

*Prácticas en Ingeniería de Vehículos:  
Programación en MATLAB del procesamiento de  
datos experimentales en ensayos de  
neumáticos*

*Practices in Vehicle Engineering: MATLAB  
programming for processing experimental  
data in tire tests*

Javier Pérez Fernández, Manuel Alcázar Vargas, Ignacio Sánchez Andrades,  
Enrique Carabias Acosta, Juan J. Castillo Aguilar  
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA.  
[javierperez@uma.es](mailto:javierperez@uma.es), [manuel.alcazar@uma.es](mailto:manuel.alcazar@uma.es), [nsanchez@uma.es](mailto:nsanchez@uma.es),  
[eca@uma.es](mailto:eca@uma.es), [juancas@uma.es](mailto:juancas@uma.es)

---

**Abstract**

*En este trabajo, se pretende involucrar al estudiante en el proceso de medición y procesamiento de los datos en las prácticas de laboratorio de neumáticos en la asignatura de ingeniería de vehículos. El procesamiento de los datos, debido a su complejidad suele omitirse, sin embargo, esta propuesta enseña a los estudiantes a tratar con el ruido de los sensores, el alcance y la precisión de cada medición. Partiendo de una plantilla MATLAB diseñaran métodos de filtrado y procesamiento de datos.*

*The aim of this work is to involve the student in the measurement and data processing of tire laboratory experiments in the course of vehicle engineering. Data processing, due to its complexity, is often omitted, however, this proposal teaches students to deal with sensor noise, range, and accuracy of each measurement. By using a MATLAB template, they will design data filtering and processing methods.*

---

Palabras clave: Ingeniería de vehículos, Procesamiento de datos, Programación, MATLAB.  
Keywords: Vehicle Engineering, Data Processing, Programming, MATLAB.

## 1. Introducción y objetivos

La utilización de MATLAB en prácticas de laboratorio permite al estudiante realizar el tratamiento de datos experimentales directamente con pocas líneas de código y con una fácil representación (Attaway, S., 2018) (J. L. Vicéns Moltó et al., 2015). Además, los recursos online para su aprendizaje son elevados y de fácil acceso, con más de 2000 libros según MathWorks y una gran oferta en OpenCourseWare (OCW), por ejemplo (Universidad Politécnica de Madrid, 2022). MATLAB es ampliamente empleado dentro de la industria automovilística. En consecuencia, parece conveniente introducir al estudiante en el manejo de este software mediante su uso en las prácticas de la asignatura de ingeniería de vehículos (Escuela de Ingenierías, 2022). La docencia se imparte en el cuarto curso de los grados de ingeniería mecánica (GIM), tecnologías industriales (GITI) y robótica y mecatrónica (GIERM).

La temática elegida para estas sesiones prácticas es el estudio de la dinámica del contacto en neumáticos. Las fuerzas presentes en el contacto muestran un comportamiento fuertemente no lineal de la adherencia ante esfuerzos verticales, longitudinales, laterales y combinados (Gerald R. Potts, 2022) La toma de datos empíricos en banco de ensayos establece las bases de los modelos matemáticos utilizados con mayor frecuencia en la industria (H. B. Pacejka, 2006). Por todo ello, la practica propuesta evalúa y analiza un neumático comercial haciendo utilización del banco de ensayos de neumáticos de la tipología “Flat-Track” (Fig. 1). Se establecen los siguientes objetivos a cumplir por la metodología durante la realización de la práctica.

- Involucrar al estudiante en la representación y procesamiento de datos medidos por el banco de ensayo de neumáticos.
- Comprender el comportamiento vertical, longitudinal y lateral de un neumático.
- Representar las curvas de comportamiento tras el procesado de los datos y su ajuste teórico.
- Resolver cuestiones que relacionan la práctica de laboratorio con la teoría.

