

## DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE LA BASE DE MOTOR PARA CAMIONETAS

## DESIGN AND OPTIMIZATION OF ENGINE MOUNT FOR PICKUP

<sup>1</sup>Marco Vinicio Noroña Merchán , <sup>2</sup>Edwin Giovanni Puente Moromenacho  
<sup>1-2</sup> Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz, extensión Guayaquil  
 E-mail: <sup>1</sup>manoroname@internacional.edu.ec , <sup>2</sup>epuente@internacional.edu.ec

*Energía Mecánica Innovación y Futuro, IV Edición 2015, No.7 (13)*

## RESUMEN

Se presenta el análisis para optimizar el diseño de fabricación de la base del motor para la camioneta Mazda BT-50, para contrarrestar la vibración que causa el motor hacia todo el vehículo, para contra restar desajustes generales y falla en los componentes del mismo. Se analiza los materiales que componen la familia de polímeros amorfos (elastómeros) que tienen la facultad de soportar grandes deformaciones elásticas sin ruptura teniendo la capacidad de absorber energía vibracional (amortiguamiento) y para reducir el nivel del ruido. Se establece la obtención de la materia prima, costos, procesamiento y análisis de esfuerzos a los que se encuentra sometida la base del motor, método de moldeo por inyección para la manufactura de las bases del motor. Se desarrolla el estudio de factibilidad para la producción en el país con la finalidad de disminuir los costos de producción e implementar el producto ecuatoriano en la industria automotriz.

**Palabras Clave:** Base de motor, elastómeros, hule natural, hule sintético, siliconas, poliuretano

## ABSTRACT

The analysis is presented to optimize the design manufacturing base engine for the Mazda BT-50 pickup, to counteract the vibration that causes the engine to the entire vehicle, for against mismatches and subtract general failure in components. The materials that make up the family of amorphous polymers (elastomers) having the ability to withstand large elastic deformations without breaking having the ability to absorb vibrational energy (damping) and to reduce the noise level is analyzed. Obtaining raw material costs, processing and analysis efforts that are under the engine base, injection molding method for manufacturing bases set engine. The feasibility study for the production in the country with the aim of reducing production costs and implement the Ecuadorian product in the automotive industry develops.

**Keywords:** Engine mount, elastomers, natural rubber, synthetic rubber, silicone, polyurethane.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los elastómeros, denominados cauchos, son materiales poliméricos muy utilizados en la vida cotidiana y la industria en general. Mediante esta investigación se establece la obtención del caucho natural hasta llegar a los diversos derivados sintéticos, destacando sus características, clasificación en termoplásticos, identificando sus componentes, sus propiedades y sus aplicaciones. [2].

Para obtener los mejores resultados, desde el punto de vista técnico es importante que la sección elástica sea igual en todos los soportes. Ello se consigue colocando los elementos anti vibración de forma adecuada, escogiendo cada elemento elástico en proporción a la carga que debe soportar y fijándolos a las máquinas y al suelo o a contramarcos fijos [1], [3],[5].

### 1.1 Elastómeros

Son polímeros capaces de sufrir grandes deformaciones elásticas cuando se aplica esfuerzos relativamente bajos, soportan extensiones de hasta el 500% o más, pero retornan a su forma original. El ejemplo más popular del elastómero es el hule. Se divide en dos categorías: 1) hule natural, derivado de ciertas plantas y 2) polímeros sintéticos producidos por procesos de polimerización, similares a los que se utilizan en los termoplásticos y los termo fijos.[3]

#### 1.1.1 Características de los elastómeros

Los elastómeros son moléculas de cadena larga que se encadenan transversalmente (como los polímeros termo fijos). Sus propiedades elásticas se deben a la combinación de dos características: 1) cuando las moléculas largas no están estiradas, se encuentran estrechamente retorcida y 2) el grado de encadenamiento transversal es sustancialmente más bajo que el de los termo fijos [3]. Este modelo se ilustra en el moldeo de la figura 1 (a), que muestra una molécula retorcida y encadenada transversalmente cuando no está bajo esfuerzos.

