

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

*Estudio Comparativo del
Comportamiento del Hule
Natural y Sintéticos Vul-
canizados Ante Disolven-
tes Orgánicos.*

TESIS

QUE PARA SU EXAMEN PROFESIONAL DE QUIMICO
PRESENTA

PEDRO MORENO PONTON

MEXICO, D. F.

1949

2357



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

**A la Virgen del Sagrado Corazón.
A México, mi Patria.**

A mi Adorada Mamacita, mi mejor Cariño en la Vida.

PA:

Tú me orientaste por el camino de la vida, me dirigiste, me apoyaste y me diste todo lo que un padre le puede brindar a un hijo.

La muerte te separó de mi vista, pero no borrará mientras yo viva, la línea que me has señalado.

Tú has muerto, pero mi padre vivirá siempre en mí.

Recibe en compañía Del Señor, el fruto que tú mismo sembraste, este humilde trabajo que he logrado terminar siguiendo tu ejemplo y tus consejos.

A mis Queridos Hermanos, mis Mejores Amigos.

A mi Noviecita

**A mi Inolvidable Escuela
y Todas las Personas que
la Constituyen.**

SUMARIO

- I.—INTRODUCCION.
- II.—ESTRUCTURA QUIMICA DEL HULE NATURAL Y DE LOS SINTETICOS Y SUS CAMBIOS EN LA VULCANIZACION.
- III.—DISOLVENTES ORGANICOS ELEGIDOS, SUS APLICACIONES Y SU ACCION SOBRE EL HULE.
- IV.—DESCRIPCION DEL TRABAJO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS.
- V.—DISCUSION Y CONCLUSIONES.
- IV.—BIBLIOGRAFIA.

I.—INTRODUCCION.

En la actualidad, una gran parte de las industrias trabajan con disolventes orgánicos y todas en general usan artículos de hule, por ejemplo, empaques, botas, tapones, tubos, mangueras, etc. que están continuamente en contacto con determinados disolventes y en la práctica ha surgido el problema de que éstos deterioran todos los artefactos de hule natural; digo de hule natural, porque en tiempos normales todas las manufactureras de hule trabajan casi exclusivamente con hule natural, debido a sus ventajas de proceso y precio sobre los hules sintéticos y solamente en casos de emergencia se han usado substitutos.

El objeto de esta tesis es el establecer la diferencia del comportamiento de algunos hules sintéticos en relación al hule natural, con diferentes disolventes orgánicos y para ello, seleccioné cuatro tipos de hule, uno de ellos, por supuesto, es hule natural y los otros tres, son sintéticos, que difieren en estructura molecular, según se verá en el siguiente capítulo; por otro lado, escogí cinco de los disolventes de más demanda en la industria en general.

De esta diferencia se podrá saber qué tipo de hule es el más adecuado para resolver el problema arriba citado y así poder ofrecer a los industriales productos de hule más resistentes a los disolventes.

II.—ESTRUCTURA QUIMICA DEL HULE NATURAL Y DE LOS SINTETICOS Y SUS CAMBIOS EN LA VULCANIZACION.

El hule natural y los sintéticos, son hidrocarburos derivados de la polimerización del butadieno, de sus homólogos o de sus productos de sustitución. La polimerización es un fenómeno mediante el cual, dos o más moléculas de una substancia sencilla, se unen para formar otra de mayor peso molecular pero de la misma composición elemental.

Todos estos hidrocarburos, se clasifican en los siguientes grupos:

I.—Polímeros del isopreno:

Hule Natural.
Gutapercha.
Balata.

II.—Polímeros halogenados del butadieno:

Hule Policloropreno.
Hule Polibromopreno.

III.—Polímeros del butadieno con isobutileno:

Hule al butilo.

IV.—Polímeros modificados del butadieno.

a) Con fenil etileno (estireno)

Buna S
Buna 5
Buna 55

b) Con cianuro de etileno (acrilonitrilo)

Perbuna
Hycar
Chemigum
Ameripol

Para el desarrollo de esta tesis, seleccioné los siguientes hules:

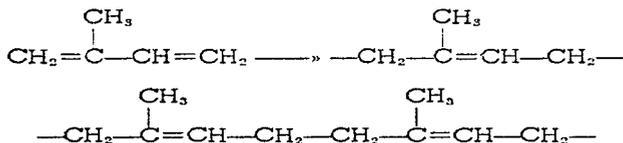
Del grupo I, el hule natural.
Del grupo II, el hule policloropreno.
Del grupo III, el hule al butilo.
Del grupo IV, el hule perbuna.

Voy a hacer una breve descripción de los hules en estudio:

HULE NATURAL.—De los análisis químicos efectuados al hule natural, se ha llegado a la conclusión de que éste, está formado por la unión de varias moléculas de isopreno que es el metil-2 butadie-

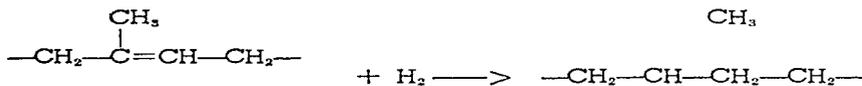
no-1-3 siendo por lo tanto su fórmula empírica $(C_5 H_8)_n$. Hasta muy recientes fechas, se pensaba que el número de unidades de isopreno (n) que entraban en la formación de una molécula de hule, era menor de cinco, pero los métodos modernos para la determinación de pesos moleculares, tales como el de presión osmótica y de viscosidad, demuestran que el número de unidades de isopreno es muy alto, pues se han hallado en el hule pesos moleculares de . . . 30000, 180000 y 400000; esta diversidad de pesos moleculares, obedece a la longitud de la cadena del hidrocarburo del hule.

La polimerización del isopreno para formar la cadena del hidrocarburo del hule, se lleva a cabo mediante un proceso de adición 1-4 de las unidades de los dienos, pues el isopreno, metil-2 butadieno 1-3, es un monómero bifuncional; se verifica del siguiente modo:

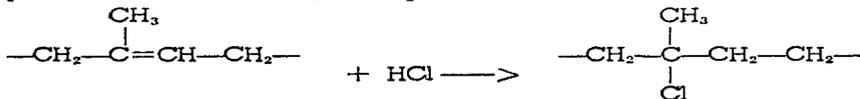


Esta estructura del hidrocarburo del hule, se ha comprobado mediante varios experimentos basados todos en las propiedades de las olefinas.

1o.—Hidrogenación.—En las condiciones normales para la hidrogenación de las olefinas, el hule no adiciona hidrógenos, pero en 1922 Pummerer usando platino como catalizador, sobre una solución del 0.3% de hule en acetona a 80°C, pasó hidrógeno seco y obtuvo así, un hidrocarburo saturado de fórmula empírica $(C_5 H_{10})_n$:



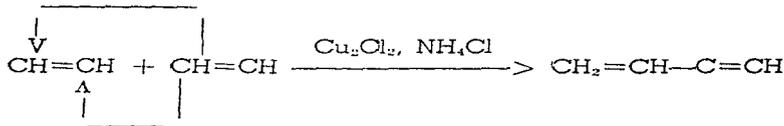
2o.—Halogenación.—En condiciones normales, al hule se le han podido adicionar bromo, cloro y los hidrácidos:



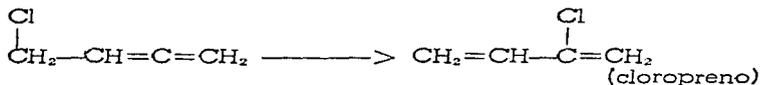
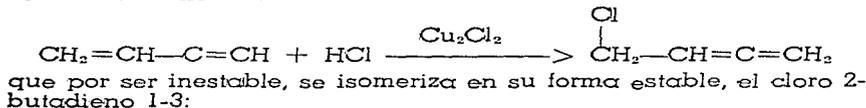
La formación del aldehído levulínico, indica el lugar preciso de la doble ligadura en el hidrocarburo de hule y el fuerte porcentaje (90%) del mismo aldehído, indica que las unidades de isopreno se polimerizan en cadena lineal.

HULE POLICROPRENO.—Se llama así, porque proviene de la polimerización del cloro 2- butadieno 1-3 (cloropreno); comercialmente, tiene varias denominaciones: Dupreno, Neopreno, Mustone (en Japón), Sovpreno (en Rusia), etc. Fué el primer hule sintético fabricado en los Estados Unidos.

