinas sintéticas patentadas o derivadas de la quinona estas últimas en combinación de un agente oxidante como el óxido de plomo. Se activan con óxido de zinc y haluros inorgánicos como el cloruro de estaño o polímeros halogenados como Hypalón y Neoprene.

El Butilo sin refuerzos tiene la máxima tensión, pero los negros gran mejoran su resistencia al desgarro y abrasión. Para que el refuerzo sea efectivo se requiere un proceso de tratamiento térmico especial. La plasticificación más recomendable es con aceites no polares y parafínas. Para materiales de calafateo se usan los peptizantes. Los factisos y regenerados refuerzan el nervio mejorando el procesado. En ocasiones se requiere el uso de lubricantes como polietileno o ácido esteárico para evitar una excesiva

pegajosidad a los molinos, se puede corregir con el empleo de cargas adecuadas. Solo compuestos muy especiales requieren el uso de antioxidantes. Compuestos de gran importancia en la técnica de formulación de Butilo son los llamados promotores como el Mastopar y el Polimo, que permiten por su acción reducir el tiempo y temperaturas de mezclado, reducen el flujo en frío de los compuestos no vulcanizados y permiten la máxima efectividad de las cargas reforzantes, estos ingredientes han permitido en la actualidad el desarrollo de las llantas de butilo.

§24.2.- EL PROCESADO

Se usa el mismo equipo de procesado que para los elastómeros anteriores, pero su procesado requiere un cuidado especial, ya que no es compatible con los otros elastómeros, debiéndose hacer limpieza antes y después de cambiar de tipo de elastómero. Durante la masticación no se obtiene cambios apreciables de la plasticidad por lo que se aconseja la adición inmediata de las cargas. El mezclado en molinos no es recomendable, cuando es necesario se debe cargar únicamente una parte del elastómero y toda la carga para obtener un buen trabajo mecánico por el alto nivel de carga, luego el resto de polímero y los plastificantes. Las fricciones facilitan la operación. El mezclado en Banbury es el más adecuado, debe hacerse por lo menos en dos pasos, el primero deberá mezclarse a temperaturas de 150 - 160°C, para darle un correcto tratamiento térmico (el uso de promotores permite realizar el mezclado a 130°C) obteniéndose una mejor dispersión y procesado, dando vulcanizados de alto índice de recuperación, aumento de módulo, de resistencia a la abrasión y de resistencia química.

El orden de adición es agregar primero el elastómero, carga y óxido de zinc, después el plastificante. En el segundo paso aceleradores, activadores y agente vulcanizante.

Para el cálculo de la capacidad del banbury debe considerarse un 10% mayor para el hule natural. Cuando se trabaja en molino los compuestos de butilo tienden a hacer banda en el rodillo frío, presentándose ~~[illegible]~~ a pegarse al rodillo de atrás. La extrusión y frecuentemente la ~~[illegible]~~ el calandreo se hacen a temperaturas elevadas.

§2.5.- PRINCIPIOS PARA LOS TICKOLES

§2.6.- [illegible]

El sistema de vulcanización para los tipos de Nichol sólidos el N, A y ST son diferentes, los dos primeros se vulcanizan únicamente con óxido de zinc (10 partes), no requieren de aceleradores, el uso de 0.5 - 1.0 partes de azufre aumenta la velocidad a expensas del nivel de vulcanización. El ST se puede vulcanizar con tres tipos diferentes de sistemas:

a) 1.5 partes de p- quinona dioxima
0.5 partes de óxido de zinc
0.5 - 3.0 partes de ácido esteárico.

b) 1.00 partes de p- quinona dioxima
10.00 partes de cromato de zinc
1.00 partes de ácido esteárico

c) 6.00 partes de peróxido de zinc
1.00 partes de ácido esteárico

La p- quinona dioxima no se usa cuando se necesita un compuesto no manchante, debiendo usarse el peróxido de zinc. El refuerzo es indispensable para dar propiedades razonables ya que la goma vulcanizada es de muy baja tensión. Se usa principalmente el negro S.R.F. y el F.E.F. dando diferentes durezas. Los negros de canal, clay y sílicas retardan la vulcanización.

Para los tipos F.A. y A el DBTS es el plastificante más efectivo, activándose su acción el el D.P.G.

Los compuestos no deben refrescarse con gasolina o solventes comunes porque pierden adhesividad, la cual en condiciones normales es tan buena como el hule natural. El solvente más recomendado es una mezcla de 50 partes de dicloroetileno y 50 de monoclorobenceno.

Los polímeros líquidos requieren técnicas especiales principalmente de vulcanización.

925.2.- DE PROCESADO

El mezclado se puede hacer tanto en molino como en banburry.

Cuando se prepara en molinos, se mezclan cantidades menores que para hule natural, se recomiendan molinos de alta velocidad; cuando es

Banbury se necesita 10 - 20% más de la capacidad para hule natural, se recomienda agregar después del polímero, el plastificante, el resto del ingrediente y los agentes vulcanizantes.

Para la extrusión debe calentarse antes de alimentarse al extrusor y el calandreado debe hacerse a bajas temperaturas.

La vulcanización excepto el tipo ST puede hacerse a vapor etc.

101.- INTRODUCCION

Para obtener un conocimiento del comportamiento de los negros típicos, que permita el desarrollo de fórmulas adecuadas al producto final, es indispensable, en cada caso, ver los factores que intervienen en su formulación, y los principios que la rigen, sino fundamentalmente mediante métodos de experimentación práctica, que permitan observar el efecto producido por los ingredientes y el cambio en las propiedades físicas de un compuesto específico. Es difícil determinar las condiciones óptimas.

Depende de una interrelación entre el método de mezclado, el tipo de polímero, el sistema de vulcanización y la variación de las cantidades de los ingredientes y en concordancia con los resultados que son objeto de estudio en este capítulo.

[illegible]

TO DE CARGA REFORZANTE.

101.1.- OBJETO

Determinar las diferencias en las propiedades físicas de un compuesto base, debido al sistema de mezclado, variándose el tipo de negro de humo.

101.2.- FORMULA BASE

La fórmula empleada en todas las determinaciones, variándose únicamente el tipo de negro fue:

HULE NATURAL	100.00 partes
PLASTIFICANTE RPA Nº 6	[illegible] partes
ACIDO ESTEARICO	3.00 partes
OXIDO DE ZINC	5.00 partes
ACELERADOR M.B.T.S.	.60 partes
NEGRO DE HUMO	50.00 partes
AZUFRE	2.50 partes
	[illegible] partes

PARTE TERCERA

101.- EXPERIMENTACION.

18.- INVESTIGACION

Para obtener un conocimiento del comportamiento de los ingredientes, que permita el desarrollo de fórmulas de alta calidad y rendimiento óptimo, es indispensable, no solo conocer los factores que intervienen en su formulación y los principios que la rigen, sino fundamentarlos mediante sistemas de experimentación prácticos; que permitan determinar el efecto producido por los ingredientes y el equipo en las propiedades físicas de un compuesto específico, facilitando determinar las condiciones óptimas.

Factores de gran importancia son: el sistema de mezclado, el tipo de refuerzante, el sistema de vulcanización y la medición de las interacciones de los ingredientes y su correlación con las propiedades que son objeto de estudio en este capítulo.

18.1.- VARIACION DEL EFECTO PRODUCIDO POR EL SISTEMA DE MEZCLADO Y EL TIPO DE CARGA REFORZANTE.

181.1.- OBJETO

Determinar las diferencias en las propiedades físicas de un compuesto base, debidas al sistema de mezclado; variándose el tipo de negro de humo.

181.2.- FORMULA BASE

La mezcla empleada en todas las determinaciones, variándose únicamente el tipo de negro fue:

	HULE NATURAL	86.00 partes
	POLIBUTADIENO GRS 4	20.00 partes
	ACIDO ESTEARICO	3.00 partes
	OXIDO DE ZINC	5.00 partes
	ACELERADOR M.B.T.	.60 partes
	NEGRO DE HUMO	50.00 partes
	AZUFRE	2.25 partes
	TOTAL	161.85 partes

181.3.- EQUIPO EMPLEADO

Se usó un mezclador interno, tipo Banbury 3-A con doble velocidad, registrador de temperatura y control automático del ciclo de mezclado

acoplado sobre un molino de rodillos de 152 cm. de largo y 61 cm. de diámetro, con enfriamiento interior; y un molino de rodillos experimentales de 15.2 cm. de diámetro y 30.5 cm. de largo, con enfriamiento y calentamiento interior.

101.4.- PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO

101.4.1.- EN BANBURY

El mezclado en Banbury se efectuó en dos pasos; el primero en la cámara interna, en el cual se incorporaron a los hules, el negro de humo, ácido estárico y óxido de zinc. El segundo en molino, para incorporar el azufre y acelerador.

El ciclo en Banbury fue:

Velocidad de rotor	75	R.P.M.
Temperatura de descarga	120	° C.
Tamaño de carga	20	Kgs.

ORDEN DE ARRIBO

0 Min.	Cargar los hules.
2 Min.	Agregar el óxido de zinc y ácido estárico. Bajar pistón.
3 Min.	Agregar la mitad de negro. Flotar y bajar pistón.
5 Min.	Agregar resto de negro. Flotar y bajar pistón.
6 Min.	Descargar sobre el molino
9 Min.	Repetir.

El mezclado en molino fue:

Velocidad del rodillo delantero:	24 R.P.M.
Apertura de los rodillos, inicial:	6 mm.
Abertura final:	3 mm.

ORDEN DE ARRIBO

0 Min.	Hacer banda de 6mm. de grueso.
1 Min.	Agregar el azufre y acelerador.

2½ Mins.	Cortar tres veces, bajando todo el hule.
3 Mins.	Sacar el hule en rollos pequeños y cerrar el molino a 3 mm.
3½ Mins.	Pasar 6 veces todo el hule entre los rodillos.
6 Mins.	Laminar y colocar en el enfriador.

101.2.- EN MOLINO EXPERIMENTAL

Velocidad del rodillo delantero:	24 R.P.M.
Abertura entre rodillos:	Variable
Tamaño de carga:	2 Kgrs.

ORDEN DE AMASADO:

0 Min.	Pasar los hules entre los rodillos a una abertura 0.8 mm.
1 Min.	Hacer banda a un espesor de 1 mm.
2 Mins.	Agregar ácido esteárico.
4 Mins.	Dar un corte.
4½ Mins.	Agregar azufre, acelerador y óxido de cinc.
5½ Mins.	Abrir los rodillos a 2 mm.
7 Mins.	Dar dos cortes.
7½ Mins.	Agregar la mitad del Negro y abrir a 2.3 mm.
14 Mins.	Dar tres cortes.
15½ Mins.	Pasar entre rodillos a un espesor de 0.6 mm.
17½ Mins.	Laminar a 1.3 mm.

101.3.- NEGROS DE HUMO USADOS

Se usaron tres tipos de negro de humo de fabricación nacional: HAF., I.S.A.F., y F.E.F., para determinar la constancia de los efectos del equipo y las diferencias producidas por el tipo de negro, en una misma formulación y en las mismas cantidades.

La diferencia fundamental en sus características es el diámetro de partícula. Para el F.E.F. es de 595 Angstroms, para el H.A.F., 307 y para el I.S.A.F., 225. Es de importancia tener presente la gran semejanza de los últimos tipos.

101.6.- MUESTREO

Con el fin de tener mayor exactitud se hicieron dos cargas especiales para cada prueba; resultando un total de 12 cargas, 6 en molinos y 6 en Banbury. Habiéndose tomado dos muestras diferentes por carga para eliminar el error por dispersión incorrecta y el error experimental.

101.7.- ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS

1017.1.- PLASTICIDAD

Se determinan en un viscosímetro Mooney, con el rotor de 1.0 cm. a una temperatura de 100°C., dando un minuto de calentamiento dentro de la cámara y 3 minutos de trabajo.