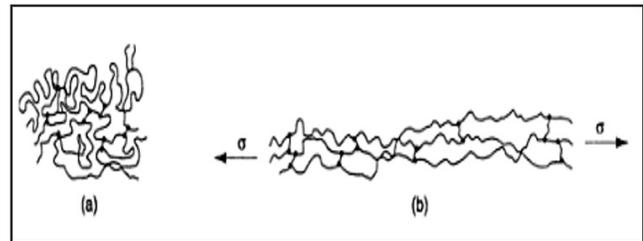


Figura 1 Modelo de moléculas elastómeras largas con bajo grado de encadenamiento transversal: (a), sin estirar y (b) bajo esfuerzo a la tensión.

Sus efectos son:

- Presenta un cambio de propiedades asociado al cese virtual de movimiento molecular a escala local.
- Si la temperatura de reblandecimiento es mayor que la temperatura de transición vítrea, el polímero es suave.
- La temperatura de reblandecimiento es menor que la temperatura de transición vítrea, el material puede ser duro, quebradizo y amorfo.

Los elastómeros termoestables están constituidos por largas cadenas lineales o ramificadas entrecruzadas. Por lo general son más resistentes aunque más frágiles que los termoplásticos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante especificaciones de material y dimensiones para la elaboración del elemento de anti vibración de hule con chapa metálica, utilizado en la industria automotriz como base del motor, se definirán los procesos de manufactura analizando costos de inversión en herramientas y maquinaria para obtener un valor de venta competitivo.

### 2.1 Necesidad del mercado

Incrementar el producto ecuatoriano en la industria automotriz, cubrir la demanda de soportes de bases motor mediante un modelo general que posea pocas variaciones con respecto a la original, reduciendo costos y tiempos de obtención de la misma, además el mismo puede ser un elemento de repuesto cuando el soporte haya cumplido su vida útil.

### 2.2 Función del producto

Es un elemento de antivibración de goma (hule), fijada a una determinada base de metal y pernos que permiten la fijación de la base entre el motor y la carrocería, elimina las vibraciones producidas por el motor que se transmiten de forma dañina, ruidosa y destructiva al resto del vehículo. Los elementos antivibración pueden actuar por compresión, corte y torsión.



Figura 2. Elementos de la base motor

### 2.3 Características técnicas de la base motor

- La conexión goma-metal puede soportar la misma fuerza de tracción que el cuerpo de goma.
- La mezcla especial en NBR con SBR garantiza un largo ciclo de histéresis.
- El control de la vulcanización impide la formación de burbujas de aire dentro del cuerpo de goma.
- Todas las inserciones son de acero de calidad (inoxidable si se solicita).
- La unión entre partes metálicas es fuerte y robusta - galvanización fiable.

### 2.4 Alternativas de diseño

En la figura 3 se representa las dos posibilidades de diseño expuestas para el análisis: (a) representa una base de motor con chapa metálica superior en forma de C y la placa inferior de forma plana con el material elastómero PVMQ. (b) representa una base de motor con chapa metálica superior e inferior de forma plana con el material elastómero PVMQ.

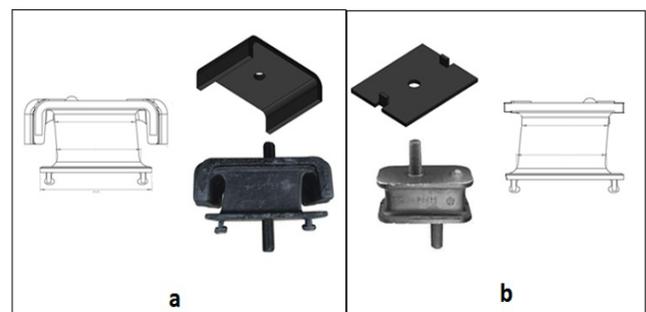


Figura 3. Modelos considerados para el diseño de una base motor.

### 2.5 Evaluación y selección de la mejor alternativa

Para la selección de alternativas se usa el método ordinal de criterios ponderados, se toma en consideración criterios de forma, costo, montaje, recubrimiento, seguridad e innovación. Esta selección se muestra en las tablas 1 – 4 en donde se finaliza con una conclusión.