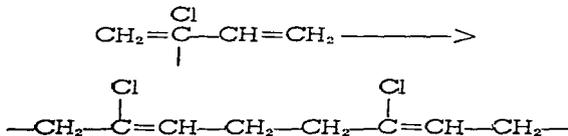
... Para su obtención, se usa como materia prima el acetileno; este proceso se debe principalmente a los investigadores Nieuwland y Carothers y a grandes rasgos es el siguiente: Se pasa una corriente de acetileno en una solución concentrada de cloruro de amonio y cloruro cuproso (como catalizadores); de esta manera el acetileno se polimeriza obteniéndose principalmente vinilacetileno:



Este vinilacetileno, tratado con ácido clorhídrico, nos da el cloro 1- butadieno 2-3:



Una vez formado el cloropreno, se sucede la polimerización de una manera espontánea del mismo, obteniéndose el POLICLOROPRENO:

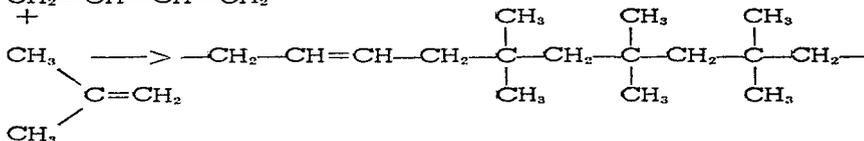


La polimerización, se lleva a cabo en el mismo medio en que se obtuvo el cloropreno y ésta para efectuarse, no necesita de ningún catalizador

HULE AL BUTILO.—Es un producto que resulta de la polimerización simultánea del butadieno 1-3 con el isobutileno:



+



Es un derivado del petróleo, pues de la destilación fraccionada de las gasolinas se obtienen los siguientes productos:

HIDROCARBURO	% EN VOLUMEN
Propano	Huellas
n-Butano e Isobutano	45-55
Butenos (-1 y -2)	30-32
Isobutileno	15-20
Butadieno 1-3	1-4
Pentanos y Pentenos	1

Una vez aislados el isobutileno y el butadieno 1-3, se disuelven ambos en tetracloruro de carbono o en etileno. A esta solución se le agrega el catalizador (tricloruro de aluminio disuelto en cloruro de etilo), de esta mezcla, por enfriamiento, se obtiene un material elástico al que se le ha dado el nombre genérico de hule al butilo.

La reacción se lleva a cabo en las siguientes proporciones:

MATERIA PRIMA	PARTES
Isobutileno	80
Butadieno	20
Etileno (disolvente)	200
AlCl ₃ al 5% en CH ₃ CH ₂ Cl	Variable

La temperatura de la reacción es de -95 a -100°C

La mira de los fabricantes de este hule fué el obtener un elastómero en el que predominara el carácter parafínico, en vista de que las parafinas, son resistentes a los agentes químicos; y el resto de la cadena del hidrocarburo de este hule está constituido por moléculas de butadieno 1-3 para permitir así la vulcanización como se verá más adelante. La fracción parafínica en esta cadena es el isobutileno.

En general, todos los elastómeros que tienen en su estructura molecular un monómero que al polimerizarse origina una resina sintética, se sintetizan por el mismo procedimiento y tienen propiedades muy semejantes, por lo cual, se clasifican todos dentro del mismo grupo (grupo IV).

VULCANIZACION.

La vulcanización es un proceso químico mediante el cual las propiedades físicas, químicas y térmicas del hule, son considerablemente modificadas.

Es un proceso químico porque en él interviene una reacción química entre el hidrocarburo del hule y el agente vulcanizante específico. Los agentes vulcanizantes, son principalmente azufre, óxidos metálicos (MgO, ZnO, etc.), cloruro de azufre, selenio y telurio (o algunas sales orgánicas de estos dos últimos); en general los agentes vulcanizantes están comprendidos dentro del grupo del oxígeno en la clasificación periódica de los elementos.

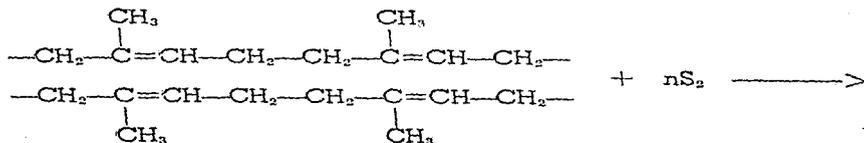
Después de un sinnúmero de experimentos y teorías se ha llegado a la conclusión de que la reacción típica de la vulcanización es una reacción de adición que se lleva a cabo entre la doble ligadura del hidrocarburo y un átomo de oxígeno, azufre, selenio o telurio según el caso específico. El agente vulcanizante más usado en la actualidad es el azufre y el proceso que se sigue es el de incremento de temperatura; sin entrar en detalle ese proceso consiste: el hule crudo se mezcla en un molino de rodillos, con sus ingredientes principales: Cargas o tierras (caolin, carbonato de calcio, negro de humo, etc.), plastizantes (parafina, aceites minerales, etc.), antioxidantes (fenol, fenil- β -naftilamina, etc.), aceleradores (bisulfito de tetrametiluram, mercaptobenzotiazol, anilina, ácido fenilmetilditiocarbámico, etc.) activadores de la vulcanización (ácido esteárico, óxido de zinc, óxido de magnesio, óxido de plomo, etc.), perfumes (aceites esenciales) y por último, los agentes vulcanizantes (azufre principalmente). A continuación se fabrican (a partir de esta mezcla) los diversos artículos siguiendo el proceso adecuado para cada uno de ellos, por ejemplo, para fabricar telas ahuladas se sigue el proceso de calandria, para entretelados; el proceso de aplicación de cemento por medio de cuchilla combinado con el proceso de calandria; para tacones el moldeado con prensa; para tubos se emplea el proceso de tubulación; etc. Estos artículos, en seguida, se someten al proceso de vulcanización, que como dije anteriormente, es el de incremento de temperatura; en la industria existen varios tipos de vulcanizadores según el artículo que se va a procesar, por ejemplo, para telas ahuladas y entretelados se usan vul-

canizadores de calor seco y la tela se festonea entre los tubos que se colocan en la parte superior; la vulcanización de tacones es simultánea al prensado pues las prensas que se usan para ello tienen tanto en su parte superior como inferior acceso a vapor de agua que permite el calentamiento; los tubos una vez que salen de la tubuladora se colocan en charolas especiales las cuales se introducen en techos de vapor directo.

Los factores principales para la vulcanización son el tiempo y la temperatura, la temperatura más adecuada en la práctica es de 90 a 100°C y el tiempo oscila entre una y dos horas (salvo ciertas excepciones); estos dos factores pueden ser modificados por los aceleradores de la vulcanización que no son otra cosa que catalizadores de la reacción química que se verifica en la vulcanización, de aquí que en la actualidad existe una enorme rama de aceleradores cuya aplicación depende de las necesidades que se van presentando en la práctica.

A continuación, voy a expresar las reacciones que se llevan a cabo entre el agente vulcanizante y los hules que someto a estudio en esta Tesis.

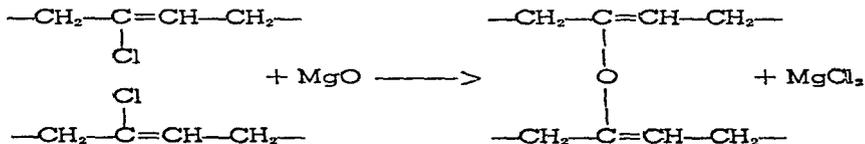
HULE NATURAL.—La reacción del hidrocarburo del hule con el azufre, es de adición y no de sustitución, pues el azufre, al reaccionar con el hule, no da lugar a la formación de ácido sulfhídrico, que sería el producto resultante en el caso de que la reacción fuera de sustitución, sino que se incorpora a la doble ligadura para dar lugar a la formación de una cadena de mayor tamaño:



En la reacción de la vulcanización, la relación que existe entre las dobles ligaduras y el azufre alcanza un máximo de 1 a 1, que corresponde al 32.6% en peso, sobre la cantidad de hidrocarburo; pero en la práctica esta relación casi nunca se lleva a cabo debido a que cuando el hidrocarburo del hule es saturado en su totalidad por el azufre, se obtiene un producto demasiado duro llamado ebonita, el cual tiene en la actualidad un reducido número de aplicaciones; de aquí, que es necesario rebajar el porcentaje del azufre para poder darle al artículo terminado su textura típica y adecuada. Por otro lado, para que el azufre sature las dobles ligaduras equivalentes, es necesario trabajar bajo condiciones muy drásticas de temperatura y presión y además durante un prolongado tiempo, lo cual en la industria resulta incosteable. Teniendo en cuenta estos inconvenientes, es necesario que en la formulación de un artículo determinado, a la cantidad de azufre necesaria para el caso, se le agregue un pequeño exceso de éste, como margen de seguridad y además, los aceleradores (catalizadores) en la proporción específica; de aquí resulta, que en el vulcanizado, siempre existe una pequeña cantidad de azufre remanente, sin reaccionar, que recibe el nombre de azufre libre; al azufre que reaccionó, se le designa azufre combinado y a la suma de ambos se le llama azufre total y por último, a la relación que existe entre el azufre combinado y a la cantidad de hule crudo empleado, se le denomina coeficiente de vulcanización.

