



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*CARACTERIZACIÓN A IMPACTO DE CAUCHO RECICLADO MEDIANTE  
ELEMENTOS FINITOS*

**RESUMEN**

**DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO**

NOMBRE: ANE

APELLIDOS: ESCRIBANO CASTRO

FDO.:

FECHA: 10-02-2015

**DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA**

NOMBRE: IRANTZU

APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGI

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 10-02-2015

## ÍNDICE

<b>1.OBJETO DEL TRABAJO</b>	<b>1</b>
<b>2.DESCRIPCIÓN GENERAL</b>	<b>2</b>
<b>3.MÉTODOS</b>	<b>3</b>
<b>4.FUENTES DE INFORMACIÓN</b>	<b>5</b>

## **1. OBJETO DEL TRABAJO**

El propósito de este trabajo es estudiar el comportamiento de un caucho reciclado, con el fin de obtener, con ello, el modelo hiper-viscoelástico que caracterice al material.

Teniendo en cuenta los aspectos medioambientales existentes, a los neumáticos de automóvil usados se les da una gran importancia, los cuales suponen el 70% del caucho reciclado en la industria. Este material es difícil de gestionar y eliminar debido a las grandes cantidades de residuo que se generan.

Se espera que, con la fabricación de dicho material, se pueda utilizar en el recubrimiento de los guardarraíles, con el fin de aumentar la seguridad para los motoristas.

Gracias a esta aplicación, se conseguiría dar uso a un material cuyo residuo es muy abundante y que no es medioambientalmente sostenible.

## **2. DESCRIPCIÓN GENERAL**

Se decide analizar el caucho reciclado hiperelásticamente y viscoelásticamente. Para ello, se utilizan como modelos los siguientes:

- Parte hiperelástica:
  - o Modelo Neo Hooke: Es un modelo simple con el cual se obtiene un parámetro de material
  - o Modelo Mooney Rivlin de 3 parámetros.
- Parte viscoelástica: Modelo de Yang. Este modelo también consta de 3 parámetros de material.

Para la obtención de los parámetros hiperelásticos del modelo se partirá de ensayos a velocidades de deformación bajas, esto es, se considerarán los ensayos cuasiestáticos a tal fin, en tanto que los parámetros correspondientes a la parte viscoelástica se obtendrán de los ensayos a más altas velocidades de deformación.

Para su desarrollo, se utilizan dos tipos de probetas, de caucho reciclado con diferentes características:

- Densidades de valores: 0.7, 0.8, 0.9 y  $1\text{g/cm}^3$ .
- Dos tamaños diferentes: Uno de diámetro 30 mm y longitud 40 mm, y otro de diámetro 60 mm y longitud 70 mm.

### 3.-MÉTODOS

En cuanto a los métodos empleados para la obtención de los parámetros de material que caracterizan el modelo de caucho reciclado, se decide utilizar los siguientes:

#### 3.1. PARTE HIPERELÁSTICA

##### *1- Ajuste de mínimos cuadrados*

Mínimos cuadrados es una técnica de análisis numérico enmarcada dentro de la optimización matemática, en la que, dados un conjunto de pares ordenados: variable independiente, variable dependiente, y una familia de funciones, se intenta encontrar la función continua, dentro de dicha familia, que mejor se aproxime a los datos (un "mejor ajuste"), de acuerdo con el criterio de *mínimo error cuadrático*.

El software informático empleado para esta técnica es el MATLAB.

##### *2- Curve fitting*

El curve fitting es un proceso de construcción de una curva o función matemática, que tiene el mejor ajuste a una serie de puntos dados y que posiblemente esté sujeto a restricciones.

Para esta parte hiperelástica, una vez obtenidos los parámetros de material mediante ambos métodos y para ambos modelos (Neo Hooke y Mooney Rivlin), se realiza una comparación de ambos con los datos experimentales que se tienen para comprobar cuál de los dos modelos se ajusta mejor y es más fiable.

El software informático utilizado para el curve fitting es el ANSYS.

#### 3.2. PARTE VISCOELÁSTICA

En este apartado se crea un Algoritmo de Optimización para obtener, gracias a él, las constantes viscoelásticas que caractericen el material estudiado.

El PSO (Particle Swarm Optimization) es una técnica informática que proporciona un modelo basado en las poblaciones y está inspirado en el comportamiento social del vuelo de las bandadas de aves o el movimiento de los bancos de peces.