1017.2.- CARACTERISTICAS INICIALES DE VULCANIZACION

Se determina el punto de quemado y el de vulcanización con un viscosímetro Mooney a una temperatura de 143°C., usando el rotor de 1.0 cm.

1017.3.- ELASTICIDAD

Las muestras se vulcanizaron en un molde de 15.2 cm. x 15.2 cm. x 0.2 cm. a una temperatura de 143°C., y una presión de 245 Kg/cm², en una prensa hidráulica de laboratorio tipo Preco de tres platinas con calentamiento eléctrico y control automático, variándose el tiempo de vulcanización.

Las probetas se cortaron con el dado "C" D- 412 - 51 T de la A.S.T.M., y se probaron en una máquina "Scott tester", modelo L - 5, con registrador gráfico de carga eléctrica y lectura directa en lb/inch².

Se determinó el módulo a 300%, el alargamiento y la tensión a la ruptura por duplicado.

1017.4.- DUREZA

Las muestras se vulcanizaron igualmente a 143°C., y tiempo variable. Se usó un molde de 2" x .250" y se determinó la dureza con un durómetro "Shore" de cuadrante.

101.8.- RESULTADOS

En la tabla X - 1 se anotan únicamente los promedios de las 4 determinaciones de cada propiedad.

101.9.- CONCLUSIONES

TABLA X-1

145°C - TEMPERATURA DE VULCANIZADO - 145°C

Mezclado en Molino - M Mezclado en Banbury - B

		Negro H.A.F.		Negro S.A.F		Negro F.E.F.	
Mezclado		M	B	M	B	M	B
Temperatura de mezclado		.	97.8	.	101.1	.	98.4
Potencia Consumida			875		680		840
Plasticidad Mooney		92	94	96	94	87	90
Quemado (T_5)		3	4	4	4	3	4
Tiempo Mooney ($T_{35}-T_5$)		4	5	4	5	4	5
Modulo @ 300 %	5'	940	970	1070	980	1080	1100
	10'	1840	1650	1710	1620	1890	1710
	20'	2200	2100	2200	2170	2320	2140
	30'	2320	2330	2440	2470	2510	2330
	40'	2310	2440	2500	2510	2430	2450
Alargamiento a la ruptura	5'	530	520	535	540	470	480
	10'	510	515	440	500	465	480
	20'	475	485	460	485	425	460
	30'	435	450	425	435	410	430
	40'	400	415	400	400	390	400
Tension a la ruptura	5'	2480	2360	2650	2460	2080	2030
	10'	3300	3400	3390	3270	3300	2870
	20'	3810	3830	3920	3930	3560	3470
	30'	3570	3830	3900	3850	3510	3470
	40'	3560	3610	3620	3780	3245	3330
Dureza Shore A	5'	57	58	58	58	54	52
	10'	60	59	61	61	60	59
	20'	61	64	65	66	63	63
	30'	66	66	66	66	65	65
	40'	67	69	67	68	[illegible]	66

1019.1.- INFLUENCIA EN EL MEZCLADO

El mezclado en molino reduce ligeramente la plasticidad del compuesto, el tiempo de quemado y el tiempo de vulcanización, por la acumulación de mayor trabajo mecánico, reduciendo la vida de calor. Esto origina que el nivel de propiedades sea ligeramente mayor, que el de los compuestos mezclados en Banbury a un mismo tiempo.

En la gráfica de tensiones se aprecia, que el mezclado en molino produce un ligero aumento en la velocidad y nivel de vulcanización; el punto óptimo no se ve afectado sensiblemente, pero sí la tendencia a la reversión. ⇨ G-1

En la gráfica de durezas, se aprecia una ligera disminución con el procedimiento de molino, que desaparece al aumentar el nivel de vulcanización. ⇨ G-2

En la gráfica de módulos se comprueba el incremento en el energía y velocidad de vulcanización. ⇨ G-3

Con el mezclado en molino hay una disminución en la elongación debida al incremento en el nivel de vulcanización.

1019.2.- INFLUENCIAS DERIVADAS AL TIPO DE NEGRO

De las características de procesado en Banbury se comprueba que la generación de calor, el consumo de energía y la plasticidad Mooney aumentan con la disminución del tamaño de la partícula. Al aumentar el tamaño aumenta la rapidez de incorporación y esto produce la mejor plastificación. La velocidad de vulcanización aumenta con el tamaño de partículas; así como el poder reforzante. A estos niveles de carga las diferencias en dureza no son identificables.

El negro F.E.F., es el más sensible al cambio de procesado; tiene una mayor tendencia a la reversión y es el menos reforzante.

El negro I.S.A.F., prácticamente no sufre cambio en el procesado y tiene mayor poder reforzante.

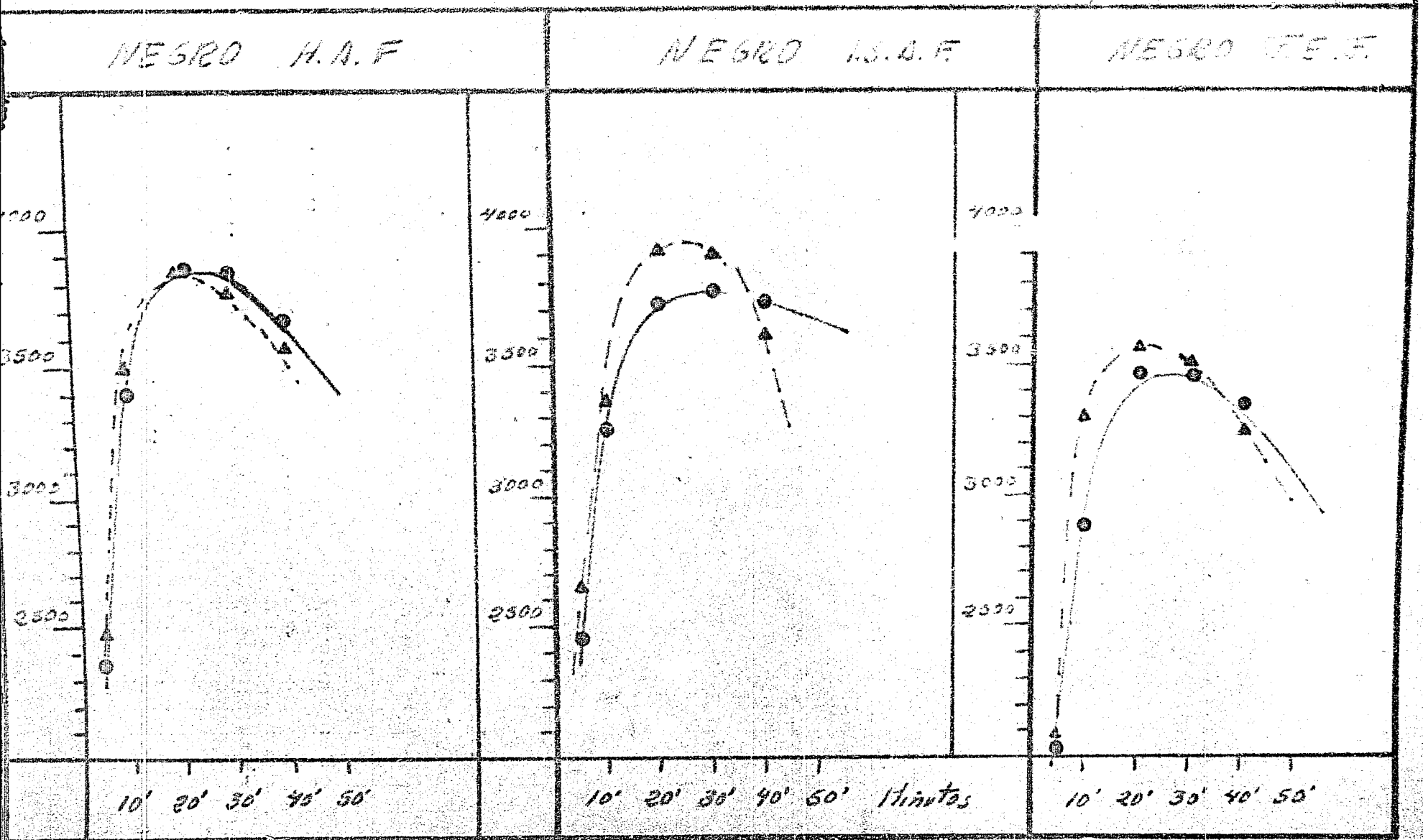
El comportamiento del Negro H.A.F., puede considerarse, como intermedio, pero de gran semejanza al I.S.A.F.