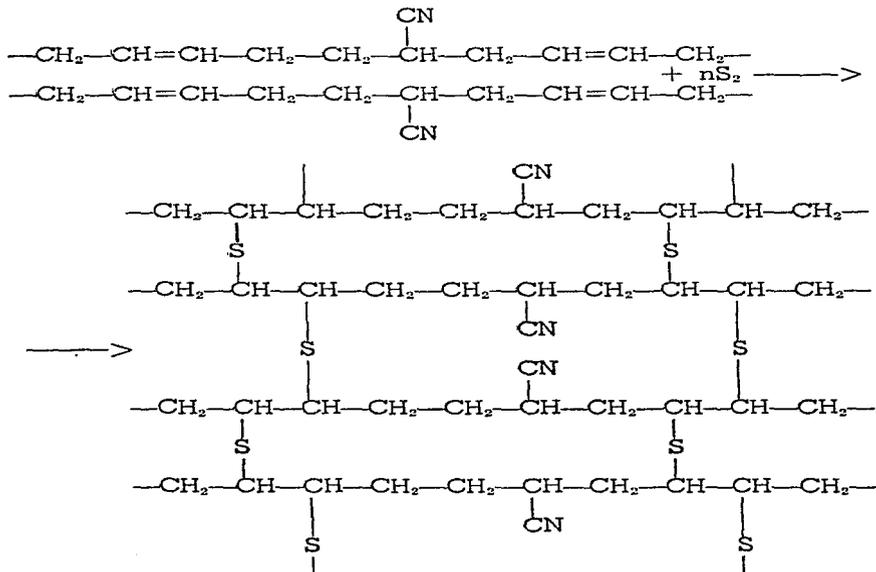
Me he extendido en la descripción de estos conceptos, porque son importantísimos desde el punto de vista de control, pues en el laboratorio de cualquier planta huletera se debe controlar de una manera sistemática y exacta el coeficiente de vulcanización, pues de lo contrario los artículos terminados, nunca tendrán la misma calidad.

HULE POLICLOROPRENO.—La vulcanización del hule policloropreno, no necesita azufre para efectuarse, sino de óxidos metálicos principalmente de magnesio y de zinc. En este caso, la reacción no es de adición, es de sustitución pues se lleva a cabo en el radical halogenado y no en la doble ligadura:



En este caso, la reacción si es de adición como en el hule natural, pues el azufre, se inserta en el lugar de la doble ligadura.

HULE PERBUNA.—También en el hule perbuna, la reacción que se verifica en el proceso de vulcanización, es de adición y el agente vulcanizante es como para el caso del hule natural, azufre:



La vulcanización del hule perbuna es al igual que en el caso anterior semejante a la del hule natural en formulación y proceso.

CAMBIOS ORIGINADOS POR LA VULCANIZACION.

Los cambios que sufren en la vulcanización todos los hules, tanto el natural como los sintéticos son de acuerdo con sus propiedades, de tres tipos:

I.—**Cambios de propiedades físicas.**—Voy a exponer en forma de cuadro comparativo, las principales propiedades físicas que tienen los hules en general antes y después de la vulcanización:

ANTES

- 1.—Poca dureza.
- 2.—Poca resistencia a la ruptura.
- 3.—Poca elasticidad.
- 4.—Poca resistencia al raspado.
- 5.—Poca resistencia a la acción de los disolventes.
- 6.—Mucha adhesividad.

DESPUES.

- 1.—Dureza relativa.
- 2.—Fuerte resistencia a la ruptura.
- 3.—Gran elasticidad.
- 4.—Elevada resistencia al raspado.
- 5.—Elevada resistencia a la acción de los disolventes.
- 6.—Adhesividad nula.

II.—**Cambios de propiedades químicas.**—Antes de la vulcanización, los hules, son muy poco resistentes a la acción de los ácidos, de los álcalis, de los agentes oxidantes y del oxígeno; pero una vez efectuada la vulcanización, la resistencia a estos agentes químicos es notablemente superior.

III.—**Cambios de propiedades térmicas.**—Los artículos vulcanizados son muy resistentes a los cambios de temperatura; pero en cambio los hules sin vulcanizar, a bajas temperaturas, son duros y quebradizos y a elevadas temperaturas, son blandos y pegajosos.

De estos cambios tan notables que se verifican a través de la vulcanización, se deduce la gran importancia comercial de este proceso, pues los hules en su forma original, tienen escasísimas aplicaciones, mientras que los artículos vulcanizados satisfacen un sinnúmero de necesidades.

III.—DISOLVENTES ORGANICOS ELEGIDOS, SUS APLICACIONES Y SU ACCION SOBRE EL HULE.

Basado en la demanda, tanto industrial como comercial que existe, de entre los diferentes disolventes orgánicos, seleccioné 5 de los que tienen mayor número de aplicaciones, los cuales son los siguientes:

a.—**Eter de petróleo.**—Es la primera fracción de la destilación del petróleo, su punto de ebullición es de 59°C, está formado principalmente de pentanos y hexanos; constituye uno de los principales disolventes que se derivan del petróleo. Tiene en la práctica las siguientes aplicaciones:

Se emplea en la extracción industrial de alcaloides, grasas y aceites esenciales; en la disolución de resinas sintéticas principalmente vinílicas. Se usa en gran escala en el desmanchado de la ropa y lavado químico, en la preparación de insecticidas. En farmacia se utiliza en la fabricación de linimentos, y además por ser disolvente del yodo, se usa para preparar la yodo-bencina la cual mantiene en estado de asepsia el material de cirugía.

b.—**Alcohol etílico.**—Proviene principalmente de la fermentación del azúcar de caña, su punto de ebullición es de 78.3°C. En la actualidad, ha llegado a constituir una materia prima de primer orden por el número de usos que tiene, de los cuales cito los principales:

En colorantes, se usa en la preparación de anilinas sólidas y en la fabricación de las mismas para la fabricación de pinturas. Se usa en industria cerillera, en fotografía y en preparación de papel fotográfico; en la fabricación de seda artificial y flores artificiales.

Tiene una extensa aplicación como disolvente de resinas sintéticas o bien, como diluyente de las soluciones de las mismas resinas. Es muy usado en jabonería y perfumería; se emplea en la industria hulera unas veces para desmanchar y otras para disolver. En la fabricación de tintas y en imprentas. En la industria de hilados y tejidos, tiene una gran aplicación en el teñido y en el estampado de las telas. Se emplea en la preparación de colodiones.

En la industria farmacéutica y laboratorios, es indispensable pues tiene muchísimas aplicaciones, siendo principalmente las siguientes: Obtención de alcaloides, extractos medicinales sólidos, elaboración de linimentos, lociones, embrocaciones, cápsulas, tónicos para el pelo, medicinas para ganado, fumigatorios, insecticidas,

etc. Además es indispensable en toda clase de laboratorios y hospitales.

c.—**Eter sulfúrico.**—Es el más importante de todos los éteres que existen, su punto de ebullición es de 34.6°C y se usa principalmente:

En la fabricación de la pólvora sin humo, en la elaboración del colodión por gelatinización de la nitrocelulosa.

Es indispensable en la fabricación de seda artificial siguiendo el método Chardonet.

En mecánica, se usa en el encendido de motores de combustión interna.

En medicina, se usa como anestésico y narcótico.

Además, es muy usado en industrias que trabajan con sustancias orgánicas, pues el éter, es uno de los mejores disolventes orgánicos.

Debido a sus propiedades disolventes, es un gran vehículo para extracciones por lo tanto es indispensable en toda clase de laboratorios.

d.—**Acetato de etilo.**—Pertenece al grupo de los ésteres y de éstos, es uno de los más importantes. Su punto de ebullición es de 77°C y se usa principalmente en la fabricación de artículos derivados de resinas sintéticas (plásticos) y en gran escala se emplea en la fabricación de pinturas. Debido a estos usos industriales, incluso en esta tesis el acetato de etilo, pues durante la última guerra se desarrolló enormemente en el País, la industria de pinturas y por otro lado, la industria de plásticos tiene un gran porvenir en México.

e.—**Benceno.**—Pertenece al grupo de los hidrocarburos aromáticos, su punto de ebullición es de 80.1°C y desde el punto de vista industrial es muy importante debido a sus aplicaciones:

Se emplea en la preparación de pinturas, lacas y barnices. Se usa para desengrasar los huesos en la fabricación de abonos y preparación de fosfatos. En textiles, se usa en tintorería y estampado.

El benceno, es el punto de partida para la síntesis de los ácidos bencén sulfónico y benceno meta disulfónico, de los cuales, se obtiene fenol, resorcina y muchos otros derivados.