Tabla 1. Evaluación del peso específico del criterio evitar accidentes

EVITAR ACCIDENTES	Soporte chapa metálica superior tipo C	Soporte chapa metálica superior plana	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Soporte chapa metálica superior tipo C		1	2	0.66
Soporte chapa metálica superior plana	0		1	0.33
		SUMA	3	1

Tabla 2. Evaluación del peso específico del criterio precio

PRECIO	Soporte chapa metálica superior tipo C	Soporte chapa metálica superior plana	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Soporte chapa metálica superior tipo C		1	2	0,571
Soporte chapa metálica superior plana	0.5		1.5	0,42
		SUMA	3.5	1

Tabla 3. Evaluación del peso específico del criterio montaje

SEGURIDAD	Soporte chapa metálica superior tipo C	Soporte chapa metálica superior plana	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Soporte chapa metálica superior tipo C		1	2	0,57
Soporte chapa metálica superior plana	0.5		1.5	0,42
		SUMA	3.5	1

Tabla 4.1. Conclusiones para la selección del diseño

CONCLUSIÓN	FORMA	PRECIO	MONTAJE	RECUBRIMIENTO
Soporte chapa metálica superior tipo C	0,095	0,054	0,095	0,095
Soporte chapa metálica superior plana	0,047	0,0408	0,071	0,071

Tabla 4.2. Conclusiones para la selección del diseño

SEGURIDAD	INNOVACIÓN	$\Sigma$	PRIORIDAD
0,163	0,095	0,6	
	1		
0,122	0,047	0,4	
	2		

La solución de la base de motor con chapa metálica en forma de C (figura 3. a), es la mejor valorada mediante la selección de alternativas por el método ordinal de criterios ponderados, y considerando especialmente el factor seguridad ya que su diseño proporciona mejor absorción de vibraciones y es más resistente a esfuerzos transversales (corte).

## 2.6 Diseño de la base motor

### 2.6.1 Denominación y características de la base

Cuando se aprueba el diseño preliminar se puede construir un prototipo para análisis. En el diseño preliminar se toma en cuenta aspectos tales como costo, calidad y rendimiento del producto, el resultado debe ser un producto que resulte competitivo y atractivo para el mercado. En la tabla 5 se representa en forma técnica la denominación y características de la base de diseño los materiales utilizados, dimensiones.

Tabla 5. Propiedades de los materiales utilizados en el ensayo de diseño

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes	
	Nombre:	Silicona PVMQ	Sólido 1(Cortar-Extruir8)(Caucho estudio-1)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado:	Desconocido	
	Límite elástico:	6e+007 N/m <sup>2</sup>	
	Límite de tracción:	2e+007 N/m <sup>2</sup>	
	Módulo elástico:	10000 N/m <sup>2</sup>	
	Coefficiente de Poisson:	0.45	
	Densidad:	960 kg/m <sup>3</sup>	
Datos de curvas:N/A			
	Nombre:	chapa metálica de acero SAE 1010 con recubrimientos obtenidos por inmersión en zinc fundido (aceros galvanizados)	Sólido 1(Revolución1)(placa inferior-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(placa superior-1)
	Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	
	Criterio de error predeterminado:	Desconocido	
	Límite de tracción:	1.51658e+008 N/m <sup>2</sup>	
	Límite de compresión:	5.72165e+008 N/m <sup>2</sup>	
	Módulo elástico:	6.61781e+010 N/m <sup>2</sup>	
	Coefficiente de Poisson:	0.27	
	Densidad:	7200 kg/m <sup>3</sup>	
	Módulo cortante:	5e+010 N/m <sup>2</sup>	
	Coefficiente de dilatación térmica:	1.2e-005 /Kelvin	

### 2.6.2 Fuerzas resultantes

En las figuras 4-7 se muestra los resultados obtenidos al aplicar las fuerzas que se muestran en las tablas 6-7.