GRAFICA X-1

TEMPERATURA VULCANIZADO 145 °C

Mezclado en Molino —▲— Mezclado en Banbury —●—

TENSION

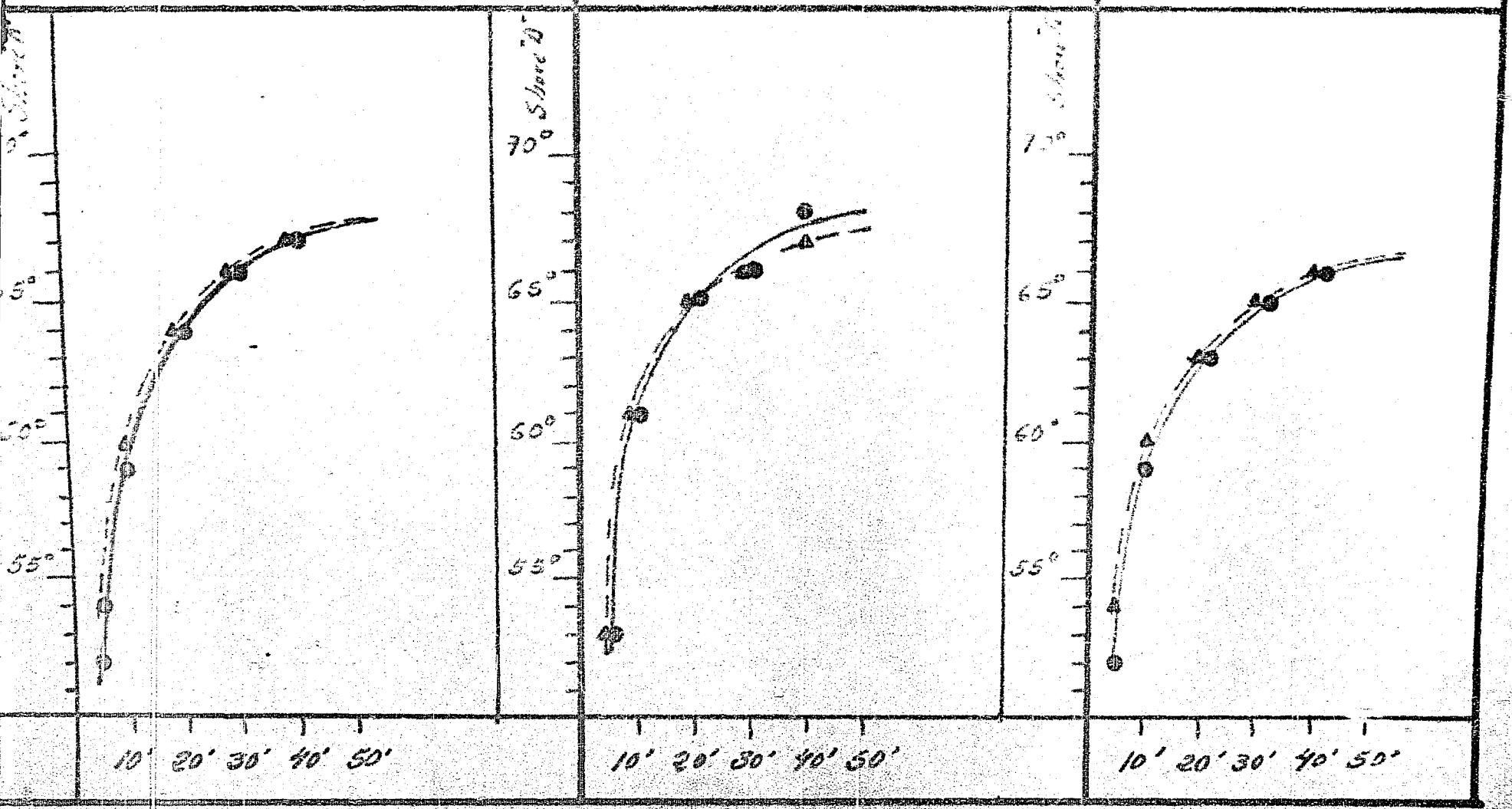


GRAFICA X-2

TEMPERATURA VULCANIZADO 145°C

Medido en Motor --▲-- Medido en Banbury —●—

DUREZA ●

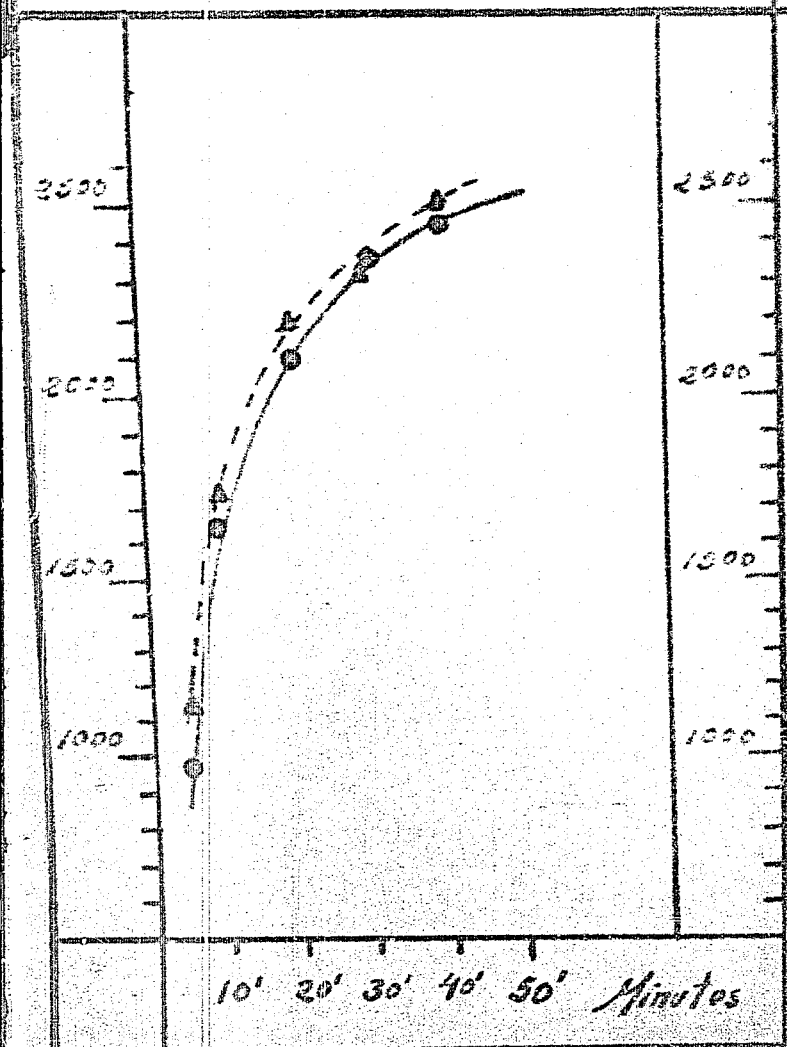


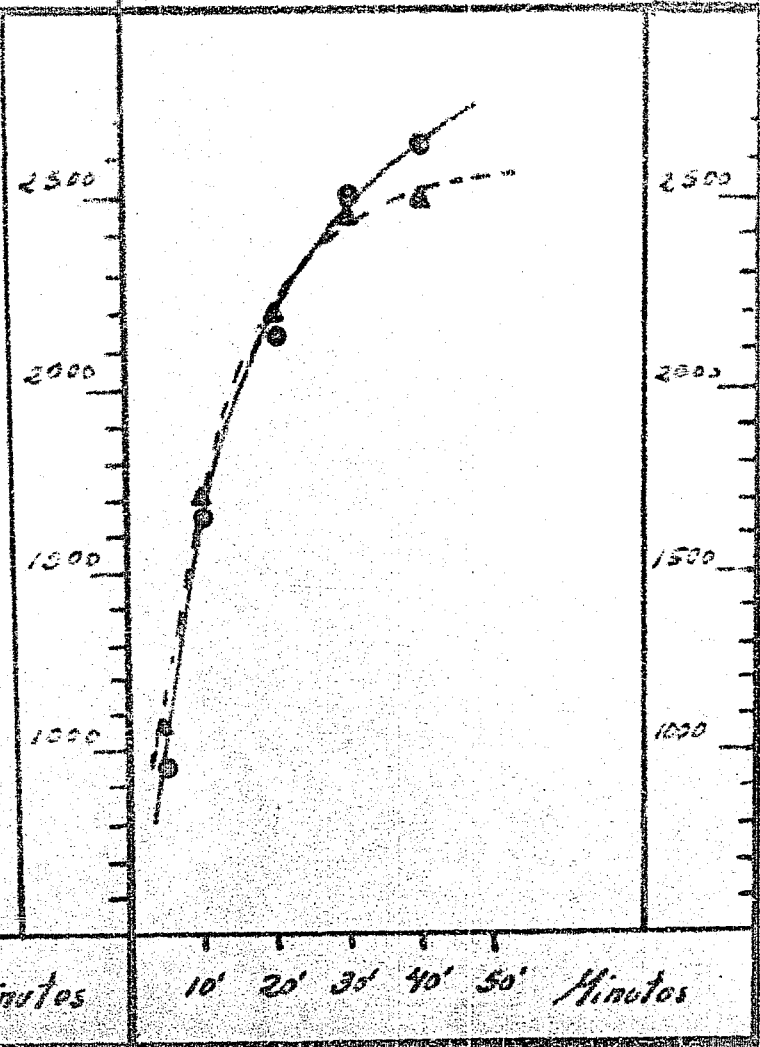
GRAFICA X-3

TEMPERATURA VULCANIZADO 145°C

Mezclado en Molino -▲- Mezclado en Banbury -●-

MODULO @300%





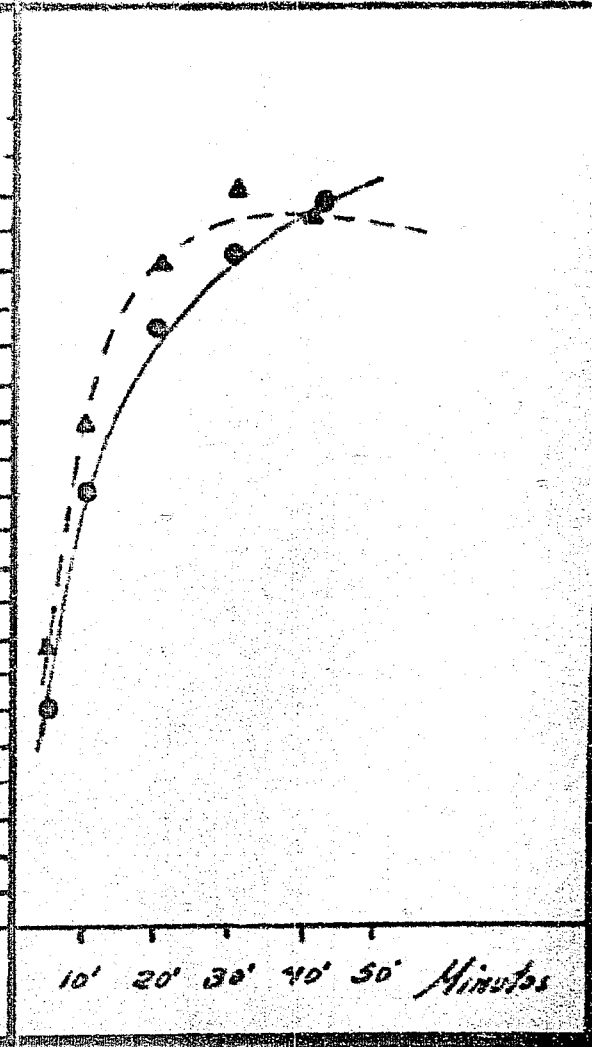
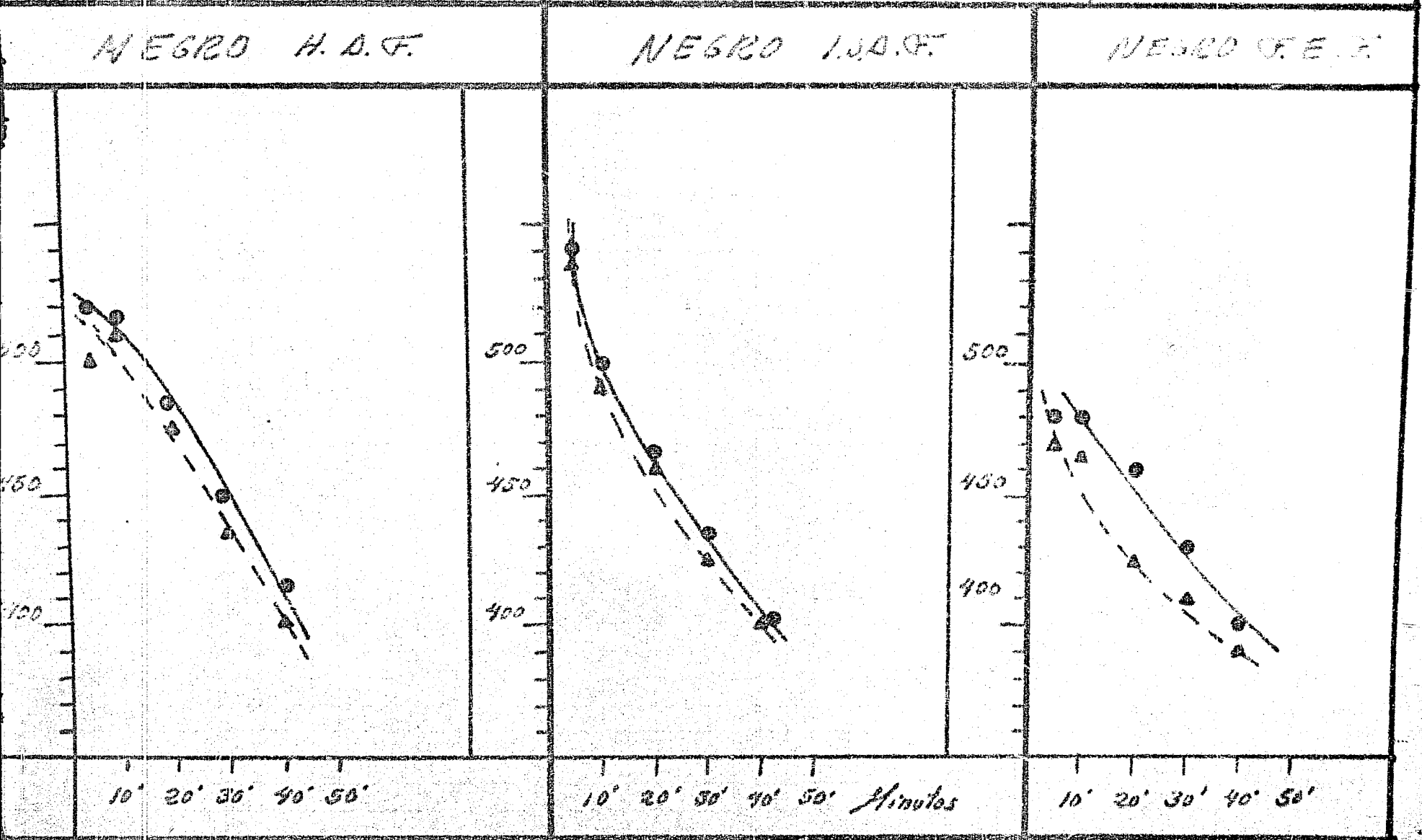


GRAFICO X-4

TEMPERATURA VULCANIZADO 145 °C

Mezclado en Molino --▲-- Mezclado en Banbury —●—

ALARGAMIENTO



102.2.- VALORACION DEL EFECTO PRODUCIDO POR EL CAMBIO DE ACELERACION

102.1.- OBJETO

Analizar el efecto producido por la cantidad y tipo de acelerador en el sistema de vulcanización, determinar la cantidad equivalente de los dos tipos usados y apreciar el cambio de propiedades producido.