La nitración del benceno da por resultado nitro y dinitro benceno y de ahí por reducción, los aminoderivados de los cuales se obtiene una enorme variedad de anilinas y colorantes.

Además es de uso frecuente en la industria hulera en la fabricación de cementos.

Es buen disolvente orgánico y tiene como ventaja su bajo precio.

Estas son las aplicaciones más importantes de los disolventes orgánicos que elegí para desarrollar este trabajo. Además de su demanda, estos 5 disolventes tienen entre sí, diferente estructura química y son, a mi juicio, los más importantes de la serie en que se encuentran clasificados cada uno de ellos.

ACCION DE LOS DISOLVENTES SOBRE EL HULE.—Se ha lle-

gado a la conclusión de que las moléculas en el hule se agrupan en forma de cadena, siendo ésta según se ha demostrado, de gran tamaño. Como vimos en el Capítulo de la vulcanización, al verificarse ésta, las cadenas se unen por medio de átomos de azufre; dejando de esta manera en el hule vulcanizado una configuración análoga a la que presentan las celdillas en un panal de abejas.

El fenómeno que se presenta en el hule al estar éste en contacto con algún disolvente, es el siguiente: El líquido poco a poco penetra en los espacios que existen entre molécula y molécula hasta llenarlos completamente, produciendo de esta manera un hinchamiento en el hule. Esta penetración trae como consecuencia inmediata un debilitamiento de las fuerzas de cohesión intermoleculares del hidrocarburo, por lo tanto, las propiedades físicas del hule son considerablemente modificadas. Debido a este hinchamiento, es decir, a esta alteración de las distancias intermoleculares sucede en la mayoría de los casos que las uniones del azufre con el hidrocarburo se llegan a romper y trae como consecuencia inmediata una modificación en las propiedades químicas del hule vulcanizado.

De estas modificaciones (físicas y químicas), se derivan en el terreno práctico, las siguientes anomalías:

Disminución de la dureza, de la resistencia a la ruptura, de la elasticidad, de la resistencia al raspado. Los hules se tornan pegajosos y adhesivos. Pero principalmente, el tiempo de duración de un artículo determinado disminuye considerablemente, en vista de que ha sufrido una alteración en su grado de vulcanización.

IV.—DESCRIPCION DEL TRABAJO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS.

1.—**Preparación de los hules.**—El proceso de laboratorio que seguí para la preparación de las muestras de los hules por experimentar, fué el siguiente:

α.—**Añejado.**—El añejado consiste en hacer pasar el hule en el molino de rodillos de laboratorio, con el objeto de reblandecerlo. Para esto, pesé en una báscula de laboratorio, un kilogramo de cada uno de los hules y los añejé, bajo las siguientes condiciones iniciales:

Temperatura inicial del molino: 25°C.

Abertura entre los rodillos: 1 mm.

Tiempo de añejado 10 min.

Durante el añejado, se hizo pasar una corriente de agua en el interior de los rodillos, pues es indispensable que la temperatura se eleve lo menos posible, para lograr el objetivo de este proceso. Una vez transcurridos los 10 minutos, tomé la temperatura final del molino para cada uno de los casos, obteniendo los siguientes datos:

Para el hule natural: 51°C.

Para el hule policloropreno: 62°C.

Para el hule al butilo: 55°C.

Para el hule perbuna: 60°C.

La determinación de estas temperaturas, la llevé a cabo con un pirómetro especial para superficie circular.

b.—**Formulación y mezclado.**—Los pesos y proporciones de los ingredientes que llevaron estos hules en su composición, fueron:

FUNCION	MATERIAS PRIMAS	Natural		Policlor.		Al Butilo		Perbuna	
		Peso	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%
Hules	Hule Natural	1.000	58.823	—	—	—	—	—	—
	Hule Policloropreno	—	—	1.000	58.823	—	—	—	—
	Hule Al Butilo	—	—	—	—	1.000	58.823	—	—
	Hule Perbuna	—	—	—	—	—	—	1.000	58.823
Cargas y Colores	Carbonato de Calcio	0.250	14.706	0.250	14.706	0.250	14.706	0.250	14.706
	Caolín	0.268	15.764	0.265	15.588	0.268	15.764	0.268	15.764
	Oxido de Fierro	0.020	1.177	0.020	1.177	0.020	1.177	0.020	1.177
	Color Rojo	0.005	0.295	0.005	0.295	0.005	0.295	0.005	0.295
Aceleradores	Mercaptobenzotiazol	0.015	0.883	—	—	0.015	0.883	0.015	0.883
	Sulfuro de Tetrametiluram	0.002	0.117	—	—	0.002	0.117	0.002	0.117
Activadores Antioxidante	Oxido de Zinc	0.100	5.882	0.100	5.882	0.100	5.882	0.100	5.882
	Acido Estearico	0.010	0.588	0.010	0.588	0.010	0.588	0.010	0.588
	Fenil β -Naftilamina	0.010	0.588	—	—	0.010	0.588	0.010	0.588
Vulcanizantes	Oxido de Magnesio	—	—	0.050	2.941	—	—	—	—
	Azufre	0.020	1.177	—	—	0.020	1.177	0.020	1.177
	TOTALES	1.700	100%	1.700	100%	1.700	100%	1.700	100%

NOTA.—La calidad de todos estos ingredientes en lo que se refiere a pureza y finura es la requerida en cualquier proceso de fabricación de la industria hulera.

El mezclado, sellevó a cabo en el mismo molino de laboratorio, bajo las siguientes condiciones:

1o.—La temperatura inicial del molino fue para cada uno de los hules de 70°C.

2o.—El orden mezclado fue: En primer lugar, se alimentó el molino con hule, después se agregó a éste el color y las cargas; a continuación, los aceleradores y activadores y por último el antioxidante. Los agentes vulcanizantes no se agregaron sino hasta después de 24 Hs., pues fué necesario hacerle a cada mezcla la determinación de su plasticidad y para ésto la mezcla debe carecer de agentes vulcanizantes.

3o.—El tiempo de la duración del mezclado fue en todos los casos de 25 minutos.

4o.—Las temperaturas finales del molino, después del mezclado fueron:

- a.— Para el hule natural 82°C.
- c.— Para el hule policloropreno 107°C.
- c.— para el hule al butilo 93°C.
- d.— Para el hule perbuna 104°C.

A continuación se tomó una muestra de cada una de las mezclas (sin agente vulcanizante) para la determinación de la plasticidad; estas muestras tienen un espesor de 4mm. y un diámetro de 3mm.

El aparato que se usa para esta determinación es el PLASTOMETRO SCOTT, y consiste principalmente de dos platos de calefacción interna y regulable por termostatos; el plato inferior, es fijo a la base del aparato y el superior, es movable en el sentido vertical; arriba del plato superior se colocan 3 pesas, una de 5 lbs. otra de 1 lb. y otra de 7 oz. Además, viene adaptado al aparato un calibrador que indica directamente la distancia que existe entre plato y plato con una aproximación de centésimos de pulgada.

Para esta determinación los platos se calientan hasta una temperatura fija de 100°C. y la muestra de hule, se coloca arriba del plato inferior; después, se deja caer el plato superior y se hace la lectura de los espesores (distancia entre plato y plato) cada minuto; la 5a. lectura, o sea después de 5 minutos es la que se toma como lectura final.

De la determinación de las plasticidades de las mezclas crudas de los hules en estudio obtuve los siguientes resultados:

Mezcla de:	1 min.	2 min.	3 min.	4 min.	5 min.
Hule Natural	122.5	114.0	107.0	102.0	99.0
Hule Policloropreno	190.5	186.0	184.5	183.5	182.5
Hule al Butilo	120.0	106.0	91.0	88.5	87.5
Hule Perbuna	171.0	166.5	164.0	162.0	161.0

La determinación de la plasticidad se debe efectuar 23 horas después del muestreo; este tiempo, es convencional y de acuerdo con las condiciones de trabajo de cada factoría.

c.—**Laminación.**—Una vez efectuada la prueba de plasticidad, a las mezclas previamente preparadas les agregué en el molino de laboratorio, su respectivo agente vulcanizante. En seguida, tomé una porción de cada una de estas mezclas y las laminé en la satinadora (calandria) de laboratorio con un espesor de 3 mm.

A grandes razgos la satinadora consiste principalmente de 3 rodillos de acero colocados uno encima de otro. Dos de esos rodillos, el superior y el inferior giran en el mismo sentido y el intermedio en sentido contrario. La abertura de estos rodillos puede ser aumentada o disminuída por un sistema de calibración que viene adaptado a cada calandria. La temperatura, se ajusta mediante el acceso de vapor en cada uno de los rodillos; generalmente solo se calientan los dos rodillos superiores según la calidad y propiedades del hule y el rodillo inferior permanece frío para facilitar la laminación.

