

APLICACIÓN DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LA FABRICACIÓN DE CAUCHOS QUE SIRVEN DE APOYO PARA PUENTES COLGANTES EN GUAYAQUIL

Barba, A.; Buestán, M.

Maestría en Gestión de la Calidad

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

angelica.barba@bicworld.com , mbuestan@espol.edu.ec

RESUMEN

El presente artículo describe, la aplicación de herramientas de ingeniería de la calidad en la identificación de los factores influyentes en la fabricación de cauchos como apoyo para puentes en la ciudad de Guayaquil.

Este trabajo surge debido a la necesidad de los dueños de la empresa de identificar cuales son las causas reales del desgaste del caucho en los últimos años, para así mejorar su trabajo. Inicialmente se consideran todos los posibles factores, para ir descartando aquellos que no inciden en el desgaste, para al final identificar cuales son los factores claves causantes del desgaste, así mismo se dan recomendaciones generales del manejo del material y la seguridad que el empleado debe tener al momento de hacer su trabajo.

ABSTRACT

The present article describes, the application of engineering quality tool in the identification of factors influents in the manufacturing of rubbers like base of bridges in the Guayaquil city.

This work arises should to needed of own to identify what are the main factors that cause the desgast of rubber in the last years. So improve their job

In the beginning were considered all factors, and to discard that factors that no cause desgast, and the end identify the main factors, They need recommendations about security and Material handling to improve the process.

Palabras Claves: Diseño de experimentos, Efectos, Desgaste.

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo esta basado en la elaboración de cauchos para apoyo de pilares de puentes en Guayaquil, actualmente trabajan de manera artesanal desconociendo cuales son los factores que afectan la vida útil del caucho.

Con este trabajo se busca identificar los factores o factor que están afectando a la

resistencia de los cauchos de los soportes en los pilares de los puentes, para mejorar el proceso, y evitar inconvenientes futuros con los clientes actuales

2. PROCESO DE ELABORACION

El proceso de elaboración de cauchos se basa en el proceso de vulcanizado, como se muestra en la siguiente figura 1.

Proceso elaboración caucho para soporte de pilares de puentes



Figura 1 Proceso elaboración Caucho

El caucho natural pertenece a la clase de sustancias conocidas como altos polímeros, para que sea utilizable en la práctica, el caucho virgen o crudo tiene que experimentar una reacción química conocida como vulcanización, un proceso descubierto por Charles Goodyear en 1839, este encontró que cuando el caucho virgen se masticaba, se mezclaba con azufre y después se calentaba, la masa pastosa se convertía en un material elástico, que se conservaba estable en un intervalo de temperaturas mucho más amplio y que era resistente a la fluencia bajo carga. Al caucho vulcanizado se le llama generalmente goma.

Actualmente se emplea muchos productos químicos distintos para fabricar una goma, unos son necesarios para el proceso de vulcanización, mientras que otros ayudan o aceleran dicho proceso, otros ingredientes protegen endurecen, ablandan,

abaratan o colorean la goma, y para facilitar el mezclado de estos productos con el caucho se añade a veces un aceite plastificante.

El proceso de vulcanización se realiza generalmente bajo presión en moldes metálicos a una temperatura de unos 140°C, y puede durar desde solo unos minutos hasta varias horas, dependiendo del tipo de sistema vulcanizante empleado.

Durante la vulcanización, las largas cadenas moleculares del caucho se unen químicamente a las cadenas de caucho adyacentes mediante cadenas, El tipo de puente intermolecular producido depende de las condiciones de vulcanización: tiempo y temperatura, así como de la cantidad y tipo de ingredientes vulcanizantes de la mezcla, lo que a su vez influye en las propiedades de vulcanizado.

El caucho vulcanizado es un retículo tridimensional sólido. Cuantos más puentes intermoleculares haya en el retículo mayor será la resistencia a la deformación cuando se aplica una fuerza, ciertas carga, especialmente los negros de humo reforzantes, crean una estructura en el seno de la goma que proporciona una mayor resistencia a la deformación

El módulo de compresión de la goma es mucho mayor que el módulo de Young, el módulo de compresión significa que la goma apenas cambia de volumen incluso bajo cargas muy elevadas, por lo que para la mayoría de los tipos de deformación tiene que haber espacio en el cual pueda deformarse la goma.