102.2.- COMPUESTOS

Se ensayaron cinco compuestos, en los que la diferencia es el tipo de acelerador y la cantidad empleada de éste:

COMPUESTO	1	2	3	4	5
Hule natural	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
Polibutadieno	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Negro H.A.F.	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Ácido estárico	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Óxido de cinc	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite de proceso No. 4	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Santocure NS	—	—	—	0.46	0.74
MBTS especial	0.57	0.92	0.47	—	—
Azufre bulcanos	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10

Se analizan el comportamiento del Santocure NS y el MBTS especial, miembros de la familia de los benzotiazoles sulfenamidas que se caracterizan por su seguridad de procesado. Los niveles escogidos fueron: los dos niveles intermedios de MBTS y los extremos de Santocure, para apreciar en forma más aproximada las diferencias producidas.

102.3.- EQUIPO

Se usó un Dunbury tipo 3 A, descrito en 101.3.

102.4.- PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO

Se usó el procedimiento de dos pasos. En el primer paso o compuesto maestro se agregaron el hule natural, el polibutadieno, el Negro H.A.F., el ácido estárico y el óxido de cinc en la siguiente forma:

Velocidad del rotor: 70 R.P.M.
Temperatura de descarga: 100° C.
Tamaño de carga: 35 Kgms.

CICLO DE ANCEZCA.

0 Min. Cargar con hule natural, polibutadieno. Bajar pistón.
1 Min. Agregar ½ de negro H.A.F. y óxido de zinc. Flotar y bajar pistón.
2 Min. Agregar el resto de negro H.A.F., ácido estárico y aceite de proceso No. 2. Flotar y bajar pistón.
3½ Min. Limpiar caja de Banbury.
4 Min. Descargar.
4½ Min. Repetir.

Acabado en molino; indicado en 1014.1.

Se prepararon 10 cargas, para cada una como base para los cinco compuestos señalados por análisis. Los compuestos finales se prepararon de acuerdo a el procedimiento:

Velocidad del rotor: 40 R.P.M.
Temperatura de descarga: 95° C.
Tamaño de carga: 35,000 Kgms.

CICLO DE ANCEZCA

0 Min. Cargar compuesto maestro, cuidando la lectura del amperímetro y bajar pistón.
1 Min. Agregar acelerador y bajar pistón.
2 Min. Agregar azufre. Bajar pistón.
2½ Min. Descargar.
3½ Min. Repetir.

Acabado en molino: indicado en 1014.1.

1014.1.- PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS

Se prepararon dos cargas para cada compuesto y se hicieron las pruebas de cada carga por duplicado para reducir el error de procedimiento y el experimental. Se determinó la plasticidad (1017.1) para conocer el grado

de de trabajo y determinar el hule base de comparación; punto de quemado (1017.2) para determinar el efecto en el arranque de la vulcanización y en la seguridad de proceso, y la elasticidad (1017.3) variando la temperatura y el tiempo de vulcanizado, para mediante una comparación apreciar los cambios en las curvas de vulcanización.

Las temperaturas y tiempos empleados para el trazo de las curvas de vulcanización son:

	TEMPERATURAS	143° C.	173° C.
	TIEMPOS	15' 25' 30' 35' 45'	1.7' ——— 3.3' ——— 5'

Las equivalencias de tiempo para temperaturas diferentes se determinó usando el procedimiento indicado en 66.7, a 143° C., se hicieron determinaciones a 5 tiempos diferentes para poder hacer el trazo de las curvas de vulcanización, con mayor precisión y obtener mejor apreciación del efecto de la cantidad y tipo de acelerador. A 173° C., solo se hicieron determinaciones a 3 tiempos diferentes para apreciar únicamente el efecto debido a la temperatura.

102.4.- RESULTADOS

En la tabla X - 2 se anotó únicamente el promedio de las cuatro determinaciones para cada compuesto de las diferentes propiedades.

102.5.- INTERPRETACION DE RESULTADOS

102.5.1.- EFECTOS PRODUCIDOS POR EL TIPO DE ACELERADOR

En los resultados de la tabla X - 2 se pueden apreciar una ligera diferencia en la plasticidad y el tiempo de quemado, correspondiendo al Santocure una mayor plasticidad Mooney y un menor tiempo de quemado, sin embargo estas diferencias por pequeñas no afectan los bancos de compuestos.

El Santocure presenta un poder de aceleración y una tendencia a la reversión mayores.

TABLA X-2

	Compuesto		1	2	3	4	5
	Plastificante Hoeg @100 Polvo de Caucho		63 7	62 6	63 7	65 5	65 5
Vulcanización @ 145 °C	Módulo @ 300	15'	1575	1550	1725	1575	1925
		25'	1750	1825	1700	1675	2025
		30'	1750	1850	1925	1800	2000
		35'	1775	1850	1925	1750	2025
		45'	1850	1875	1750	1825	2000
	Elongación a la Ruptura %	15'	560	565	530	580	540
		25'	530	510	480	540	500
		30'	540	500	480	520	490
		35'	540	510	470	530	500
		45'	510	440	470	495	480
	Tensión a la Ruptura	15'	3775	3875	3950	3850	4050
		25'	3750	4075	4025	3950	4100
		30'	3925	3925	3800	3950	4000
		35'	3850	3900	3700	4000	3900
		45'	3900	3925	3600	4025	3850
Vulcanización @ 175 °C	Módulo @ 300 %	1.7'	920	850	950	900	1100
		3.5'	1275	1450	1500	1200	1750
		5'	1500	1500	1550	1500	1700
	Alargamiento a la Ruptura %	1.7'	650	630	620	650	640
		3.5'	590	540	500	605	510
		5'	510	500	480	520	460
	Tensión a la Ruptura	1.7'	3100	3300	3200	3250	3550
		3.5'	3575	3400	3350	3500	3750
		5'	3475	3200	3400	3500	3350

El módulo no sufre cambios con el tipo, el alargamiento tiene un comportamiento diferente en los dos tipos de aceleración y la tensión tiene valores mayores cuando se usa el Santocure.

1083.2.- EFECTOS PRODUCIDOS POR LA CANTIDAD

La cantidad de acelerador tanto para el Santocure como para el NOBS, no afectó la plasticidad Mooney considerablemente y el punto de quemado. El módulo varía proporcionalmente a la cantidad en ambos aceleradores, el alargamiento cuando se usa Santocure tiene un rango de variación menor, la tensión presenta una mayor tendencia a la reversión, con el incremento de aceleración (los dos tipos).

1083.3.- EFECTOS PRODUCIDOS POR LA TEMPERATURA DE VULCANIZACION

Una temperatura alta de vulcanización, produce mayor tendencia a la reversión, valores de módulo y tensiones menores; el alargamiento pasa un mayor rango de variación, siendo esta prácticamente lineal.

Las curvas a una temperatura de 193° C., permite determinar los valores óptimos; las de 173° C., la velocidad de arranque y la tendencia a la reversión.

1083.4.- CANTIDADES EQUIVALENTES DE ACELERACION

La cantidad de aceleración se fijó arbitrariamente, pero cubre elementos valores máximos y mínimos para un tipo (Santocure) y valores intermedios para el otro (NOBS especial) para poder gráficamente operar con facilidad las cantidades equivalentes, permitiendo el fácil necesario una interpolación.

Finalmente puede apreciarse que las curvas 1 y 4 son prácticamente iguales en comportamiento para el módulo, alargamiento y tensión, presentando únicamente esta última característica un mayor nivel en la curva No. 4. Es decir que 0.46 de Santocure equivale a 0.57 de NOBS especial.

1083.5.- CONCLUSIONES GENERALES

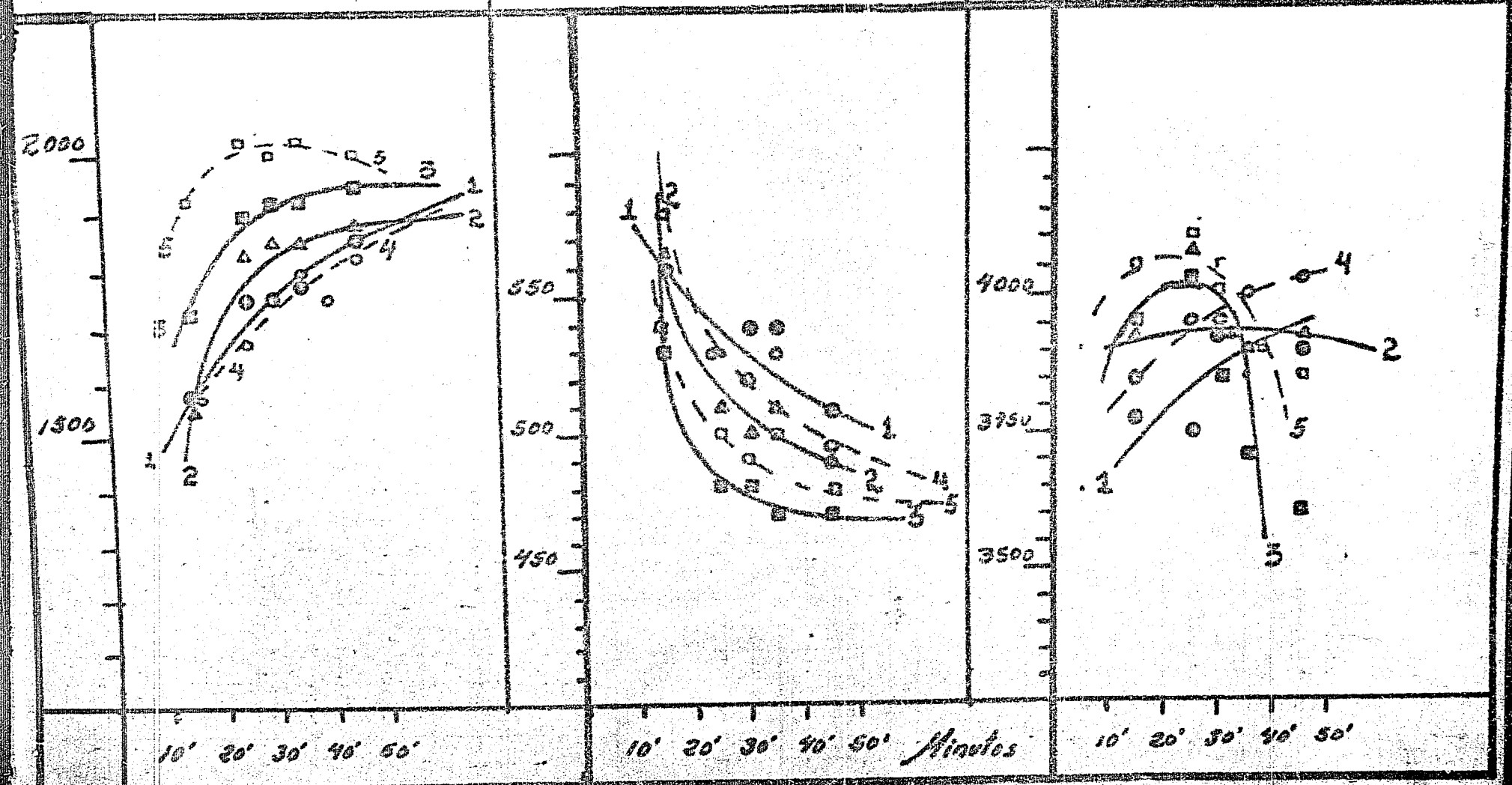
Los dos tipos de acelerador, tienen un comportamiento muy semejante, como se esperaba, el Santocure presenta un mayor poder acelerante, menor seguridad de procesado, mayor tendencia a la reversión, menos consi-