La laminación de las muestras de los 4 hules en estudio se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones de temperatura:

Hule natural: Rodillo superior 80°C. Rodillo intermedio 69°C.

Hule Policloropreno: Rodillo superior 104°C. Rodillo intermedio 93°C.

Hule al Butilo: Rodillo superior 93°C. Rodillo intermedio 82°C.

Hule Perbuna: Rodillo superior 99°C. Rodillo intermedio 88°C.

Esta diferencia de temperaturas se debe a la diferencia de plasticidades.

d.—**Vulcanización.**—Una vez hechas estas láminas las vulcanicé siguiendo el método de prensado. El molde es de acero y sus medidas interiores son de 15 x 30 cms. y 2.5 mm. de espesor. La vulcanización se llevó a cabo bajo una presión de 70 lbs. de vapor durante 50 minutos; a los 4 hules se les sometió exactamente a las mismas condiciones de vulcanización.

De las láminas vulcanizadas así obtenidas, corté las muestras necesarias para las determinaciones subsiguientes, siendo las dimensiones de aquellas 2 cms. de ancho, 5 cms. de longitud y 0.25 cms. de espesor. Para su mejor conservación todas las muestras antes citadas se guardaron en un desecador con cloruro de calcio.

2.—**Calidad de los disolventes.**—Los 5 disolventes usados en la parte experimental de este trabajo, eran químicamente puros.

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA AL RASPADO.

Objeto.—Esta prueba, consiste en la determinación de la pérdida de peso y espesor de una muestra de hule vulcanizado después de rasparlo durante determinado tiempo en un aparato de laboratorio especial para el caso.

Descripción del Aparato.—La marca del aparato usado es: E. I. du Pont de Nemours and Co.; consiste en un disco que lleva montada una lija y que gira en dirección opuesta a la de las manecillas de un reloj a una velocidad de 37 revoluciones por minuto. El movimiento giratorio de este aparato proviene de un motor de 1/4 de caballo de fuerza. Las dos muestras necesarias para la determinación se sujetan mediante unas pinzas a una barra de hierro paralela a la superficie del disco; a esta barra se le coloca perpendicularmente un peso de 3.62 Kgms. para que el par de muestras siempre estén en contacto con la superficie de la lija. Además, en la parte lateral de la barra se coloca otro contrapeso (0.500 Kgs.) para impedir la rotación de aquellos. La superficie de la lija se limpia mediante aire comprimido.

Las muestras miden 2 x 2 cms. de superficie y 1 cm. de grueso.

La lija que se usa es del número 0.

El tiempo de duración del raspado es de 10 minutos por cada par de muestras.

Descripción de la Práctica.—Para determinar la resistencia al raspado de los hules en estudio, antes y después de estar en contacto con los disolventes, usé el siguiente método:

a.—Se hicieron 6 pares de muestras de cada uno de los hules y se les clasificó con la siguiente clave:

HN-sd=Par de muestras de hule natural que "No" se ponen en contacto con disolvente.

HN-1=Par de muestras de hule natural en contacto con éter de petróleo.

HN-2=Par de muestras de hule natural en contacto con alcohol etílico.

HN-3=Par de muestras de hule natural en contacto con éter sulfúrico.

HN-4=Par de muestras de hule natural en contacto con acetato de etilo.

HN-5=Par de muestras de hule natural en contacto con benceno.

Hpol-sd=Par de muestras de hule policloropreno que no se ponen en contacto con disolventes.

Hpol-1=Par de muestras de hule policloropreno en contacto con éter de petróleo.

Hpol-2=Par de muestras de hule policloropreno en contacto con alcohol etílico.

Hpol-3=Par de muestras de hule policloropreno en contacto con éter sulfúrico.

Hpol-4 = Par de muestras de hule policloropreno en contacto con acetato de etilo.

Hpol-5 = Par de muestras de hule policloropreno en contacto con benceno.

Hb-sd = Par de muestras de hule al butilo que no se ponen en contacto con disolventes.

HB-1 = Par de muestras de hule al butilo en contacto con éter de petróleo.

HB-2 = Par de muestras de hule al butilo en contacto con alcohol etílico.

HB-3 = Par de muestras de hule al butilo en contacto con éter sulfúrico.

HB-4 = Par de muestras de hule al butilo en contacto con acetato de etilo.

HB-5 = Par de muestras de hule al butilo en contacto con benceno.

Hber-sd = Par de muestras de hule perbuna que no se ponen en contacto con disolventes.

Hber-1 = Par de muestras de hule perbuna en contacto con éter de petróleo.

Hber-2 = Par de muestras de hule perbuna en contacto con alcohol etílico.

Hber-3 = Par de muestras de hule perbuna en contacto con éter sulfúrico.

Hber-4 = Par de muestras de hule perbuna en contacto con acetato de etilo.

Hber-5 = Par de muestras de hule perbuna en contacto con benceno.

Cada par de muestras se introdujo en un frasco de color ámbar el cual contenía el disolvente respectivo. De esta manera se dejaron las muestras en contacto con sus disolventes durante un periodo de 7 días exactos, sin agitación alguna.

Transcurrido ese periodo, se sacaron las muestras de sus frascos y se colocaron en una lámina de zinc con el objeto de evaporar todo el disolvente absorbido. Después de que las muestras estuvieron a peso constante, se les midió su espesor con un calibrador de resorte y se pesaron en una balanza de precisión; en seguida se sometieron a la acción del raspado en el aparato y se procedió a determinarle a cada par, su espesor y su peso.

Los resultados obtenidos de esta manera fueron los siguientes:

ESPESORES PROMEDIO DE LAS MUESTRAS.

Hulo	Antes del Raspado	Después del Raspado	Diferencia	% Pérdida Peso da Esp.
HN-sd	9.811 mm.	9.303 mm.	0.508 mm.	5.17%
HN-1	10.185 mm.	9.494 mm.	0.691 mm.	6.78%
HN-2	10.139 mm.	9.531 mm.	0.608 mm.	5.99%
HN-3	10.435 mm.	9.877 mm.	0.558 mm.	5.34%
HN-4	10.142 mm.	9.592 mm.	0.550 mm.	5.42%
HN-5	10.410 mm.	9.632 mm.	0.778 mm.	7.47%
HPol-sd	9.589 mm.	9.207 mm.	0.382 mm.	3.98%
HPol-1	11.067 mm.	10.442 mm.	0.625 mm.	5.65%
HPol-2	10.538 mm.	10.087 mm.	0.451 mm.	4.28%
HPol-3	10.680 mm.	10.219 mm.	0.461 mm.	4.31%
HPol-4	10.577 mm.	10.146 mm.	0.432 mm.	4.08%
HPol-5	10.833 mm.	10.120 mm.	0.713 mm.	6.58%
HB-sd	9.823 mm.	8.587 mm.	1.236 mm.	12.58%
HB-1	10.404 mm.	6.665 mm.	3.739 mm.	35.94%
HB-2	10.037 mm.	8.574 mm.	1.463 mm.	14.57%
HB-3	10.080 mm.	8.205 mm.	1.875 mm.	18.60%
HB-4	9.893 mm.	8.302 mm.	1.591 mm.	16.08%
HB-5	10.518 mm.	8.428 mm.	2.090 mm.	19.87%
HPer-sd	10.674 mm.	10.544 mm.	0.130 mm.	1.21%
HPer-1	10.753 mm.	10.486 mm.	0.267 mm.	2.48%
HPer-2	10.914 mm.	10.692 mm.	0.222 mm.	2.03%
HPer-3	11.224 mm.	10.972 mm.	0.252 mm.	2.24%
HPer-4	10.223 mm.	10.011 mm.	0.212 mm.	2.07%
HPer-5	11.709 mm.	10.401 mm.	0.308 mm.	2.63%

PESO DE LAS MUESTRAS.