La carga de rotura a tracción de la goma es de 1-2 ton/pulg², aproximadamente se calcula sobre la sección original. Si se calcula sobre la sección real en el momento de la rotura esta carga puede llegar a ser de hasta 15 ton/pulg² que es solo alrededor de una quinta parte del valor correspondiente del acero. Para aprovechar la rotura de la

goma a compresión se requiere una carga muy superior a 10 ton/pulg².

Las medidas de dureza se emplean con mucha frecuencia para caracterizar los cauchos vulcanizados, en la goma la dureza es esencialmente una medida de la deformación elástica, reversible, producida por una punta penetradora de forma especial bajo una carga específica y por tanto esta relacionada con el módulo de Young de la goma, a diferencia de la dureza de los metales que es una medida de una huella plástica, irreversible.

Desde -20°C hasta más de 70°C la rigidez de una pieza de goma es directamente proporcional a la temperatura absoluta. A este respecto la goma no es diferente de un gas, pero el efecto es el opuesto al observado en los metales., en los que la variación de rigidez con el aumento de temperatura es pequeña pero en sentido opuesto.

Por debajo de -20°C la rigidez aumenta gradualmente al ascender la temperatura, siendo a unos -40°C el doble que a +20°C. Un nuevo enfriamiento origina un aumento rápido de la rigidez y de la dureza hasta que a -60°C, aproximadamente, el caucho natural se vuelve vítreo y quebradizo, la variación de rigidez con la temperatura, es reversible, de forma que el vulcanizado vuelve a ser elástico al calentarse.

Cuando se mantiene a temperaturas bajas, algunos cauchos pueden cristalizar y esto da por resultado un progresivo aumento de la rigidez con pérdida de elasticidad. El caucho natural necesita muchos días para cristalizar a -251C y tiempos proporcionalmente más largos a otras temperaturas superiores o inferiores.

El caucho es propenso a la degradación por el oxígeno, en especial a temperaturas elevadas; a temperaturas de servicio

próximas a las usadas en la vulcanización puede producirse una vulcanización adicional con el resultado de un aumento de dureza y una disminución de resistencia mecánica. Las gomas con una composición normal pueden usarse a las temperaturas ambientes máximas (60°C) que es poco probable que se sobrepasen en la práctica, pero con una formulación especial del caucho natural puede emplearse durante muchos meses a temperaturas de hasta 100°C o incluso mayores si la exposición es intermitente.

Generalmente los amortiguadores van situados en posiciones donde están protegidos de la luz solar directa, pero se logra una protección adicional y eficaz por el negro de humo que se incorpora en la mayor parte de las piezas para usos técnicos y que inactiva la luz ultravioleta, las gomas de color claro expuestas a luz solar son susceptibles de sufrir una oxidación iniciada por la radiación ultravioleta, y sus superficies se degradan rápidamente durante una piel resinosa agrietada.

Los productos que originan un hinchamiento pueden inutilizar la goma antes de que tenga lugar un verdadero ataque químico por el líquido en mención. El caucho natural es resistente a la mayor parte de los ácidos, sales u álcalis inorgánicos.

3. Aplicación del caucho en Apoyos de puentes

Los principales requisitos de un apoyo para puentes son:

- Una elevada rigidez vertical que impida que se produzcan cambios apreciables de la altura de la cubierta del puente bajo cargas variables
- Una rigidez horizontal relativamente pequeña para impedir la

transmisión de cargas excesivas a los pilares de soporte, originadas por las expansiones y contracciones térmicas de la cubierta.

La sección del apoyo dependerá de la presión permitida sobre el soporte, conociendo esta área puede calcularse fácilmente el espesor de goma necesario para limitar la rigidez horizontal. La rigidez vertical requerida se obtiene entonces por la inserción de un número suficiente de planchas espaciadoras metálicas. Este es el fundamento de apoyo de la goma para puentes.