GRAFICA X-5

145 °C

TEMPERATURA VULCANIZACIÓN

1.- 0.57 Nobs esp.
2.- 0.62 Nobs esp.
3.- 0.67 Nobs esp.
4.- 0.46 Santowt
5.- 0.76 Santowt

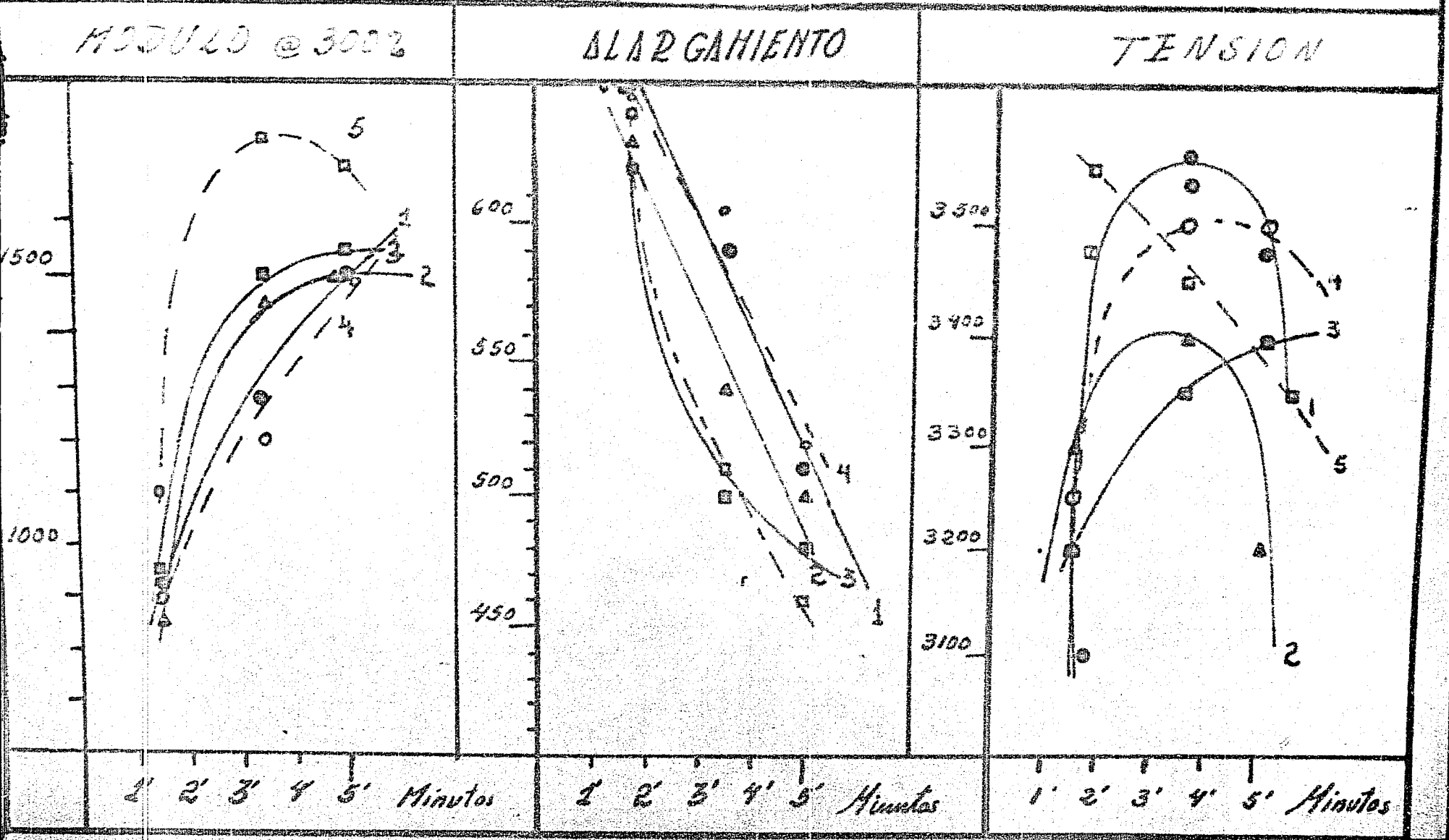


GRAFICA.-X-6

173°C

TEMPERATURA VULCANIZACION

1.- 0.57 Nobs esp.
2.- 0.62 Nobs esp.
3.- 0.67 Nobs esp.
4.- 0.46 Sartomer
5.- 0.76 Sartomer



bio a los cambios producidos por variación de la temperatura de vulcanización.

La proporción de equivalencia entre los dos sistemas de aceleración es: 1 parte de Santocure corresponde a 1.25 de NOBS.

10.3.- VALORACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE UN COMPUESTO CON TRES VARIABLES.

10.3.1.- OBJETO

Estudiar el efecto que producen, la carga reforzante, el contenido de azufre y el nivel de plastificantes en la dureza final de un compuesto; y en forma secundaria, comparar los costos y los efectos producidos en la tensión; mediante la construcción de gráficas que además de indicar las interacciones y correlaciones existentes, permitan la selección de las cantidades óptimas de plastificante, refuerzo y azufre, para obtener la tensión y dureza deseados al mejor costo, en un caso específico.

10.3.2.- COMPUESTOS

Se prepararon dos compuestos como se indica en la tabla X - 3, pudiendo dividirse en tres grupos con diferente nivel de plastificantes; del primero con 20 partes de ftalato de dibutilo y el tercero con 50 partes incluyo cada uno cuatro compuestos con diferente relación azufre-negro de humo y el segundo con 35 partes, cuatro con relaciones azufre-negro equivalentes a los otros dos y dos con relación diferente. Cf. T-3

La selección de los niveles de azufre y negro de humo se hizo buscando la formación de un pentágono y un punto central, que permite la interpolación gráfica.

10.3.4.- EQUIPO

Se usó un molino experimental descrito en 10.1.3.

10.3.3.- PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO

Se mezcló en tres pasos: en el primero se agregan todos los ingredientes excepto el plastificante, negro y azufre; en el segundo se agrega con el plastificante; y en el tercero el negro y el azufre.

Se prepararon dos cargas de 3 Kgrs., del primer paso o primera

TABLA - X-3

COMPUESTOS DE COMPARACION

COMPUESTO	11	12	14	16	21	22	23	24	25	26	31	32	34	36
Palacrill B	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Acido Estearico	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Octamine	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Oxido de Zinc	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Resina 16-8	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Retarder W	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60	.60
Monex	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Ftalato de Dibutilo	20.00	20.00	20.00	20.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Negro H.M.F.	120.00	100.00	160.00	40.00	120.00	100.00	140.00	160.00	80.00	40.00	120.00	100.00	160.00	40.00
Azufre	1.15	2.50	1.25	1.50	1.15	2.50	2.25	1.25	1.00	1.50	1.15	2.50	1.25	1.50
Total partes	256.10	236.85	295.60	175.85	271.10	251.85	291.60	310.60	230.35	190.85	256.10	266.85	325.60	205.85
Gravedad Esp.	1.31	1.27	1.37	1.17	1.30	1.28	1.33	1.36	1.24	1.16	1.29	1.27	1.35	1.15

muestra, las cuales se mezclaron posteriormente para tener un compuesto homogéneo que sirviera de base al segundo paso. Del segundo paso o compuesto muestra se prepararon tres cargas de 2 Kgrs., cada una, usando diferentes cantidades de ftalato de dibutilo.

Del último paso o compuesto final se prepararon dos cargas de 900 grs. y se incorporó primero el negro de humo y después el sulfur. En este último paso se puso el mínimo enfriamiento posible para disminuir los efectos debidos a un sobrecalentamiento por generación, especialmente en los niveles altos de negro.

El tiempo de mezclado en la segunda muestra y en la final se varió según las necesidades de incorporación, manteniéndose un acabado fijo igual en todos los casos. Lo cual hace, que la cantidad de negro y plastificante, sean factores determinantes en el tiempo de incorporación, por lo que el compuesto con menos plastificante y mayor cantidad de negro (compuesto 14), es el que requiere mayor tiempo; en cambio el de mayor nivel de plastificante y menor de negro (compuesto 16) es el que requiere menor tiempo. En condiciones normales siempre se trabaja el menor tiempo necesario para una buena dispersión, por lo que se considera más dentro de las condiciones reales de producción; al incluir este pequeño factor variable.

VII.7.- MEZCLADO DE LA PRIMERA MAESTRA.

En estas dos cargas, si se fijó el tiempo ya que siendo exactamente iguales, un tiempo diferente podría ser causa de error.

Abertura de rodillos:	variable
Tamaño de carga:	2,000 Kgrs.
Enfriamiento:	sólo

ORDEN DE ARMADO:

0	Min.	Pasar los hules entre rodillos a una abertura de 0.5 mm.
1	Min.	Hacer banda a un espesor de 1.5 mm.
3	Min.	Agregar ácido estárico y ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ incorporación.
4	Min.	Dar un corte.
5	Min.	Agregar óxido de zinc y resina 16-A.
7	Min.	Dar un corte.

8 Min. Agregar retardar 2.

8½ Min. Dar dos cortes.

9 Min. Agregar [illegible]

9½ Min. Reducir el engrase a 0.5 cm. y dar tres cortes.

10 Min. Lavamos a 3 cm.

Nota: Una vez preparadas las dos cargas se agregó el molino a 0.5 cm., y se hizo pasar 6 veces a más el compuesto, luego se lavó a 3 cm.

[illegible].- MEZCLADO DE LA SEGUNDA MUESTRA

Abertura entre rodillos:	Variable
Refrigerante:	Medio
Tanda de carga:	0.500 Kgrs.

ORDEN DE ADICION:

1º Se carga la primera muestra, laminándola a 1.5 cm.

2º Se incorpora lentamente el Polisulfuro de Sodio, dando frecuentes cortes paralelos.

3º Hecha la incorporación total, se lamina a 0.5 cm. y se le dan seis pasadas.

4º Se lamina a 3 cm.

[illegible].- MEZCLADO DE LA PIEL

Abertura de rodillos:	Variable
Refrigerante:	Medio
Tanda de carga:	0.500 Kgrs.

ORDEN DE ADICION:

1º Se lamina la segunda muestra a 1 cm.

2º Se incorpora lentamente el negro de humo, dando frecuentes cortes paralelos.

3º Se le dan cuatro pasadas completas.

4º Se le agrega el azufre.

5º Hecha la incorporación total se lamina a 0 cm.

6º Se lamina a 2.3 cm.

A pesar de la dificultad que da el azufre para una buena dis-

punto en los compuestos de nitrilos, aquí se agregó hasta el dítilo, los gastos que se tuvieron fueron una reducción en el número de moldes y el hecho de repetir a todos los compuestos.

103.6.- MUESTREO, ANALISIS Y RESULTADOS

Se hicieron pruebas por duplicado de dureza y elasticidad, la primera según se indica en (1017.4) a un tiempo de 10 min.; la segunda no determinó según se indica en (1017.3) pero a una temperatura de 24°C., y 3 minutos; también el alargamiento que está en lugar de peso.

103.7.- CALCULO DE COSTOS

Se calculó tanto el costo por kilogramo, como el costo por unidad de dureza, de gran utilidad el primero para criterios con un peso predeterminado y el segundo de mayor importancia por que para un mismo criterio, el volumen es prácticamente constante; por lo que cualquier variación en el costo por volumen afecta directamente el costo por unidad. F4

El procedimiento es:

1º Se obtiene el costo por kgm. de cada uno de los ingredientes.

2º Se determina el % de cada uno.

3º Se multiplica el costo de cada ingrediente por el porcentaje y se divide entre 100, obteniéndose el costo de cada uno por kg. de compuesto.

4º La suma será el costo por kg.

5º El costo por kg. entre la gravedad específica, da el costo por volumen.