Hulo	Antes del Raspado	Después del Raspado	Diferencia	% Pérdida Peso
HN-sd	11.0190 g.	10.4185 g.	0.6005 g.	5.45%
HN-1	11.5550 g.	10.7262 g.	0.8288 g.	7.17%
HN-2	11.4954 g.	10.7666 g.	0.7288 g.	6.34%
HN-3	11.9384 g.	11.2603 g.	0.6781 g.	5.68%
HN-4	11.4181 g.	10.7524 g.	0.6657 g.	5.83%
HN-5	11.9436 g.	11.0022 g.	0.9414 g.	7.88%

HPol-sd	14.5917 g.	13.9716 g.	0.6201 g.	4.25 %
HPol-1	16.0497 g.	15.1140 g.	0.9357 g.	5.83 %
HPol-2	15.3378 g.	14.6599 g.	0.6779 g.	4.42 %
HPol-3	15.5018 g.	14.8104 g.	0.6914 g.	4.46 %
HPol-4	15.3366 g.	14.6894 g.	0.6472 g.	4.22 %
HPol-5	16.0480 g.	14.9391 g.	1.1089 g.	6.91 %
HB-sd	10.9553 g.	9.5234 g.	1.4319 g.	13.07 %
HB-1	12.5137 g.	7.9424 g.	4.5713 g.	36.53 %
HB-2	11.3974 g.	9.6718 g.	1.7256 g.	15.14 %
HB-3	11.7004 g.	9.4387 g.	2.2617 g.	19.33 %
HB-4	11.2400 g.	9.4067 g.	1.8333 g.	16.31 %
HB-5	11.5650 g.	9.2034 g.	2.3616 g.	20.42 %
HPer-sd	12.9746 g.	12.8040 g.	0.1706 g.	1.31 %
HPer-1	13.1510 g.	12.7837 g.	0.3673 g.	2.79 %
HPer-2	13.3984 g.	13.1171 g.	0.2813 g.	2.10 %
HPer-3	13.5243 g.	13.1656 g.	0.3587 g.	2.65 %
HPer-4	12.3153 g.	12.0456 g.	0.2697 g.	2.19 %
HPer-5	14.9110 g.	14.4801 g.	0.4309 g.	2.89 %

Como se puede notar en estos resultados, todos los hules una vez que han estado en contacto con los disolventes, tienen menor resistencia al raspado.

De los cuatro hules experimentados, el hule perbuna es el que presenta resultados más satisfactorios.

DETERMINACION DEL INCREMENTO DE VOLUMEN.

Objeto.—Esta prueba tiene por objeto medir la capacidad de absorción de un disolvente por un hule vulcanizado durante un determinado período de tiempo. La determinación de la capacidad de absorción, se hace midiendo en un aparato especial de laboratorio el volumen de las muestras antes y después de estar en contacto con los disolventes.

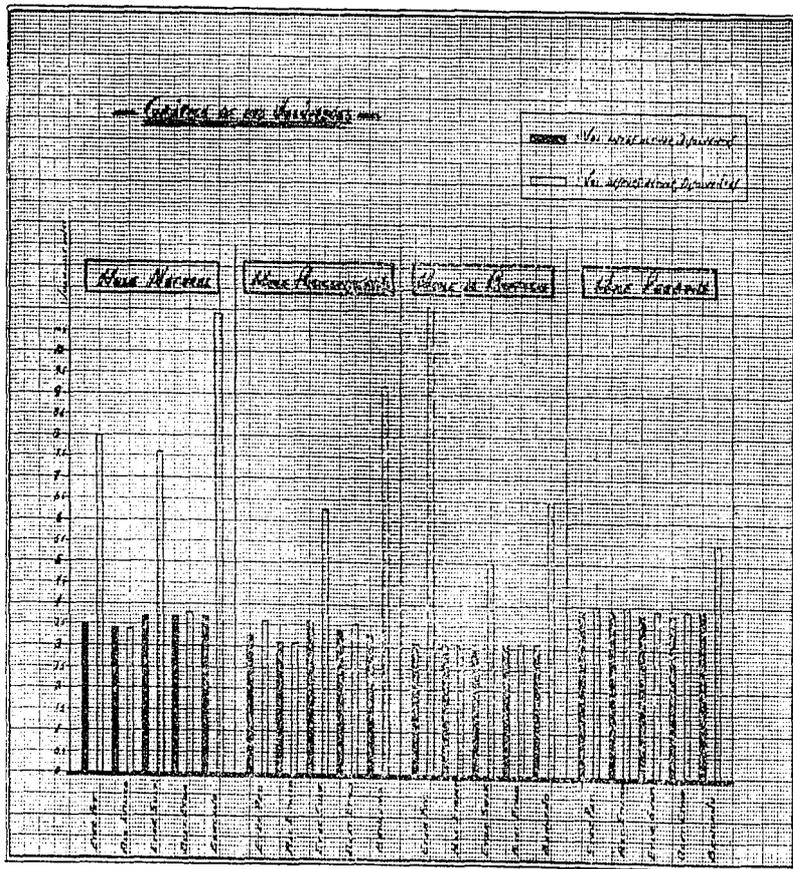
Descripción del Aparato.—El aparato que se usa en esta práctica consiste en un vaso de vidrio de forma rectangular; este vaso lleva conectado en el fondo un tubito de vidrio de 2 mm. de diámetro interior y 40 cms. de longitud; este tubito tiene una ligera inclinación. Además, el aparato consta de una escala graduada en centímetros cúbicos en el cual se lee directamente el volumen de la muestra que se introduce en el vaso rectangular.

Para cada determinación, es necesario aforar el aparato, haciendo corresponder el cero de la escala con el menisco del tubito inclinado. Una vez aforado, se introduce la muestra y se hace la lectura del volumen.

El líquido que se usa para la determinación de volumen de los hules, es una solución diluida (al 10%) de oleato de sodio.

Descripción de la práctica.—A las muestras previamente preparadas (2 x 5 x 0.25 cm.) se les determinó su volumen inicial y después se pusieron en contacto con sus disolventes; para esto, se usaron frascos oscuros como en el caso anterior y el tiempo que estuvieron en contacto las muestras con los líquidos fué también de 7 días exactamente y sin movimiento alguno. Transcurrido ese período, se sacaron las muestras y se limpiaron con un algodoncito empapado de solución al 10% de oleato de sodio y se les determinó su volumen final.

Resultados.—Los resultados obtenidos en esta determinación, los expreso en las siguientes gráficas:



DETERMINACION DE LA DUREZA.

Objeto.—El objeto de esta prueba es el determinar la dureza de los hules, antes y después de haberlos sometido a la acción de los disolventes. Para ésto, se emplea un aparato de laboratorio denominado Durómetro que viene graduado de acuerdo con una escala parte del 0 como mínimo hasta el 100, como límite máximo.

Descripción del aparato.—El aparato consta de una aguija colocada en la parte inferior y que sobresale de la superficie del aparato; esta aguija es la que se pone en contacto con la muestra a la cual se va a determinar su dureza. En la parte media del aparato se encuentra un resorte que sostiene a la aguija y la mantiene siempre en una posición fija. El movimiento de la aguija es en sentido vertical de abajo a arriba y cuando al moverse hace girar a un piñón en el cual se encuentra fijo un alambre recto que va a desembocar directamente sobre la escala del aparato.

La manera de usar este aparato es la siguiente:

Se coloca sobre una superficie plana una muestra de 2 x 5 cms. de superficie y se coloca arriba de ella, el Durómetro, el cual se presiona desde su parte superior hasta que la superficie inferior del mismo sea paralela a la muestra arriba citada. Para lograr que las dos superficies sean paralelas, la aguija sobresaliente del aparato se tiene que sumir hacia el interior de éste y al sumirse ocasiona el movimiento del alambre recto, que da directamente la lectura de la dureza.

Descripción de la práctica.—Se determina previamente la dureza inicial de cada uno de los hules en estudio; a continuación cada una de las muestras (2 x 5 x 0.25 cm³) se ponen en contacto con sus respectivos disolventes, siguiendo las mismas precauciones que en las determinaciones anteriores. El tiempo de contacto de las muestras con los disolventes fué también de 7 días, transcurridos

los cuales se sacaron de sus frascos, se limpiaron con una solución diluida de oleato de sodio y por último, se le determinó a cada una de ellas su dureza final.

Los resultados obtenidos en esta determinación fueron los siguientes:

DETERMINACION DE LA DUREZA.

Hule Natural sin Disolventes	46
Hule Natural y Eter de Petróleo	36
Hule Natural y Alcohol Etilico	45
Hule Natural y Eter Sulfúrico	38
Hule Natural y Acetato de Etilo	37
Hule Natural y Benceno	30
Hule Policloropreno sin Disolventes	71
Hule Policloropreno y Eter de Petróleo	56
Hule Policloropreno y Alcohol Etilico	69
Hule Policloropreno y Eter Sulfúrico	41
Hule Policloropreno y Acetato de Etilo	54
Hule Policloropreno y Benceno	31
Hule al Butilo sin Disolventes	44
Hule al Butilo y Eter de Petróleo	26
Hule al Butilo y Alcohol Etilico	44
Hule al Butilo y Eter Sulfúrico	29
Hule al Butilo y Acetato de Etilo	42
Hule al Butilo y Benceno	27
Hule Perbuna sin Disolventes	61
Hule Perbuna y Eter de Petróleo	60
Hule Perbuna y Alcohol Etilico	61
Hule Perbuna y Eter Sulfúrico	59
Hule Perbuna y Acetato de Etilo	57
Hule Perbuna y Benceno	51

DETERMINACION DE LA ELASTICIDAD.