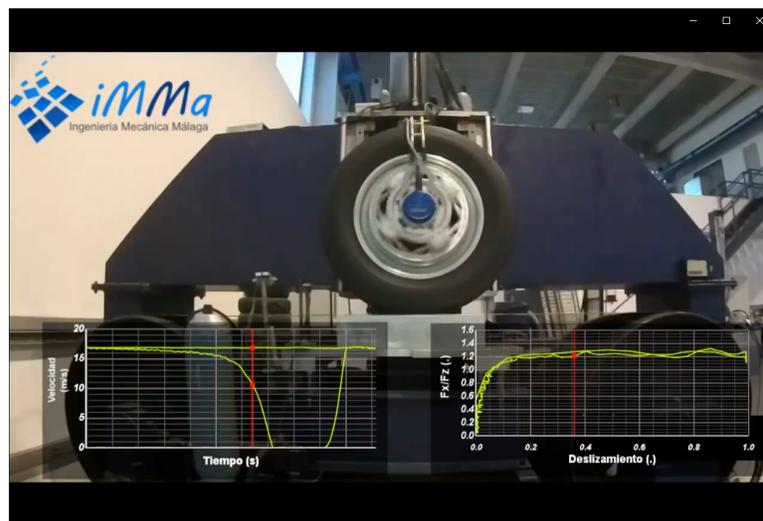


Figura 1: Banco de ensayo de neumáticos. Video del ensayo longitudinal con los datos superpuestos.

## 2. Metodología

La práctica de neumáticos se realiza en dos fases: la primera requiere normalmente de la asistencia al laboratorio de vehículos; la segunda comprende trabajo individual por parte del estudiante, teniendo que entregar el procesado de los datos.

Si por algún motivo (enfermedad, COVID . . . ) no se pudo asistir al laboratorio, las prácticas presenciales se han grabado en video y superpuesto los datos procesados (Fig. 1) para que el estudiante comprenda cada ensayo, así como los datos que deben calcular. Estos videos están disponibles desde el campus virtual en el tema correspondiente al estudio de neumáticos (Fig. 2).

El trabajo individual se sube a una tarea habilitada en el campus virtual, típicamente con una semana de diferencia con respecto a la visita al laboratorio. Durante esa semana en clase se habilita un periodo de preguntas y respuestas para resolver cualquier duda que surja sobre la resolución de la práctica.

El trabajo se divide en 4 ensayos donde se analiza el comportamiento vertical, lateral y longitudinal del neumático. Cada ensayo va implicando más al estudiante en el procesado y representación, de manera que estudiantes con poca experiencia en programación MATLAB adquieren los conceptos de forma progresiva a la par que interiorizan el conocimiento de la dinámica del neumático.

El estudiante tiene disponible para la entrega del trabajo en el campus virtual tanto los datos grabados en el ensayo (.mat) como una plantilla por cada uno de los ensayos (.m). Los datos están accesibles directamente, de forma que el estudiante obtiene los datos originales sin procesar generados por el banco de ensayos. Por otro lado, mediante el uso de la plantilla se puede visualizar los datos y realizar la tarea requerida por el estudiante.

Las plantillas para los 4 ensayos se dividen en 5 apartados (Fig. 3): El primero de inicialización donde se eliminan datos de cualquier otra ejecución previa de código en MATLAB. Esto previene errores cuando es la primera vez que un estudiante utiliza MATLAB, ya que podría interferir en la ejecución del ensayo. El segundo apartado preprocesa los datos aportándole nombre y ganancias necesarios para facilitar la manipulación de estos. El tercer apartado realiza una representación de los datos grabados por la máquina de ensayos, de esta forma el estudiante se familiariza con la representación de datos, gráficas, títulos etc. El cuarto apartado requiere la interacción por parte del estudiante en forma de código, utilizando las variables previamente definidas. En el último apartado se realizan preguntas teóricas sobre cada ensayo que deben responderse en esa sección, a modo de comentarios.