103.8.- CONSTRUCCION DE NIVELES

En la valuación de dos variables se requieren únicamente cuatro niveles, en el sistema de experimentación técnica (915.3), un juego de 9 valores críticos construído por interpolación gráfica.

Cuando se van a valuar 3 variables es necesario la construcción de tres juegos de niveles críticos. Para evitar que el número de individuos experimentales aumente considerablemente, se reduce el número de los niveles complementarios. La reducción puede hacerse desde dos puntos de vista, el primero cuando se considera que no existe ninguna interacción

TABLA.- X:4

CALCULO DE COSTOS DE MATERIA PRIMA

COMPUESTO		11		12		13		16	
	$/kg	%	% x $/kg / 100	%	% x $/kg / 100	%	% x $/kg / 100	%	% x $/kg / 100
Parafina 13	20.00	39.05	7.810	42.22	8.444	33.83	6.766	56.81	11.374
Acido Esteárico	7.00	.39	.027	.42	.029	.34	.024	.57	.040
Octamina	19.00	.59	.112	.63	.120	.51	.097	.85	.162
Oxido de Zinc	3.50	1.95	.068	2.11	.074	1.69	.059	2.84	.099
Resina 16-A	5.50	1.95	.107	2.11	.116	1.69	.093	2.84	.156
Retardex 13	19.00	.23	.044	.26	.049	.20	.038	.34	.065
Homex	39.00	.49	.191	.53	.206	.42	.163	.71	.277
Ftalato de Dibutil	8.50	7.81	.664	8.44	.717	6.77	.575	11.37	.966
Negro N.A.F.	3.50	46.86	1.640	42.22	1.478	54.13	1.894	28.79	.796
Azufre	.85	.68	.006	1.06	.009	.42	.004	.86	.007
Suma		100.00	10.659	100.00	11.232	100.00	9.705	100.00	13.928
Costo por kg			10.65		11.25		9.70		13.95
Costo por dm^3 (l)			8.15		8.75		7.05		11.90

propiedad; hasta con hacer una sola determinación de los niveles extremos y por suma o adición, determinar los nuevos contornos que cada fábrica en forma que los del nivel intermedio de la tercera variable. Pero cuando se estima que sí va a existir una interacción, la reducción en el número de individuos, queda limitada por el grado de interacción. En este caso, cada se realizan dos individuos en cada nivel; por suponerse la existencia de una interacción sensible. Para una mayor exactitud en el trazo de los niveles se estiman los valores de los puntos adicionales (12,22,32,23), por medio de un promedio algebraico de las diferencias existentes, entre el punto que pasa por los niveles extremos (que se va a estimar, para que pasa el nivel intermedio se conozca) y los puntos adyacentes. Esta diferencia se considera aproximadamente constante.

103.6.- INTERPOLACION GRAFICA DEL NIVEL CENTRAL DE PLANTINGSTONE

Se localizan en el plano coordenado los seis puntos a individuos experimentales que se seleccionan en el diseño del experimento; cinco de la cebada, los puntos de cemento y los cebada, los puntos de negro de humo.

A continuación se unen todos los puntos adyacentes, formando un polígono, con vértices de los vértices a un punto central, esta figura de diferencias constantes, servirá de base para el trazo de los contornos de cada propiedad.

Para una propiedad específica, se colocan en cada punto el valor obtenido de esa propiedad, se calcula la diferencia entre los puntos por interpolar, por división del tamaño del segmento la diferencia, se determinan los puntos por los que deberá pasar cada contorno. A continuación se procede al trazo, como se puede observar en la gráfica X - 7. G-7

Para un mejor interpretación, una vez combinados los contornos para las propiedades que se van a valuar, estos se superponen.

103.9.- RESULTADOS Y CONCLUSIONES EXPERIMENTALES

103.9.1.- RESULTADOS

En la tabla X - 3 se anota el promedio de los datos de dureza T-3

TABLA - X-5

RESULTADOS EXPERIMENTALES

	11	12	14	16	21	22	23	24	25	26	31	32	34	36
DUREZA	89	86	95	61	80	79	88	88	61	52	74	71	81	45
MODULO @ 100%	1590	1350	—	195	850	650	1725	1240	175	135	575	580	960	135
ALARGAMIENTO	140	175	75	450	190	190	100	130	430	425	210	225	155	370
TENSION	1900	1825	1500	1450	1550	1500	1850	1375	1100	850	1250	1300	1275	625
COSTO POR Kg.	10.65	11.25	9.70	13.95	10.55	11.05	10.05	9.65	11.80	13.50	10.45	10.90	9.60	13.15
COSTO POR L.	8.15	8.75	7.05	11.90	8.10	8.65	7.60	7.10	9.50	11.60	8.10	8.55	7.10	11.20

y elasticidad obtenidos experimentalmente según se indica en 103.6 así como los costos calculados según 103.7.

En la tabla X - 6 se incluyen las propiedades estimadas de los puntos redondeados.

TABLA X - 6.

CONCRETO	13	15	19	25
[illegible]	95	70	61	54
ALARGAMIENTO	60	440	125	475
TENACIDAD	2125	1450	1650	900
COSTO POR M³.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
COSTO POR L.	7.63	9.25	7.00	9.05

103.2.- CONTORNOS EXPERIMENTALES

En el análisis experimental de contornos (gráficas 9-8) se presentan, los efectos producidos por cada variable, el tipo de combinación existentes y la magnitud de la interacción. El análisis de los contornos superpuestos (gráfica 10) permite determinar los niveles de carga reforzante y agente vulcanizante al costo óptimo, para obtener los valores de dureza y tensión que se requieran.

El análisis de contornos individuales simultáneos (gráfica 11), permite determinar el efecto directo y la interacción de una tercera variable.

El análisis de contornos superpuestos simultáneos (gráfica 12) le proporciona al formulista un amplio rango de selección, especialmente cuando el número de características requeridas aumenta.

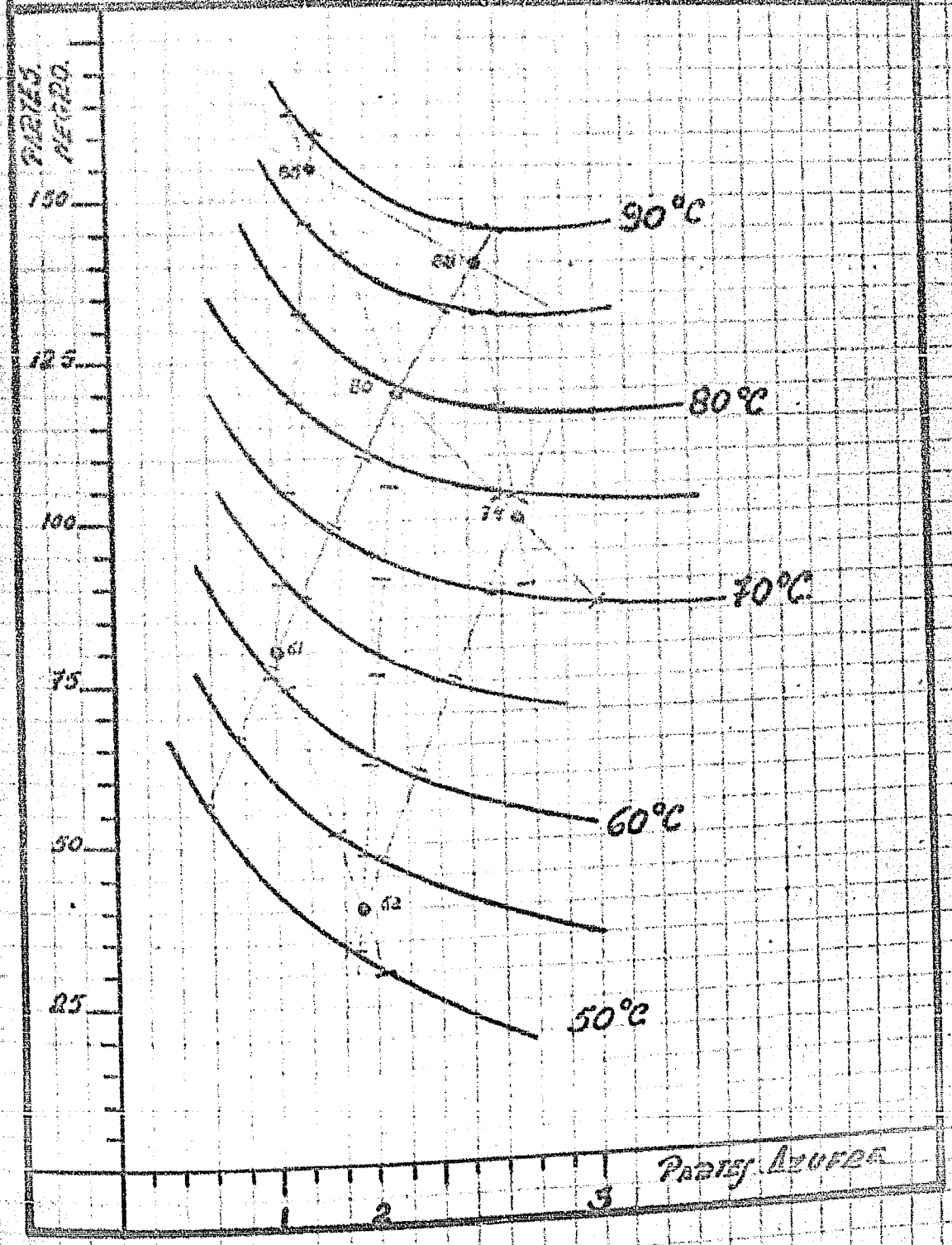
103.2.1.- EFECTOS DIRECTOS

La carga reforzante incrementa considerablemente la dureza y la tensión. El agente vulcanizante tiene un ligero efecto de incremento en la dureza y apreciable en la tensión especialmente a niveles reforzantes altos; el plastificante tiene un efecto decreciente en la dureza y tensión

