

## EFFECTO EN EL DESEMPEÑO DE UNA MEZCLA DE HULE Y PLÁSTICO DEBIDO A LA SUSTITUCIÓN DE HULE VIRGEN POR HULE REGENERADO.

J. J. Langarica<sup>1</sup>, L. C. López<sup>2</sup> y M. E. Hernández<sup>3\*</sup>

*1 Convertidora de Hules, S. A., Jalisco, México; 2 Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara; luzcecilial@yahoo.com; 3\*Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara; mhernand@cucei.udg.mx*

**Abstract-** Este trabajo tiene por objetivo investigar como cambian las propiedades de mezclas de hule y plástico, encontradas típicamente en la industria del calzado, cuando se sustituye hule virgen por hule regenerado a partir de material de desecho en planta. Debido a la tendencia ecológicamente responsable de reducir, reutilizar y reciclar, se pretende aprovechar el valor agregado de este residuo. Se prepararon dos tipos de mezclas de hule natural con poliestireno, donde el carácter del hule natural cambió de virgen a regenerado. El material regenerado se obtuvo a partir de productos de látex natural que no cumplieron con las especificaciones de control de calidad en cuanto a dimensiones y homogeneidad. El proceso de regeneración fue motivo de un estudio previo. Se utilizó una mezcla comercial de hule y plástico como testigo. Las mezclas se hicieron por cizalladura en un mezclador Haake de husillos helicoidales. Se manejaron temperaturas de proceso dentro de los rangos de operación segura para evitar una posterior degradación del hule regenerado. Las mezclas fueron vulcanizadas directamente en un reómetro, con el fin de determinar posteriormente las propiedades mecánicas de interés para la industria del calzado. Se presentan resultados de vulcanización por medio de los reogramas correspondientes, además de resultados de pruebas de impacto y de pruebas de tracción para las mezclas preparadas. Se incluye la comparación de resultados de las mezclas ad hoc contra los resultados de la mezcla testigo. Se discute la conveniencia de incorporar el hule regenerado en una mezcla de hule virgen y plástico para ser utilizada en la fabricación de suelas de hule.

### Introducción

En el pasado uno de los problemas más difíciles del reciclado era el regenerado, o reciclado de hule natural. A diferencia de los metales y el vidrio, que pueden reciclarse mediante fundición, en el hule vulcanizado es necesario romper los enlaces intermoleculares de azufre (devulcanización). En los sistemas de regeneración de hule también se rompen algunos enlaces intramoleculares, pero el grado de instauración del regenerado es similar al residuo original vulcanizado.

El hule regenerado se puede mezclar con hule virgen en aplicaciones tales como el rehulado de neumáticos o bien su uso como componentes elastoméricos para alfombras. Debido a la economía del hule regenerado y al ahorro de producción de hule sintético, el volumen de hule regenerado ha sido

aumentado considerablemente en las últimas décadas lo cual a despertado una inquietud por desarrollar especificaciones uniformes para sustituir una gran parte de su polímero principal por regenerado, con un ahorro significativo de costos. Existen diferentes formas de reciclar al hule, como el método comercial de regenerado para la producción de hule en forma de migajas ultrafinas, la cual permite producir neumáticos y artículos moldeados sin irregularidades superficiales. (Seymour, 1990)

Es una práctica, hasta ahora poco común, que las plantas procesadoras reciclan su material de desperdicio ya que no todos los desperdicios de hule son fácilmente reciclables. Sin embargo, el incremento de los costos de material, de los costos de energías, sumando a las regulaciones gubernamentales y a la preocupación cada día más creciente de los posibles daños al medio ambiente están

combinando esta situación. Por lo que a medida que nuevas tecnologías de procesado y separación de hules aparezcan, el recobrar el valor útil de los hules ya sea por medio de reprocesado o recuperación de energía será cada vez más variable económicamente.