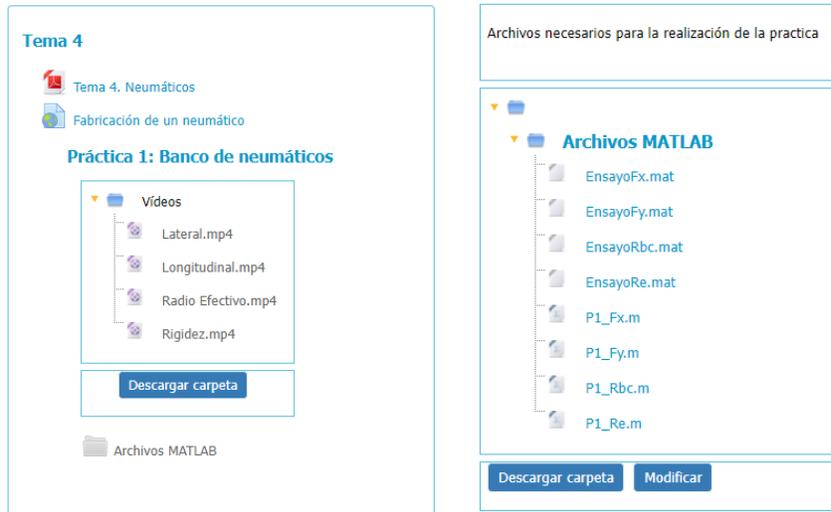


Figura 2: Vista de la asignatura en el campus virtual.

La tarea para realizar por el estudiante en cada ensayo se describe a continuación:

#### Ensayo 1: Radio Bajo Carga (Rbc)

El primer ensayo se realiza en estático, sin la rotación del neumático, para simplificar el procesado de los datos. Solo requiere la intervención del estudiante para la representación de los datos de rigidez. De esta forma, sin necesidad de comandos adicionales, el estudiante puede resolver el ensayo y familiarizarse con el entorno de trabajo.

#### Ensayo 2: Radio Efectivo (Re)

En el segundo ensayo, con la rueda girando, se estudia el comportamiento vertical con rodadura. El estudiante debe utilizar la medición de velocidades y calcular el radio efectivo del neumático en cada instante de tiempo. Con ello, el estudiante aprende a realizar operaciones con vectores, que es uno de los reclamos principales de MATLAB

#### Ensayo 3: Longitudinal (Fx)

Con el tercer ensayo se pretende realizar el cálculo del nivel de deslizamiento y adherencia longitudinal del neumático durante una frenada. En este caso para el procesado de los datos es necesario utilizar comandos no introducidos hasta el momento, por ejemplo, para voltear y ajustar los datos del ensayo.

#### Ensayo 4: Lateral (Fy)

El cuarto ensayo, al igual que el tercero, requiere que el estudiante realice todo el procesado a la par que estudia la dinámica lateral del neumático. Se le sugiere la utilización de algunos comandos de MATLAB para guiarlos en la programación.

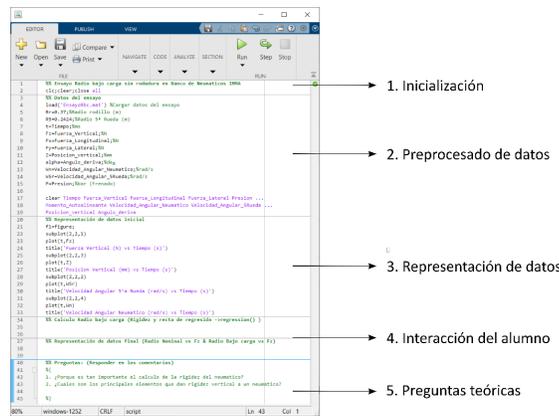


Figura 3: Plantilla MATLAB.

### 3. Resultados

Como valor indicativo de la introducción de las practicas con MATLAB en la asignatura de Ingeniería de vehículos se ha utilizado las encuestas realizadas por el servicio de calidad (Universidad de Málaga, 2022). En ésta se valora la satisfacción del alumnado al finalizar la asignatura. Del total de 14 preguntas realizadas al alumnado se han seleccionado las dos correspondientes a las prácticas de laboratorio, estas son:

- ¿Se han coordinado las actividades teóricas y prácticas previstas?
- ¿Las actividades desarrolladas (teóricas, prácticas, de trabajo individual, en grupo,) están contribuyendo a alcanzar los objetivos de la asignatura?