GRAFICA - X-7

NIVELES DE DUREZA SHORE

35 PARTES FTALATO DE DIBUTILO



GRAFICA.- X-8

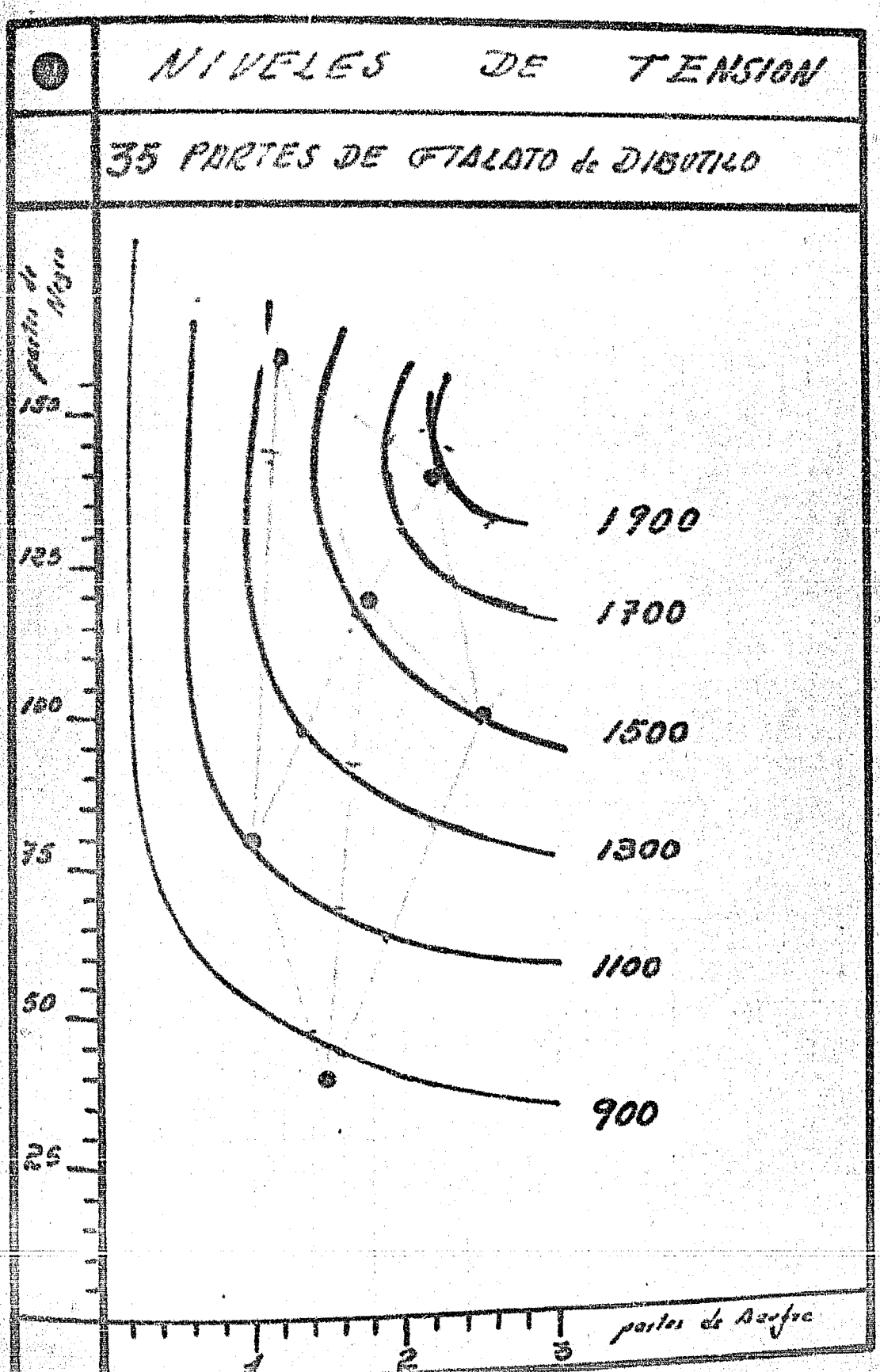
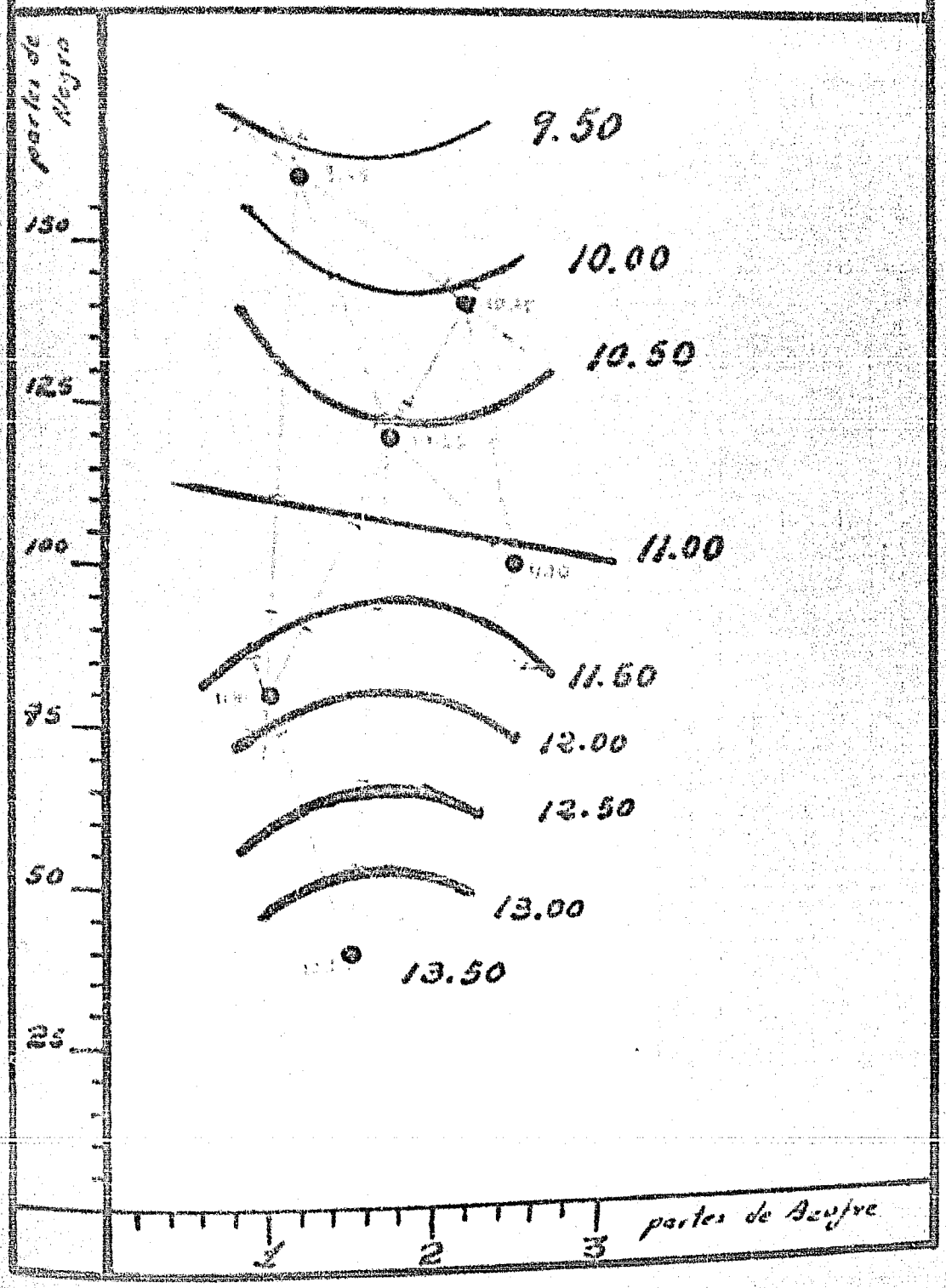

NIVELES DE TENSION
35 PARTES DE FTALATO de DIBUTILO
partes de Negro
150
125
100
75
50
25
1900
1700
1500
1300
1100
900
1
2
3
partes de Azufre

GRAFICO .- X- 9

NIVELES DE COSTO $

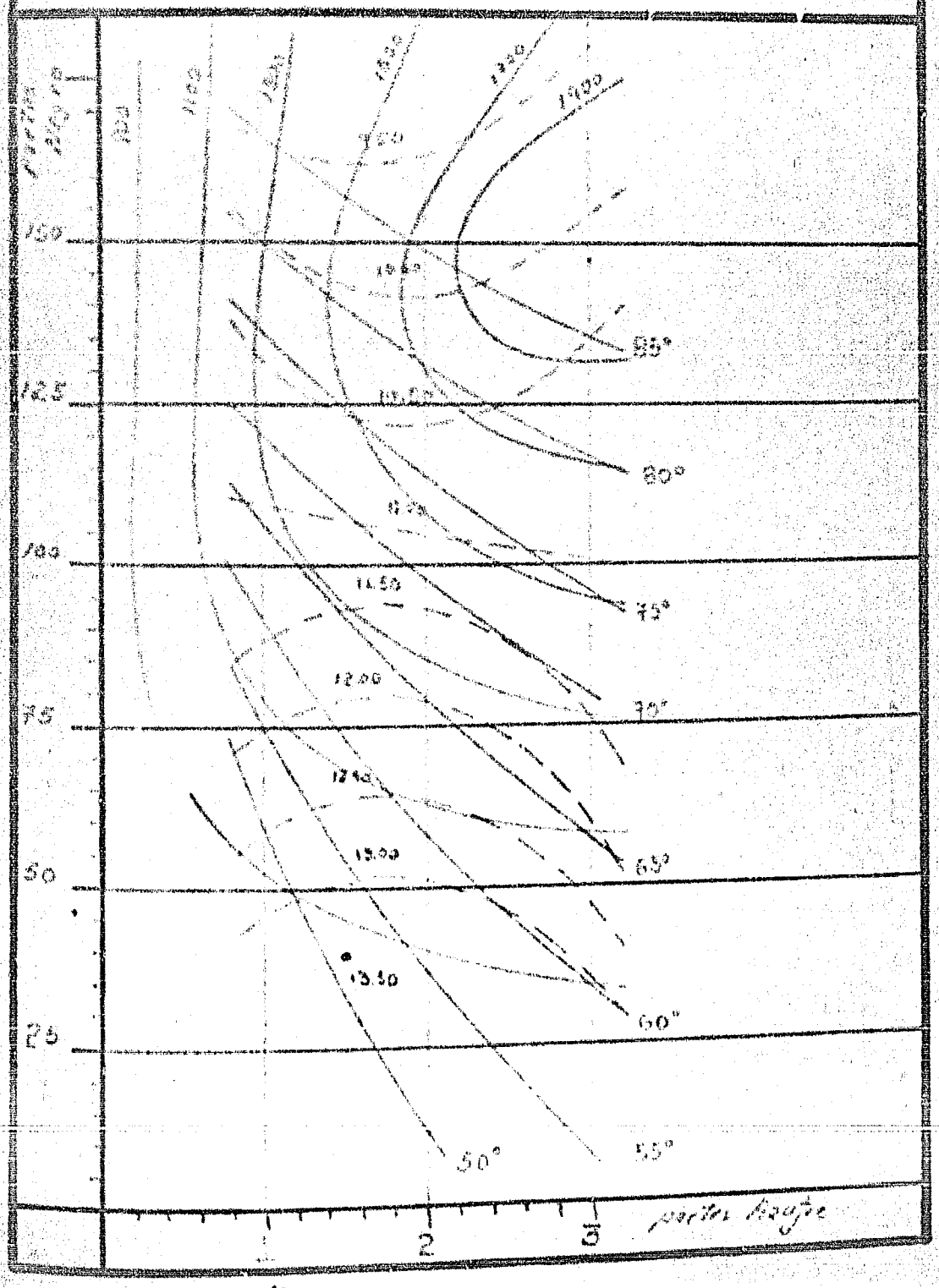
35 PARTES DE FTALATO de DIBUTILO



GRAFICA - X-10

NIVELES COSTO-DUREZA-TENSION

35 PARTES de FTALATO de DIBUTILO



[illegible].- CORRELACIONES

La correlación de la carga referente y el agente de relacionamiento es prácticamente lineal para la dureza, se ajusta afectada sensiblemente por interacciones; para la tensión se ajusta indistintamente una curva lineal curvilínea, afectada sensiblemente por las interacciones. La correlación de plastificante con las otras variables no puede ajustarse satisfactoriamente.

[illegible].- INTERACCIONES;

Sensiblemente la dureza no sufre interacción de ninguna de las dos variables.

La tensión en cambio sufre interacción de las dos variables, siendo la más fuerte la debida al plastificante; que altera sensiblemente la correlación existente.