El desarrollo de tecnologías más eficientes para la recuperación del valor de el hule de desecho no sucederá de un día para otro, ni será fácil. Para ello se requiere la cooperación entre industria, gobierno, centros educativos y la ciudadanía, mediante el apoyo a la investigación, a la educación ambiental y a la implementación de leyes adecuadas.

En la actualidad la industria de la fabricación de productos de hule, pretende disminuir sus costos con el objetivo de alcanzar una mejor competencia y ampliar su nicho de mercado. Una manera de competir es reducir costos de producción utilizando material reciclado para sustituir parcial o totalmente materias primas. El material reciclado presume ser una respuesta viable ya que su costo es bajo y su obtención es muy simple, es un desperdicio limpio, pues no sería recolectado de los basureros, sino directamente de material rechazado de las líneas de producción (material que no cumple con las especificaciones del cliente); a fin de introducirlo a formulaciones comerciales de la industria. Puesto que esta materia prima es diferente, es necesario reajustar el proceso para obtener luego un producto final con la calidad deseada.

En este estudio se pretende formular mezclas de hules reforzados, con el fin de incrementar las propiedades mecánicas de los hules de desechos industriales, ampliando su campo de acción; así como la posibilidad de incorporar al proceso productivo como materia prima; evitando que estos desechos vayan a parar a los tiraderos o son quemados incorrectamente y posteriormente contaminan la atmósfera, puedan ser reutilizados.

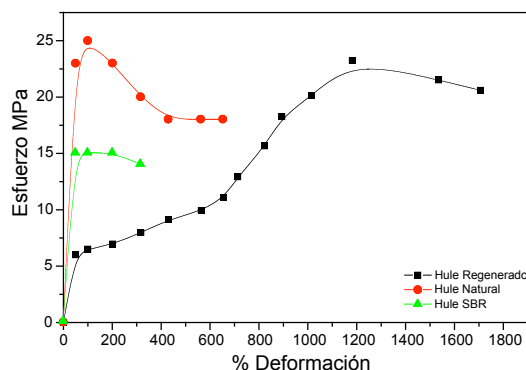
## Metodologia

En este estudio se utilizó como agente reforzante poliestireno (PS) HS-777 marca RESIRENNE en forma de granza. El hule regenerado utilizado se obtuvo de un lote procesado en la compañía denominada CHUSA, el cual es el producto de la “regeneración” de desperdicios de productos fabricados con látex de hule natural. Las composiciones de las mezclas estudiadas son las siguientes: 1, 2, 5, 10, 20 y 30 % en peso agente reforzante (poliestireno virgen). Las mezclas se realizaron en un mezclador interno Haake modelo Rheometrix 600. Las mezclas obtenidas del Haake se homogeneizaron en un molino de rodillos marca Shwabenthann polimix 80T. Las placas para obtener las probetas mecánicas se formaron en una prensa marcha Shwabenthann polystat 200T. Las pruebas mecánicas de tracción se realizaron en la máquina de pruebas universales marca UNITED SFM-10. Para las pruebas de impacto se utilizó el equipo (CSI) Custom Scientific Instruments. Inc. Las mediciones reométricas se realizaron en un Reómetro Monsanto modelo 2000 E.