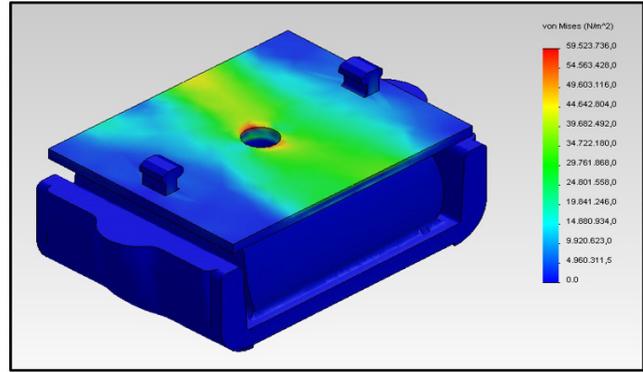


Figura 4. Base de motor estudio-Estudio 1-Tensiones-Tensiones1

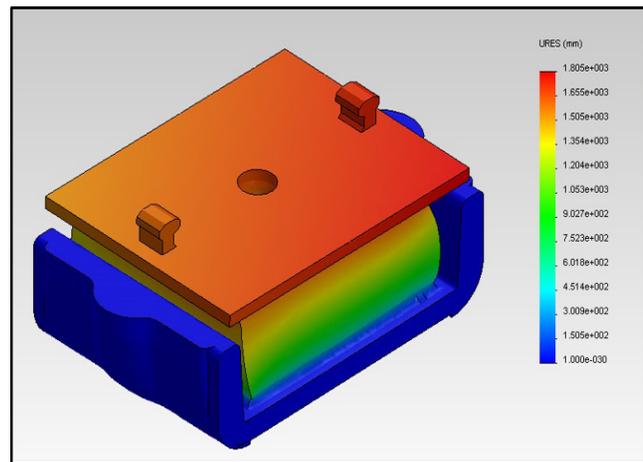


Figura 5. Base de motor estudio-Estudio 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

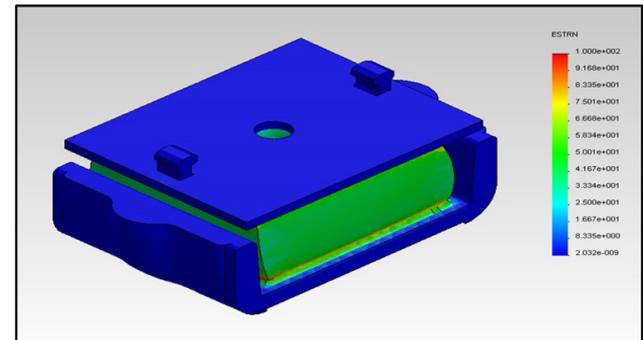


Figura 6. Base de motor estudio-Estudio 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

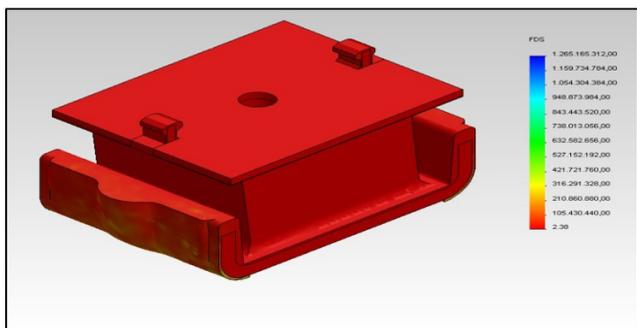


Figura 7. Base de motor estudio-Estudio 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

Tabla 6. Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.0188711	1767.39	-0.0126514	1767.39

Tabla 7. Resultado del análisis

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de VonMises	0.0474246 N/m <sup>2</sup> Nodo: 23212	5.95237e+007 N/m <sup>2</sup> Nodo: 25936
Desplazamiento1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 109	1805.41 mm Nodo: 44
Factor de seguridad1	Automático	238.208 Nodo: 25936	1,27E+14 Nodo: 23212
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2,03E-04 Elemento: 14645	100.02 Elemento: 5440

desempeñan mejor que el caucho vulcanizado y por su bajo precio.

Hay alrededor de 35 tipos disponibles en el mercado de cauchos crudos. Es suficiente señalar aquí que los cauchos crudos son esencialmente polímeros nocross -ligado y que son el componente básico para la fabricación de todos los productos elastoméricos.

El primer paso de la composición de goma por lo general es para ablandar la goma de crudo en trabajo mecánico. Esto se hace en mezcladores internos. En esta condición suave de la goma se mezclan fácilmente con una variedad de ingredientes compuestos que normalmente se dan en partes por peso, basado en 100 partes de caucho crudo (PHR). La fórmula de goma generalizada se da en la tabla 8.

Tabla 8. Fórmula del elastómero utilizado

Material	Partes por Peso
Silicona	100
Relleno	50
Suavizante	5
Antioxidantes	1
Acido Esteárico	1
Óxido de Zinc	5
Acelerador	1
Azufre	2
<b>Total</b>	<b>165</b>

**ENERGÍA Y MECÁNICA INNOVACIÓN Y FUTURO**  
 No. 4 Vol. 1 / 2015 (13) ISSN 1390 - 7395 (7/13)

El material seleccionado satisface el diseño requerido, se compara las deformaciones del material elastómero que permite soportar esfuerzos de compresión superiores a los ejercidos por el motor de la camioneta Mazda BT-50, y las respectivas vibraciones expuestas en su desplazamiento, esto se consigue por medio de la aproximación por métodos finitos realizados por el programa Solid Works Simulation 2010.