Los estudiantes responden a dichas preguntas asignando una valoración de 1 (No satisfactorio) hasta 5 (Muy satisfactorio). Las encuestas muestran como la valoración media obtenida (Fig. 4) a partir del curso de implantación de estas prácticas ha aumentado considerablemente, con incrementos superiores al 60% en coordinación y al 40% en valoración de las actividades en tan sólo dos cursos. Esto muestra la satisfacción general con la implantación de las practicas, ya que la involucración en las practicas contribuye a alcanzar los objetivos de la asignatura. De esta forma se facilita la adquisición de los conocimientos requiriendo menos esfuerzos para el examen final de la asignatura.

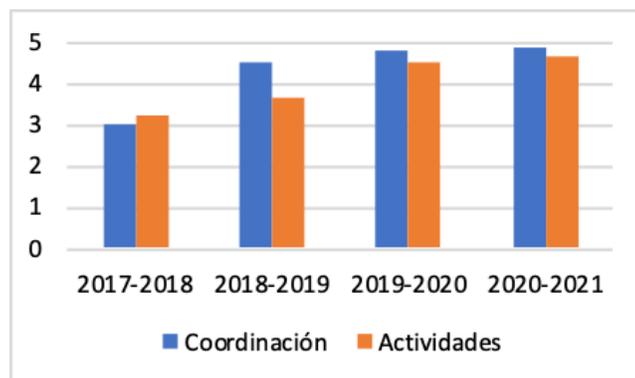


Figura 4: Resultado histórico encuestas de satisfacción.

Indicar que, en los comentarios adicionales proporcionados por los estudiantes en varios casos han mencionado las prácticas y el valor añadido que aportan a la docencia en esta asignatura:

- “Con las prácticas, trabajos y asistencia obligatoria considero que es suficiente para aprender los contenidos”
- “Las practicas son bastante entretenidas y didácticas”

## 4. Conclusiones

La utilización de MATLAB para la realización de las prácticas de ingeniería de vehículos acerca al estudiante a un software ampliamente utilizado en la industria del automóvil a la vez permite introducirlos en el procesado de datos experimentales. La implementación de estas prácticas durante los últimos tres años ha permitido que estudiantes sin experiencia en este lenguaje adquieran los conocimientos necesarios para el procesado y tratamiento de datos experimentales.

El nivel de satisfacción general es elevado, ya que es un enfoque que involucra al estudiante en la obtención de los datos desde la primera etapa de un proceso de ensayo. Con este método se va guiando al estudiante de forma progresiva para comprender el comportamiento de un neumático sometido a diferentes esfuerzos.

Año tras año los datos y preguntas deben actualizarse para evitar que el estudiante utilice archivos ya resuelto por estudiantes de años anteriores. Este es el principal motivo de realizar preguntas teóricas para analizar si el estudiante conoce y comprende la problemática asociada al tratamiento de datos experimentales de ensayos.

En la actualidad se está trabajando en extender esta metodología a otras prácticas de la asignatura como frenado y suspensiones.

## Referencias

-  Attaway, S. (2018).  
*MATLAB: a practical introduction to programming and problem solving (Fifth edition.)*  
Elsevier, Butterworth-Heinemann.
-  Escuela de Ingenierías. (10 de mayo de 2022).  
*Ingeniería de Vehículos Automóviles*  
<https://www.uma.es/centers/subject/escuela-de-ingenierias-industriales/5207/51087/>
-  Potts Gerald R. (2022).  
*The Tire as a Vehicle Component, C0101 Course.*  
SAE.
-  Pacejka H. B. (2006).  
*Tyre and Vehicle Dynamics.*  
Elsevier, Butterworth-Heinemann.
-  Vicéns Moltó J.L., Zamora Parra B., Ojados González D. (2015).  
*Uso de Matlab para resolución de problemas, orientado al fomento del aprendizaje reflexivo en la Enseñanza de la Ingeniería.*  
23 Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, Valencia
-  Universidad de Málaga. (10 de mayo de 2022).  
*Servicio de Calidad Universidad de Málaga*  
<https://www.uma.es/calidad/>
-  Universidad Politécnica de Madrid. (10 de mayo de 2022).  
*OpenCourseWare: MATLAB aplicado a la ingeniería telemática.*  
<http://ocw.upm.es/course/matlab-aplicado-ing-telematica?section=3>

Modelling in Science Education and Learning  
<http://polipapers.upv.es/index.php/MSEL>