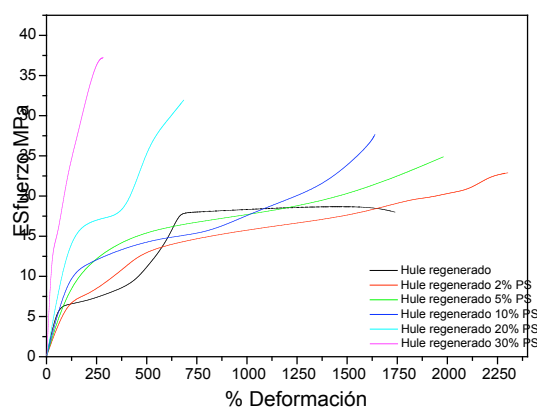
## Resultados y discusiones

Los hules antes de ser reforzados fueron ensayados en cuanto a pruebas de tracción donde el hule natural presento mayor módulo de Young, y el hule regenerado mayor deformación, lo anterior se puede observar en la figura 1. Los hules regenerados al incorporarles el agente reforzante presentaron un cambio notable en cuanto a sus propiedades mecánicas ya que conforme se incrementa la cantidad de agente reforzante aumenta el valor del modulo de Young y decrece notablemente el % de deformación (ver figura 2). En la tabla 1 se muestra un condensado de los ensayos al impacto realizados a las formulaciones hule regenerado+PS en sus distintas composiciones; donde se encontro que en las mezclas que contienen 10% de PS muestran valores de energia de rotura máximo comparado con formulaciones que contienen

20 y 30% de PS, lo anterior pudiera deberse a la mejor incorporación de la mezcla.



**Figura 1.** Gráfica de ensayos a la tracción de distintos tipos de hules sin vulcanizar.



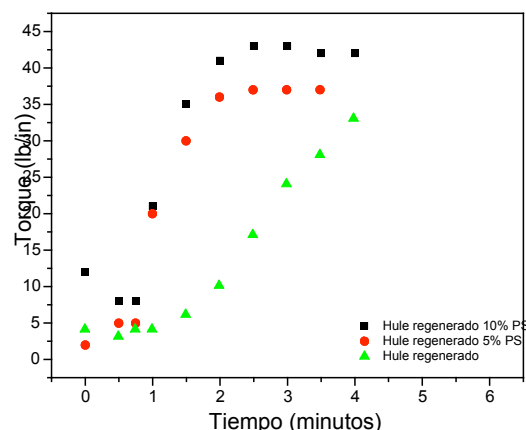
**Figura 2.** Gráfica comparativa de las pruebas de tracción realizadas a hules regenerados reforzados a distintas concentraciones.

**Tabla 1.** Resultados de las pruebas de resistencia al impacto realizadas a las mezcla de estudio. HR hule regenerado.

Composición		Energía de Rotura J/cm
99% HR	1% PS	6.22
98% HR	2% PS	6.61
95% HR	5% PS	19.186
90% HR	10% PS	43.79
80% HR	20% PS	25.319
70% HR	30% PS	36.45

Las mezclas preparadas fueron formuladas para ser realizar sus ensayos en el reometro, donde se observo que las mezclas con 10% PS muestran una cinética de vulcanización más rápida comparada con el hule regenerado sin reforzante el que presenta

una cinética lenta y con muy bajo modulo, lo anterior se observa en la figura 3.



**Figura 3.** Gráfica de las cinéticas de vulcanización realizadas a las mezclas con distintas concentraciones de agente reforzante.

## Conclusiones

Los hules regenerados al ser reforzados con la adición de poliestireno presentan un cambio notable en sus propiedades mecánicas. Los ensayos de vulcanización mostraron que para altas concentraciones de agente reforzante se ve incrementado el torque, lo que puede deberse a un mejor mezclado observandose que la vulcanización del hule regenerado es muy lenta.

El hule regenerado presenta incrementos notables en las pruebas de impacto, además de importantes valores en el módulo, esfuerzo a la rotura y tenacidad obteniendo en general los mejores cambios con mayor cantidad de material reforzante. Globalmente resultó el tipo de hule más beneficiado, mostrándose la factibilidad de seguir esta metodología para darle al hule regenerado un valor agregado para su aplicación.

## Bibliografía

1. Seymour, Raymond B. and Carraher, Charles E.; New York, 1990.
2. R. Asaletha, G. Groeninckx, M.G. Kumaran, Sabu, Journal of A. Polymer Science, Vol. 69, 2673-2690 (1998).

3. Z. Bartczak, A.S. Argon, R.E. Cohen, M. Weinberg. Polymer 40 2331-2346 (1999).
4. S.C. Tjong, Y.Z. Meng. European Polymer Journal 36 123-129 (2000).