4. DIAGNOSTICO DEL PROCESO

Actualmente en el Taller ABC, quienes se dedican a la elaboración de cauchos para pilares de puentes, tienen problemas con la tracción de los cauchos, ellos están preocupados debido a que el esfuerzo de tensión está fuera de los estándares permitidos ocasionando un deterioro en el producto, desconocen que es lo que ocasiona el problema, presumen que es la materia prima, razón por la cual se pretende hacer un diseño de experimentos con los factores principales para identificar las causas reales de este problema.

5. DESCRIPCION DE FACTORES INVOLUCRADOS Y VARIABLE RESPUESTA

A continuación se describen los factores involucrados en el proceso a estudiarse conjuntamente con la variable respuesta:

Variable respuesta: Resistencia de caucho.

Simbología	Factores	Bajo nivel C	Alto nivel C
A	Temperatura	135	140
B	Tiempo	25	30
C	Proveedor	Nacional	Colombiano

D	Enfriamiento	Ambiente	Agua
E	Area	72	144
F	Maquinaria	Maq. 1	Maq. 2
G	T. Embutición	30	60

Figura 2 Tabla de factores con sus niveles

6. JUSTIFICACION DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS ESCOGIDO

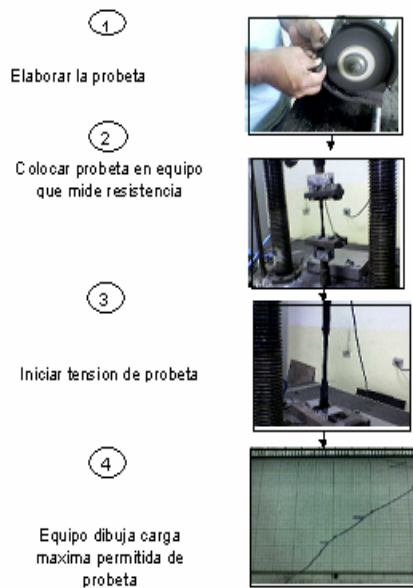


Figura 3 Probetas diseñadas para pruebas

El experimento será un 2^{7-4} , se realizará 8 experimentos inicialmente, el proceso de experimentación será llevado a cabo de la siguiente manera:

Realización del experimento

Proceso de realización del experimento



Nota: Este procedimiento se siguió con las 8 probetas, hasta que se rompieran, algunas no lograron romperse.

Figura 4 Realización de experimento

Este primer experimento tiene como objetivo identificar los factores que pudieran influir en el proceso, de acuerdo a lo planeado los resultados del experimento realizado se muestran a continuación:

Experimento	Temperatura		Tiempo		Entorno		Materia Prima		Año	Algodón	Tiempo embudo		Resultados de Pruebas al muestreo
	°C	140	26 min.	30 min.	Ambiente	Agua	Nacional	Colombiana			Pequeña	Grande	
1	135	140	25	30	Ambiente	Agua	Nacional	Colombiana	Grande	2	30	60	149,2708
2	140	140	25	30	Ambiente	Agua	Colombiana	Colombiana	Pequeña	2	60	60	44,8144
3	135	140	30	30	Ambiente	Agua	Colombiana	Colombiana	Grande	1	60	60	103,2851
4	135	140	30	30	Ambiente	Agua	Nacional	Colombiana	Pequeña	1	30	60	118,2295
5	140	140	25	30	Agua	Agua	Nacional	Colombiana	Pequeña	1	60	60	88,6736
6	135	140	25	30	Agua	Agua	Colombiana	Colombiana	Grande	1	30	60	171,4626
7	140	140	30	30	Agua	Agua	Colombiana	Colombiana	Pequeña	2	30	60	131,1214
8	135	140	30	30	Agua	Agua	Nacional	Colombiana	Grande	2	60	60	153,8295

Figura 5 Niveles a trabajar en cada experimento

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Estimación de los efectos

Estimated Effects and Coefficients for C13 (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		79,75
A	7,5	3,75
B	4,5	2,25
C	-8	-4
D	18,5	9,25
E	14	7
F	33	16,5
G	1	0,500

Figura 6. Estimación de los efectos

Esto se lo puede ver gráficamente en el siguiente diagrama Pareto:

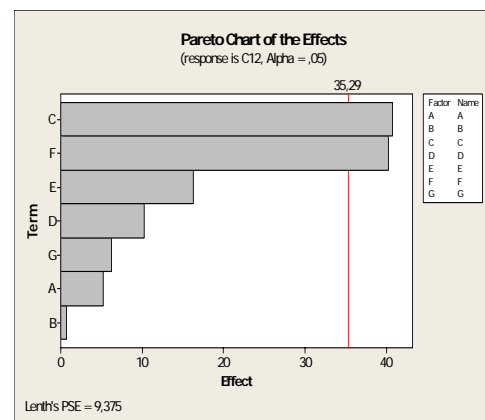


Figura 7 Pareto de los efectos

Es evidente que la producción depende del tipo de materia prima que se usa, actualmente la planta no recibe un informe del tipo de caucho que están recibiendo, en algunas ocasiones han devuelto el caucho a los proveedores especialmente el de origen colombiano.

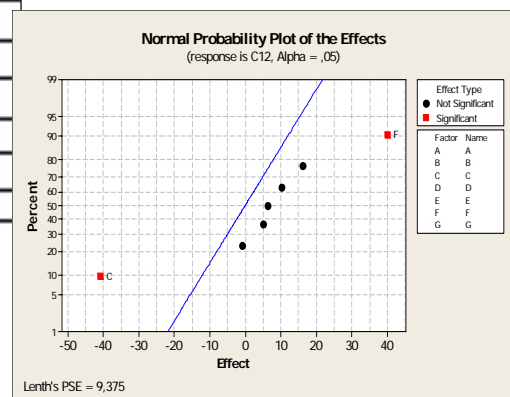


Figura 8 Distribución Normal de efectos

Podemos notar que los factores mas significantes son C, y F que está confundido AG,BC,DE, es decir, el tipo materia prima (colombiana o nacional), y la maquina que se use (1 o 2).

De ello se puede decir que:

Factor C: Con Proveedor Nacional.

Factor F: Con Maquina 2, según los resultados es la mejor en comparación con la 1.

Sería interesante hacer una análisis con superficie de respuesta, para identificar cual sería la temperatura, y tiempo optimo, o cercanos al optimo, pero por inconvenientes en el taller no se pudieron hacer esos experimentos. Con el taller se quedó en el futuro hacer estas pruebas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo que realizan los operadores es el correcto, pero de ellos no dependen el estado en el que reciben la materia prima, especialmente la de origen colombiano, en las pruebas que se realizaron el caucho colombiano se rompía a diferencia del nacional.

No pueden seguir recibiendo materia prima sin las especificaciones del producto, para evitar inconvenientes.

El sensor de temperatura de la maquina 1 debe ser revisado, para evitar usar temperaturas incorrectas mientras se procesa.

Los operadores tienen problemas con la maquina 1, la temperatura que se muestra en el sensor de temperatura de la misma, no es el correcto, según datos tomados en la termocupla. Se produce mejor en la maquina 2, a baja temperatura, enfriado al ambiente, con materia prima nacional, con una embutición lenta, y como se dijo anteriormente en la maquina 2.

En cuanto a seguridad del trabajador, debe usar gafas y mascarillas, pues los olores son bastante fuertes.

Mantener limpia su área de trabajo, pues existían residuos de metal de las otras máquinas, inclusive de comida.

Trabajen de acuerdo a la norma, es decir si el cliente me pide fabricar un caucho con un área determinada seguir los patrones que indican la norma, para evitar obtener caucho crudo.

Toda materia prima que se recibe debe traer su hoja de pruebas realizadas, para saber si la materia prima cumple con los

estándares de calidad requeridos para la producción.

Colocar un piso de caucho debajo del equipo vulcanizador, para evitar fallas eléctricas.

Usar las normas ASTM de cauchos para trabajar de acuerdo al área, las temperaturas, y tiempo de proceso.

REFERENCIAS

[1] Francis R., Diseño de Experimentos, Apuntes de clase, 2007

[2] Pulido H., Diseño de Experimentos., Bogotá, Editorial