### 2.7 Proceso de producción

Los elastómeros sintéticos se utilizan porque se

#### 2.7.1 Proceso de vulcanización

El proceso de vulcanización consiste esencialmente en dos o más placas que se pueden juntar y separar por presión hidráulica. Las placas suelen ser calentadas por el vapor o la electricidad. Los artículos de caucho vulcanizado están en varios moldes entre las placas calientes bajo presión. En su forma más simple, un molde formado por dos placas de metal con cavidades adapta a la forma exterior de la parte final deseado.

Las piezas moldeadas se encogen cuando se enfrían a temperatura ambiente después de la

extracción del molde de un tamaño menor que las cavidades. Esta contracción del molde se debe a la contracción térmica de los elastómeros, que es considerablemente más alto que de los metales, el coeficiente de expansión térmica de los elastómeros es aproximadamente 10 veces a la del acero. El coeficiente de expansión térmica de un compuesto de caucho depende en gran medida del tipo y la cantidad de cargas incorporados en el caucho crudo en general, la adición de cargas reduce el coeficiente debido a las variaciones de estos, los moldes de prueba se utilizan para medir con precisión el coeficiente térmico de cada compuesto.[5]

Muchos de los compuestos de goma se realizan a contracción en un molde similar y cuando se moldea en el mismo molde de las piezas terminadas, estas tendrán las mismas dimensiones en otros compuestos, especialmente los a base de cauchos flourocarbon (FPM) y cauchos de silicona (Q), estos se contraen más y cuando se moldea en moldes estándar de las piezas terminadas serán menores que las de los compuestos estándar. El proceso utilizado para la vulcanización de la base será por medio del método de moldeo por compresión. [6]

### 2.7.2. Moldeo por compresión

Consiste en colocar un espacio en blanco con la forma adecuada, de las acciones sin vulcanizar en cada cavidad del molde. Los moldes se cierran y se colocan en una prensa hidráulica bajo la presión aplicada y el calor, la acción va a fluir y llenar completamente la cavidad del molde. El ligero exceso fluye a través de ranuras especiales, este exceso es el conocido como rebabas de prensado. [7]

El molde se mantiene cerrado bajo presión durante el tiempo prescrito en la temperatura de moldeo,

el molde se remueve de la prensa y se abre para retirar la pieza moldeada. Un molde simple de este tipo se muestra en la figura 8.

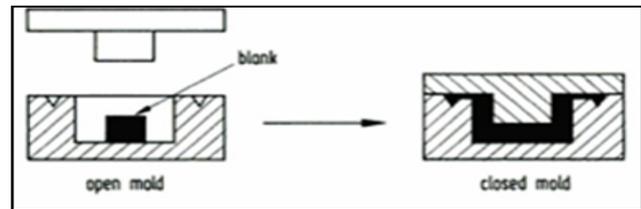


Figura 8. Métodos de la vulcanización de prensa

Demasiada acción o la colocación incorrecta de la pieza en la cavidad pueden causar defectos tales como líneas de flujo, ampollas o partes sin cubrir. El uso excesivo de material no sólo es costoso, sino que se hace rápidamente pesado el cual es más difícil de eliminar. Las operaciones de acabado de estos elastómeros requieren que las mismas sean después de la vulcanización, el método más utilizado es por desbarbado, el cual supone la exposición de las piezas de caucho de baja temperatura (con nitrógeno líquido o dióxido de carbón).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la base de motor se realiza debido a la alta demanda que se analiza en el sector automotriz de camionetas Mazda.