Un algoritmo PSO trabaja con una población (nube) de soluciones candidatas (partículas), las cuales se desplazan a lo largo del espacio de búsqueda conforme a

ciertas reglas matemáticas. El movimiento de cada partícula depende de su mejor posición obtenida, así como de la mejor posición global hallada en todo el espacio de búsqueda. Conforme se van encontrando nuevas y mejores posiciones, éstas pasan a orientar los movimientos de las partículas. El proceso se repite con el objetivo, no garantizado, de hallar en algún movimiento una solución lo suficientemente satisfactoria.

## 4.- FUENTES DE INFORMACIÓN

### BIBLIOGRAFÍA

- Aleksey D. Drozdov, *Finite Elasticity and viscoelasticity: A course in the Nonlinear Mechanics of Solids*, 1996.
- Bernstein, B., Kearsley, E. A. and Zapas, L. J., *A study of stress relaxation with finites strain*, Transactions of the Society of Rheology, Vol.7, pp. 391-410, 1963
- Drapaca, C. S., Sivaloganathan, S. and Tenti, G., *Non-linear constitutive laws in viscoelasticity*, Mathematics and Mechanics of Solids, Vol.12, pp. 475-501, 2007.
- G. Liang, K. Chandrasshekhara, *Neural network based constitutive model for elastomeric foams*, Elsevier, Engineering Structures 30, 2002-201 1, 2008.
- Gómez Gonzales, Manuel. *Sistema de Generación Eléctrica con pila de combustible de óxido sólido alimentado con residuos forestales y su optimización mediante algoritmos basados en nubes de partículas*. UNED, Facultad E.T.S.I. Industrial, pp. 51-55, 2008.
- J. Kennedy. *The particle Swarm: Social Adaptation of Knowledge*. IEEE International Conference on Evolutionary Computation, pp 303-308, 1997.
- J. Kennedy, R. Eberhart. *Particle Swarm Optimitation*. In proceedings of the IEEE International Conference of Neural Networks, vol. 4, pp. 1942-1948, Perth, Australia, 1995.
- J. Kennedy, R. Eberhart, y Y. Shi. *Swarm Intelligence*, San Francisco, Morgan Kaufman Publishers, 2001.
- J. M. Dealy, *Nonlinear viscoelasticity*, Canada
- P. Kelly, *Solid Mechanics, Part 1: An Introduction to Solid Mechanics*, pp. 301-313, Auckland, 2013.

- L.M. Yang, V.P.W. Shim and C.T. Lim, *A visco-hyperelastic approach to modeling the constitutive behavior of rubber*, I.J. of Impact Engineering, vol. 24, pp. 545-560, 2000.
- López Uquía, J., y Casa Aruta, E., *Estadística intermedia*, Vicens-Vives, Madrid, 1969.
- Mezura Montes Efrén, Comparación de variantes de PSO en Optimización Global de Restricciones. 2º Coloquio Internacional. Tendencias actuales de Cómputo e Informática en México. Universidad Tecnológica de Netzahualcóyotl, 2007.
- Nere Gil-Negrete, *On the modeling and dynamic stiffness prediction of rubber isolators*, PhD Thesis, Universidad de Navarra, 2004.
- Novales, A., *Econometría Mc. Graw-Hill*, pp. 61-70, Madrid, 1998.
- O.H. Yeoh, *Characterization of Elastic Properties of Carbon-Black-Filled Rubber Vulcanizates*, *Rubber Chemistry and Technology*, vol.63, pp. 792-805, 1990.
- R.S. Rivlin, *The elasticity of rubber*, *Rubber Chemistry and Technology*, vol.65, pp. G51-G66, 1992.
- Tanner RI. *From A to (BK)Z in constitutive relations*. *J Rheol*, vol.32, pp. 673-702, 1988.
- Wineman, A., *Nonlinear Viscoelastic Solids- A Review*, University of Michigan, 2008.

### **HERRAMIENTAS**

- ANSYS Release 14.5. *Documentation for Ansys: Theory Reference*.
- MATLAB R2014b. *Documentation and Help*

### **PÁGINAS WEB**

- Waste Magazine: Neumáticos. <http://waste.ideal.es/neumaticos.htm> [Consulta: 29 de enero de 2015].

Firmado:

Ane Escribano Castro

Bilbao, Febrero 2015