Objeto.—Tiene como su nombre lo indica, por objeto, determinar el por ciento de la elasticidad de determinadas muestras de hule. Para esto, se usa un aparato análogo al Durómetro, pero difiere de éste en que el resorte suspensor de la aguja es de menor resistencia. La graduación de este aparato es también del 0 al 100 y expresa directamente el por ciento de elasticidad.

Este aparato se llama Elastómetro Shore.

Práctica.—El procedimiento práctico que se siguió para la determinación del porcentaje de elasticidad fué exactamente igual al usado para la determinación de la dureza.

Los resultados fueron los siguientes:

DETERMINACION DE LA ELASTICIDAD.

Hule Natural sin Disolventes	92%
Hule Natural y Eter de Petróleo	89%
Hule Natural y Alcohol Etílico	90%
Hule Natural y Eter Sulfúrico	88%
Hule Natural y Acetato de Etilo	83%
Hule Natural y Benceno	80%
Hule Policloropreno sin Disolventes	83%
Hule Policloropreno y Eter de Petróleo	74%
Hule Policloropreno y Alcohol Etílico	77%
Hule Policloropreno y Eter Sulfúrico	72%
Hule Policloropreno y Acetato de Etilo	73%
Hule Policloropreno y Benceno	69%
Hule al Butilo sin Disolventes	86%
Hule al Butilo y Eter de Petróleo	66%
Hule al Butilo y Alcohol Etílico	84%
Hule al Butilo y Eter Sulfúrico	69%
Hule al Butilo y Acetato de Etilo	79%
Hule al Butilo y Benceno	69%
Hule Perbuna sin Disolventes	90%
Hule Perbuna y Eter de Petróleo	88%
Hule Perbuna y Alcohol Etílico	89%
Hule Perbuna y Eter Sulfúrico	89%
Hule Perbuna y Acetato de Etilo	87%
Hule Perbuna y Benceno	84%

DETERMINACION DEL EXTRACTO DE ACETONA.

Objeto.—Tiene por objeto determinar la cantidad de sustancias solubles en acetona, tales como resinas, azufre libre, plastizantes, etc.

En esta determinación se emplea un aparato soxhlet para la extracción de las sustancias solubles en acetona.

Descripción de la práctica.—Se pesan más o menos 2 grs. de muestra y se colocan en un pequeño cartucho de papel filtro que en la parte inferior lleva algodón absorbente. El cartucho con la mues-

tra se coloca en la parte interior del extractor. El matraz colocado en la parte inferior del soxhlet se llena hasta la mitad con acetona químicamente pura. Se conecta el refrigerante y a todas las juntas del aparato se les pone nitrato celulosa disuelto en éter con el objeto de impedir la evaporación. Una vez montado el aparato con su muestra y líquido extractor, se calienta con un foco de 125 W. de tal manera que en el pico del refrigerante se condense una gota de disolvente por segundo. En esta forma se deja funcionar el aparato durante 8 Hs. a través de las cuales, se desconecta el aparato y se evapora a baño maría toda la acetona que contiene el matraz (este matraz fué previamente pesado). Una vez que se ha evaporado toda la acetona se seca el matraz y su contenido en una estufa de aire caliente a 70°C durante una hora.

El matraz y el residuo se dejan enfriar en un desecador con cloruro de calcio y una vez frío se pesa.

El residuo recibe el nombre de Extracto de Acetona y su valor se obtiene de restar del peso del matraz con el residuo, el peso del matraz.

NOTA: Los resultados se expresan en la Tabla de la página 47.

Como se puede observar en el cuadro anterior, el por ciento de extracto de acetona determinado después de la actuación de los disolventes sobre los hules en todos los casos ha sufrido una ligera baja. Esto se debe, a que parte de los componentes que llevan consigo los hules son solubles en los disolventes en que han estado en contacto.

DETERMINACION DE AZUFRE LIBRE.

Objeto.—Tiene por objeto cuantear la cantidad de azufre que no ha intervenido en la reacción de la vulcanización. Por otro lado, cuantear también el azufre, que habiendo intervenido, en la reacción de la vulcanización, volvió a quedar en estado de libertad, por la acción de los disolventes.

Descripción de la Práctica.—Al matraz que contiene el extracto de acetona, se le agregan 60 cc. de agua destilada y 3 cc. de bromo Q.P. y se cubre con un vidrio de reloj. Se deja en completo reposo durante 30 minutos y después se pone a baño maría durante una hora, o el tiempo que sea necesario para decolorar la solu-

DETERMINACION DEL EXTRACTO DE ACETONA.

Hule	Peso Cartucho más Muestra (g)	Peso Cartucho (g)	Peso Muestra (g)	Peso Matraz más extracto	Peso Matraz (g)	Peso Extracto (g)	% Extracto
HN-sd	5.0120	2.1232	2.8888	76.1674	76.3078	0.1404	4.86 %
HN-1	2.2820	1.5354	0.7466	67.9483	67.9168	0.0315	4.22 %
HN-2	3.0962	1.6254	1.4708	63.8361	63.7660	0.0701	4.76 %
HN-3	2.6322	1.6436	0.9886	66.8108	66.7634	0.0474	4.79 %
HN-4	2.0380	1.6020	0.4360	73.9518	73.9320	0.0196	4.49 %
HN-5	2.2529	1.5700	0.6829	61.9043	61.8720	0.0323	4.72 %
HPol-sd	6.1750	2.4388	3.7362	70.4242	70.2583	0.1659	4.44 %
HPol-1	2.3887	1.6056	0.7831	70.2928	70.2592	0.0336	4.29 %
HPol-2	2.2506	1.6252	0.6334	60.4133	60.3852	0.0281	4.43 %
HPol-3	2.7138	1.5568	1.1570	72.1044	72.0542	0.0502	4.33 %
HPol-4	2.0024	1.6126	0.3898	62.6883	62.6712	0.0171	4.38 %
HPol-5	2.4996	1.5806	0.9190	62.9598	62.9204	0.0394	4.28 %
HB-sd	5.2376	2.2218	3.2158	64.4686	64.3404	0.1282	4.25 %
HB-1	2.1558	1.6120	0.5438	64.4221	64.3999	0.0222	4.08 %
HB-2	2.6200	1.5824	1.0376	65.9545	65.9116	0.0429	4.13 %
HB-3	2.4302	1.5410	0.8892	67.9434	67.9076	0.0358	4.02 %
HB-4	2.3626	1.7192	0.6434	65.8467	65.8197	0.0270	4.19 %
HB-5	2.3481	1.5892	0.7589	67.0495	67.0196	0.0299	3.93 %
HPer-sd	6.5597	2.3052	4.2545	75.0513	74.8228	0.2285	5.37 %
HPer-1	2.2945	1.5187	0.9758	74.8807	74.8290	0.0517	5.29 %
HPer-2	2.4892	1.7010	0.7882	72.1328	72.0907	0.0421	5.34 %
HPer-3	2.9350	1.6645	1.2705	67.7887	67.7217	0.0670	5.27 %
HPer-4	2.1123	1.5325	0.5798	66.5091	66.4783	0.0308	5.31 %
HPer-5	2.4208	1.5436	0.8772	70.8787	70.8329	0.0458	5.22 %

ción. Se filtra y el filtrado se diluye con 250 cc. de agua destilada; a esta solución se le agrega cloruro de bario (10 cc. al 10%) y se deja reposar durante toda una noche; al día siguiente, se filtra el precipitado en papel cuantitativo especial para sulfato de bario.

El papel filtro junto con el precipitado, se introducen en un crisol tarado; se calienta en un mechero hasta que se quema el papel filtro y de aquí, se introducen a una mufla a una temperatura de 400°C durante 45 minutos. El crisol se coloca en un desecador con cloruro de calcio hasta que adquiera la temperatura ambiente y una vez logrado esto, se pesa junto con las cenizas del papel y el sulfato de bario obtenido.

El azufre libre, se calcula según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Azufre libre} = \frac{\text{Peso BaSO}_4 \times 0.1373 \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

DETERMINACION DE AZUFRE LIBRE.