Maresa, encargada de la marca Mazda en Ecuador desde agosto del 2010 hasta agosto del 2011 realizó la venta de esta base de código S10H39040F en una cantidad de 6 400 unidades, aproximadamente. Generando un porcentaje de utilidad en las ventas de alrededor del 35%. Esto se ve en el estudio realizado en un solo concesionario de los más de 20 concesionarios que existen y se analiza las ventas de esta base. En el concesionario se analizó las ventas en el período agosto 2013-2014, resultando un total de 312 unidades en este periodo. Como se analiza las ventas, los clientes que más necesitan

las bases son los talleres y empresas (Petroleras, camino malo en el oriente ecuatoriano), en segundo lugar están los particulares (clientes dueños de sus vehículos), luego las aseguradoras (las bases cuando el automóvil sufrió un siniestro demasiado grave en la parte frontal y se ve afectado parte del motor en el cual las bases se destruyen debido a la carga del choque en ese momento). En el análisis de valor de ventas se ve que el concesionario realizó las ventas de \$ 11 030, en un solo año por este tipo de producto.

Tabla 9. Ventas por cliente caucho soporte motor BT-50

Descripción/Item	ASEGURADORAS	EMPLEADOS	TALLERES/EMPRESAS	PARTICULARES	Total general
CAUCHO SOPORTE MOTOR	22	3	212	75	312
Total general	22	3	212	75	312

Tabla 10. Ventas totales caucho soporte motor BT-50

Descripción Ítem	Total
CAUCHO SOPORTE MOTOR	\$ 11 030
Total general	\$ 11 030

En base a lo explicado y viendo la gran utilidad que generan las bases (soportes) por la gran utilización de los propietarios de camionetas, esta investigación pretende reducir el costo en la fabricación de un producto alternativo que pueda satisfacer las demandas del consumidor ecuatoriano.

#### 4. CONCLUSIONES

Finalizado el desarrollo del presente artículo de investigación, se pone en consideración las siguientes conclusiones con el propósito de que se constituyan en un referente y fuente de consulta por parte de profesionales relacionados al área.

La predicción de la fatiga y la evaluación de material de goma son muy importantes en el diseño de procedimientos para asegurar la seguridad y fiabilidad de los componentes de goma del automóvil.

La metodología de predicción de la fatiga de la vida caucho vulcanizado natural fue propuesta por el análisis de elementos finitos y los parámetros determinados daños por fatiga de ensayo de fatiga.

Los ensayos de fatiga se realizaron mediante el uso de la muestra en 3-D pesa en las durezas diferentes, desplazamiento de amplitud y período de calor en edad.

La resistencia a la fatiga estuvo representado eficazmente el máximo Green- Lagrange la tensión y la tensión normalizada.

El procedimiento de estimación de la vida de fatiga empleados en este estudio podría ser utilizado aproximadamente para el diseño de la fatiga de los componentes de goma en la etapa inicial de diseño.

#### REFERENCIAS

- [1].Gent Una ingeniería, con el caucho. Hanser Gardner, 2001.
- [2].Marte WV, Fatemi A, Estudio bibliográfico sobre los enfoques para el análisis de fatiga de goma. Revista Internacional de la fatiga, 2002, p. 949-961.
- [3].Lago GJ, la fatiga y la fractura de los elastómeros. Goma de Química y Tecnología, 1995, 68, pp.435-460
- [4].Hirakawa H, F Urano, Kida H, Análisis del proceso de fatiga de los vulcanizados de caucho, de goma y Tecnología Química, 1978, p. 201-214
- [5].Yamaguchi H, N Nakagawa, técnica de ensayo de fatiga de los materiales de goma aislante de vibración, el INT. polímero de Ciencia y

Tecnología, 1993,20, p. 64-69

[6].Oh, HL, un modelo de la fatiga de la vida de un buje de goma, caucho y Tecnología Química, 1980, 53, p. 1226-1238.

[7].NAGDI, Kahiri, Rubber as an engineering material, Barcelona. España, 1993. (Art. Libro que trata sobre el estudio de los elastómeros, su composición, estructura química, fabricación, procesos de producción.)

## BIOGRAFÍA



**1 Marco V Noroña M,** nació en Quito – Ecuador, Ingeniero Automotriz, Egresado Maestrante en la Escuela Politécnica Nacional en el programa de Sistemas

Automotrices. Docente tiempo completo en la Universidad Internacional del Ecuador UIDE en la ciudad de Guayaquil



**2 Edwin G Puente M,** nació en Quito, Ecuador, Ingeniero Automotriz, Posgrado en Autotrónica, Gerencia y Liderazgo Educativo. Docente de la Universidad Internacional del Ecuador y Director de la

Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la UIDE extensión Guayaquil.

### Registro de publicación:

Fecha de recepción	10 de septiembre 2015
Fecha aceptación	28 noviembre 2015