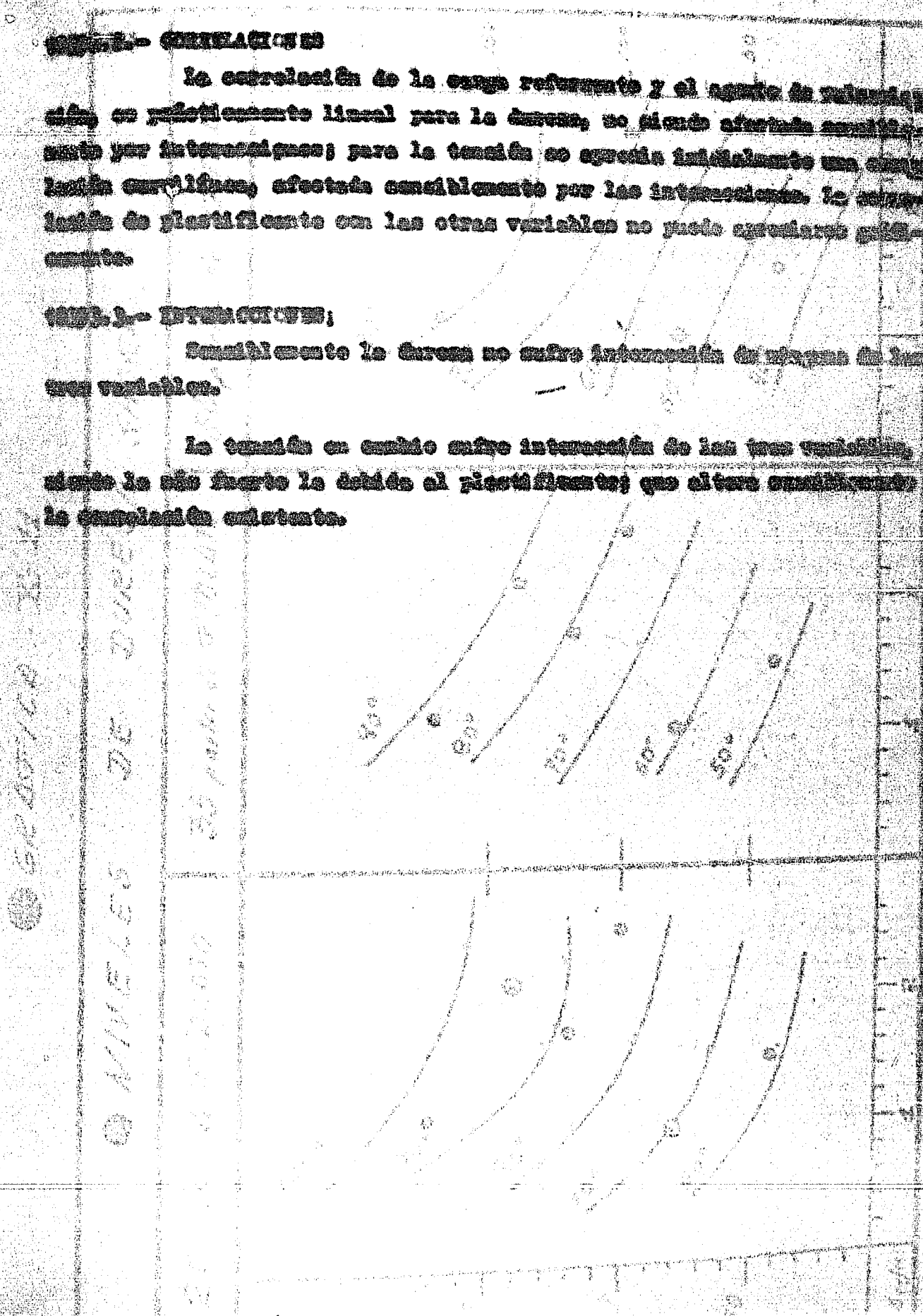
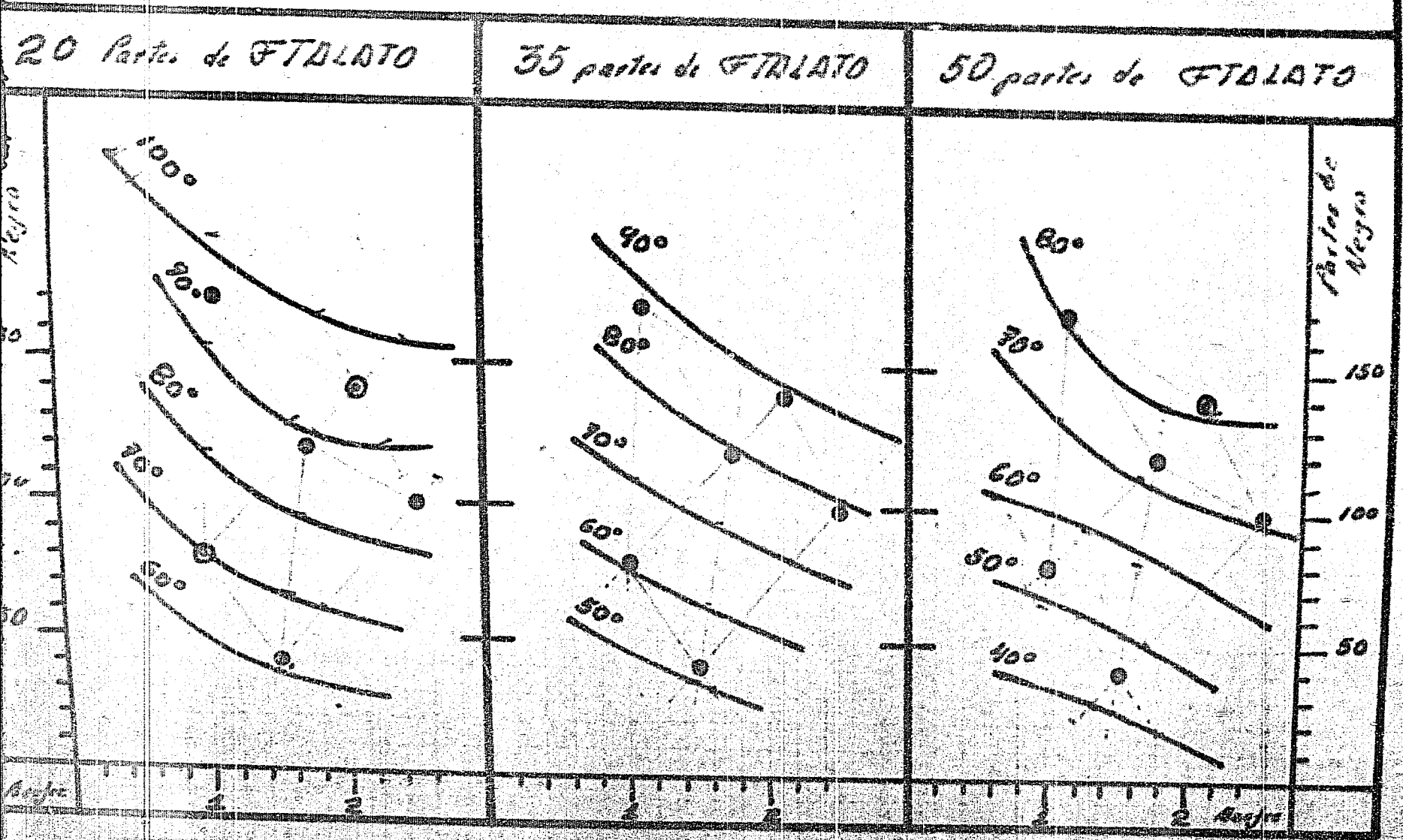


GRAFICO - X-11

NIVELES DE DUREZA SHORE



VI.- C O N C L U S I O N E S

Las características específicas de cada uno de los elastómeros, la gran variedad de substancias y efectos producidos, los numerosos procesos de elaboración, las propiedades tan diversas que pueden obtenerse de los elastómeros y en especial los diferentes usos, exigen del formulador un amplio conocimiento industrial que le permita determinar el correcto procesado, así como especificar las propiedades requeridas por un artículo para un servicio satisfactorio, dentro de los recursos bibliográficos que en una rápida y clara documentación, un claro sentido crítico y experimental para seleccionar correctamente el elastómero y los ingredientes necesarios. Modificarlos y evaluar con los métodos de experimentación adecuados, el comportamiento de un compuesto, los efectos producidos, las interacciones y correlaciones existentes entre los ingredientes y las propiedades obtenidas, para cumplir satisfactoriamente con el objetivo fundamental de toda formulación; hacer el mejor compuesto, con la materia prima disponible al menor costo.

☆ ☆

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] ([illegible])

A.S.T.M.
[illegible] Methods of Testing and [illegible]
[illegible]
Philadelphia ([illegible])

[illegible]
[illegible] Analysis of Engineering Data
[illegible]
[illegible] ([illegible])

[illegible]
[illegible] Analysis of Engineering Data
[illegible]

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] ([illegible])

[illegible]
[illegible]
[illegible]
[illegible] ([illegible])

[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible]

[illegible]- BIBLIOGRAFIA

ALLISON, G. y GUNN, I.W.

Vulcanization of Elastomers.
Reinhold Publishing Corporation
New York (1955)

A.S.T.M.

Standard Rubber Products, Methods of Testing w [illegible] Vol. [illegible]
American Society for Testing Materials
Philadelphia (1944)

BARTON, P.P.

Qualical Analysis of Compounding Rate
E. I. du Pont de Nemours & Co.
Reports M- 251 (1946)

BARTON, P.P.

Quantitative Graph Analysis of Compounding Rate
Rubber World. Vol. 140 Feb. 1959 pág. 75

BUNING, W.E.

Engineering with Rubber
Mc Graw - Hill Book Co.
New York (1960)

Chemical Resistance of Neoprene, Nylon and Natural Rubber.
E.I. du Pont de Nemours & Co.
Edición en español
Wilmington, Delaware. (1964)

CLAYTON, R.A.

The Rubber Compounder. What is his function today.
Rubber Age. Vol. 98 Feb. 1966, pág. 66.

DEVY, A.

Curso básico sobre la tecnología del hule.
Colombian Center International de Hules
Medellín (1961)

[illegible], A.

[illegible] (Hule Antiderrame)
Columbian Carbon Internacional de México
[illegible] y condensación de boletines técnicos publicados por la [illegible], Revista Química de la U. S. Rubber, Co.
México (1964)

[illegible], I.

Choice and Proportion of Compounding Materials for use in Neoprenes.
United Carbon Co. Research Department.
Conferencia dictada al grupo hulero en Nueva York. (1955)

[illegible], I.

Extraction Rates of Black Rubber Compounds.
United Carbon Co. Research Department.
Recopilación de artículos publicados en el Rubber Age. (1954)

[illegible], I.

Methods Employed in Compounding Research
United Carbon Co. Research Department.
Recopilación de artículos publicados en el Rubber World (1953)

EL LENGUAJE DEL CAUCHO

E. I. du Pont de Nemours & Co.
Edición en español
Wilmington, Delaware (1963)

LE MAY, J.

Fundamentos de Ciencia y Tecnología del Caucho
Editorial Centro Gilí, S.A.
Barcelona (1960)

LEPORE - EL, M. D'AUZAC, VU MINH - HO

Hacia la extendimiento del Hule Natural
Hule Revistas y Efectos
Números: 176 pág. 6 (1960)
177 pág. 18 (1960)

MC. PHERSON, A.T.

Engineering Use of Rubber
Reinhold Publishing Corporation
New York (1956)

MORRAL, [illegible] y THOMPSON, D.G.

The Neoprenes
E.I. du Pont de Nemours & Co.
International Division
Wilmington, Delaware (1963)

MULLIN, H. MULLIN, H.

Obtención de propiedades óptimas de Formulación con Polibutadieno.
Goodrich Gulf Chemical Inc.
Conferencia dictada al Grupo Hulero Mexicano (1964)

NAUNTON, R.J.S.

The Applied Science of Rubber
Edward Arnold Ltd.
London (1961)

OSOPINA, H.

Ingredientes fundamentales de una formulación.
General Tyre, S.A.
Conferencia dictada al Grupo Hulero Mexicano (1964)

PAYNE AND SCOTT

Engineering Design with Rubber
Mac Laren & Sons Ltd.
London (1960)

NORTLEY, S. KATHLEEN

Rubber Compounding Information
Rubber Age. Vo. 88 (1960) pág. 678.

PRINE, W.S.

Synthetic Rubber Technology Vol I.
Mac Laren & Sons Ltd.
London (1960)

[illegible], G.

La Historia del Hule. "Cien años de actividad de la Industria Hulera del Caucho".
Hule Mexicano y Plásticos
Números: 203 Pág. 9 (1963)
204 Pág. 10 (1963)
205 Pág. 111 (1963)

THOMPSON, R.G.

Neoprene Molded Goods
E.I. du Pont de Nemours & Co.
International Edition
Wilmington Delaware.

VANDERBILT, R.T.

Building a Rubber Compounding
R.T. Vanderbilt Co. Inc.
New York (1958)

VANDERBILT, R.T.

Rubber Hand Book
R.T. Vanderbilt Co. Inc.
New York (1958)