Hule	Peso Muestra	Peso Crisol mgs Ba SO ₄	Peso Crisol	Peso Ba SO ₄	% S Libre
HN-sd	2.8888	16.0849	16.0296	0.0553	0.262%
HN-1	0.7466	15.0497	15.0235	0.0262	0.481%
HN-2	1.4708	15.8199	15.7896	0.0303	0.282%
HN-3	0.9886	16.1640	16.1318	0.0322	0.447%
HN-4	0.4360	15.1735	15.1444	0.0291	0.916%
HN-5	0.6829	15.5443	15.5182	0.0261	0.524%
HPol-sd	—	—	—	—	—
HPol-1	—	—	—	—	—
HPol-2	—	—	—	—	—
HPol-3	—	—	—	—	—
HPol-4	—	—	—	—	—
HPol-5	—	—	—	—	—
HB-sd	3.0158	17.6838	17.6136	0.0702	0.319%
HB-1	0.5438	16.2508	16.2177	0.0331	0.835%
HB-2	1.0376	15.8326	15.8052	0.0274	0.362%
HB-3	0.8892	18.5340	18.5063	0.0277	0.427%
HB-4	0.6434	15.7241	15.7073	0.0168	0.358%
HB-5	0.7589	16.2301	16.2020	0.0281	0.508%
HPer-sd	4.2545	17.5746	15.5094	0.0652	0.210%
HPer-1	0.9758	16.2009	16.1806	0.0203	0.285%
HPer-2	0.7882	15.7821	15.7670	0.0151	0.263%
HPer-3	1.2705	14.7647	14.7428	0.0219	0.236%
HPer-4	0.5798	14.8193	14.8084	0.0109	0.258%
HPer-5	0.8772	15.0242	15.0030	0.0212	0.331%

NOTA.—En el hule Policloropreno se determinaron ni el azufre libre ni el azufre total, en vista de que el azufre no interviene en su formulación.

DETERMINACION DE AZUFRE TOTAL.

Objeto.—Tiene por objeto el determinar la cantidad de azufre tanto libre como combinado que existe en una muestra determinada de hule.

Descripción de la Práctica.—Se coloca en un crisol de 75 cc. de capacidad una cantidad no mayor de un gramo de la muestra que se va a analizar; después se agregan 15 cc. de ácido nítrico saturado con bromo; se cubre el crisol con un vidrio de reloj y se deja en reposo durante una hora; después de esto se calienta a baño maría una hora más y se diluye con 2 cc. de agua destilada y por último se evapora a sequedad. A este residuo seco se le agrega 3 cc. de ácido nítrico y se calienta a baño maría.

Por medio de una espátula se agregan 5 grs. de carbonato de sodio y a continuación 3 cc. de agua caliente. Esta mezcla se evapora a sequedad en baño maría.

El crisol con la mezcla una vez seca se funde en un mechero hasta que se obtiene una masa uniformemente blanca. Para esto, es necesario calentar el crisol hasta el rojo vivo.

Después de la fusión, se deja enfriar el crisol y se coloca en un vaso de precipitados de 400 cc. que contiene 125 cc. de agua y se calienta a ebullición durante 2 horas. Después de esta ebullición, se filtra y a la solución filtrada se le agregan 5 cc. de ácido clorhídrico. Si esta cantidad de ácido clorhídrico no fué necesaria para neutralizar el carbonato, se agrega un poco más hasta acidular la solución. Se hierve por espacio de 15 minutos para eliminar el CO_2 , y se agregan por último 10 cc. de solución al 10% de cloruro de bario para precipitar el azufre que se encuentra en forma de sulfatos.

La cantidad de azufre total se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Azufre total} = \frac{\text{Peso BaSO}_4 \times 0.1373 \times 100}{\text{Peso de la muestra}}$$

Los resultados así obtenidos fueron:

DETERMINACION DE AZUFRE TOTAL.

Hule	Peso Crisol más Muestra	Peso Crisol	Peso Muestra	Peso Crisol más $B_2 SO_4$	Peso Crisol	Peso $B_2 SO_4$	% TOTAL
HN-sd	24.9538	24.4538	0.5000	14.1568	14.1139	0.0429	1.178%
HN-1	16.2034	15.9528	0.2506	15.0451	15.0238	0.0213	1.167%
HN-2	16.1332	15.9048	0.2284	15.8240	15.8046	0.0194	1.166%
HN-3	14.9360	14.6269	0.3091	16.1577	16.1314	0.0263	1.168%
HN-4	16.9229	16.6712	0.2517	15.1662	15.1446	0.0216	1.178%
HN-5	16.2792	16.0300	0.2492	15.5393	15.5182	0.0211	1.162%
HPol-sd	—	—	—	—	—	—	—
HPol-1	—	—	—	—	—	—	—
HPol-2	—	—	—	—	—	—	—
HPol-3	—	—	—	—	—	—	—
HPol-4	—	—	—	—	—	—	—
HPol-5	—	—	—	—	—	—	—
HB-sd	25.3614	24.8614	0.5000	15.2353	15.1927	0.0426	1.169%
HB-1	15.4526	15.2000	0.2526	16.2364	16.2150	0.0214	1.164%
HB-2	15.5142	15.2620	0.2522	15.8129	15.7912	0.0217	1.181%
HB-3	17.0118	16.7621	0.2497	18.5280	18.5068	0.0212	1.165%
HB-4	16.9232	16.7058	0.2174	15.7257	15.7072	0.0185	1.168%
HB-5	17.9700	17.7191	0.2509	16.2239	16.2023	0.0216	1.182%
HPer-sd	25.3600	24.8600	0.5000	16.9741	16.9312	0.0429	1.178%
HPer-1	14.4026	14.1329	0.2697	16.2035	16.1806	0.0229	1.165%
HPer-2	14.9064	14.6894	0.2170	15.7869	15.7685	0.0184	1.164%
HPer-3	17.7618	17.5104	0.2514	14.7151	14.6935	0.0216	1.179%
HPer-4	15.8322	15.5824	0.2498	14.8288	14.8075	0.0213	1.170%
HPer-5	17.2276	16.9858	0.2518	15.0247	15.0082	0.0215	1.173%

V.—DISCUSION Y CONCLUSIONES.

La interpretación de los resultados obtenidos de la parte experimental de este trabajo, fueron los siguientes:

1.—**Determinación de la resistencia al raspado.**—De los 4 hules en estudio, el que sufre menos pérdida en espesor y peso por la acción del raspado, antes y después de estar en contacto con los disolventes, es el hule Perbuna.

2.—**Determinación del incremento de volumen.**—El hule Perbuna es el que sufre menos incremento de volumen cuando se le somete a la acción de los disolventes.

3.—**Determinación de la dureza.**—El hule que sufre menos modificación en su dureza después de estar en contacto con los disolventes es el Perbuna.

4.—**Determinación de la elasticidad.**—También es el hule Perbuna el que se modifica menos en su elasticidad, después de estar en contacto con disolventes.

5.—**Determinación del extracto de acetona.**—El hule Perbuna después de estar en contacto con disolventes casi no sufre alteración en su contenido de substancias extractables por acetona.

6.—**Determinación del azufre libre.**—Todos los hules después de estar en contacto con los disolventes, experimentan un aumento en su contenido, de azufre libre, pues la ligadura del azufre con el hidrocarburo se rompe parcialmente, dejando azufre en libertad.

El hule que sufrió menos aumento en su contenido de azufre libre fué también el Perbuna.

7.—**Determinación de azufres totales.**—Todos los hules en estudio tuvieron más o menos la misma cantidad de azufre total antes y después de la acción de los 5 disolventes, por lo tanto, éstos no disuelven el azufre sino que, como dije anteriormente, únicamente rompen la ligadura del hidrocarburo con el azufre.

De acuerdo con estos resultados, **EL HULE MAS RESISTENTE A LA ACCION DE LOS DISOLVENTES ORGANICOS, ES EL HULE PERBUNA O LOS QUE SE ENCUENTRAN CLASIFICADOS EN EL MISMO GRUPO DE ESTE.**

VI.—BIBLIOGRAFIA.

- A. S. T. M. Standards on Rubber Products.
Prepared by Committee D-11 on Rubber Products.
American Society Testing Materias. Philadelphia.
1935.
- The Chemistry of the Rubber Industry.
Harold E. Potts. Constable and Co. London.
1920.
- Modern Synthetic Rubbers.
Harry Barron. J. Van Nostrand Co. Inc.
1937.
- The Vanderbilt Rubber Handbook.
R. T. Vanderbilt Co. J. M. Bull.
1932.
- The Chemistry of India Rubber.
C. O. Weber. Charles Griffin and Co. London.
1912.
- Crude Rubber and compounding ingredients.
H. C. Pearson. India Rubber Publishing Co. London.
1920.
- Technology of Rubber.
Joseph L. Rosenbaum. Mac Laren and Sons. London.
1927.
- The Chemistry of Rubber Manufacture.
Lothar E. Weber. Charles Griffin and Co. London.
1936.
- Organic Chemistry.
Louis F. Fieser & Mary Fieser. D. C. Heath and Co.
Boston.
1944.
- Tratado de Química Orgánica.
Marcelino García Junco. Talleres Gráficos de la Na-
ción. México, D. F.
1929.

Diccionario de Química.
Etephen Mial. Editorial Atlante, S. A. México, D. F.
1943.

Tratado de Farmacia Práctica.
Hager. Editorial Labor.
1942.

Alcohol.—Its Production properties chemistry & Industrial
applications.
Charles Simmons. Mac Millan and Co. Inc. London.
1919.

Enciclopedia de Química Industrial.
F. Ullmann. Gustavo Gili.
1931.