

Laboratorio 4: Análisis de un Modelo Simplificado de Suspensión Pasiva en Espacio de Estados

Objetivos

- Modelar un sistema simplificado de suspensión pasiva para $\frac{1}{4}$ de automóvil en espacio de estados.
- Comparar la respuesta analítica del sistema con la obtenida mediante modelado físico en Simscape, y con la obtenida en el laboratorio de Sistemas de Control 1.

Duración: 1 sesión

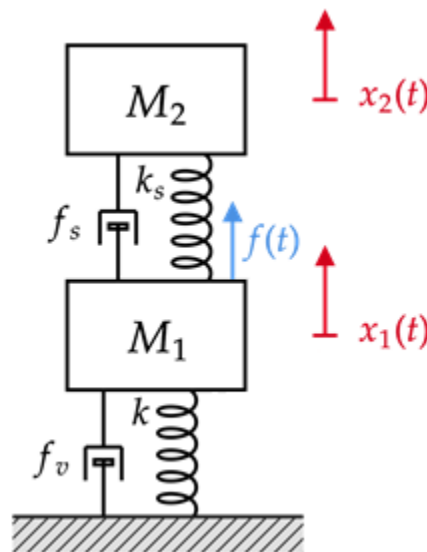


Figura 1. Modelo de suspensión pasiva para $\frac{1}{4}$ de automóvil.

En el laboratorio 3 de Sistemas de Control 1 del segundo semestre del 2022, se analizó el sistema mostrado en la Figura 1. Se encontró la función de transferencia y se simuló la respuesta a una entrada de escalón, tanto en Matlab como en Simulink, con componentes de Simscape. En este laboratorio se modelará el sistema en Espacio de Estados, y se harán nuevas simulaciones, para comparar este enfoque con el enfoque clásico.

Se recomienda tener a la mano el documento *IE3036, BE3024 – Lab3, Modelado mecánico con Simulink y Simscape.pdf*, adjunto a esta guía de laboratorio, así como sus resultados y archivos de Matlab/Simulink del laboratorio 3 del curso anterior.

Primera Parte: Modelado en espacio de estados y simulación en Simulink

1. Analicen el sistema mecánico mostrado en la Figura 1 y encuentren las ecuaciones diferenciales correspondientes. **Encuentren el modelo en espacio de estados y las correspondientes matrices A, B, C y D, en términos de los parámetros M_1 , M_2 , k , f_v , k_s , f_s .** El sistema deberá tener como salidas las posiciones de las masas. **¿Cómo definieron sus variables de estado? Indiquen claramente cuántas y cuáles son dichas variables de estado.**
2. **Encuentren las cuatro matrices numéricas**, evaluando: $M_1 = 320 \text{ kg}$, $M_2 = 2500 \text{ kg}$, $k = 500000 \text{ N/m}$, $f_v = 15020 \text{ Ns/m}$, $k_s = 80000 \text{ N/m}$, $f_s = 350 \text{ Ns/m}$.
3. Usen un bloque de modelo de Espacio de Estados en Simulink para simular la respuesta del sistema a una señal de entrada de escalón de 500 kN . Ajusten el bloque **Step** para que el escalón se dé en el tiempo $t = 0$, y ajusten el tiempo de simulación y la escala temporal del bloque **Scope** para mostrar 30 s. **Deberán mostrar ambas salidas. Activen la leyenda. En la descripción de la figura en su reporte, indiquen qué salida corresponde a qué posición.**
4. Ahora se desean mostrar no sólo las posiciones de las masas, sino también las velocidades. Modifiquen la matriz **C** de su modelo de espacio de estados tal que la salida del sistema sean las cuatro cantidades. **Observen en un Scope las señales. Incluyan la leyenda. En su reporte, indiquen qué salida corresponde a qué posición o velocidad.**
5. Una de las ventajas del modelo de espacio de estados es poder usar condiciones iniciales distintas de cero para las variables de estado. Coloquen una entrada de 0 al sistema, y coloquen como condición inicial del sistema $x_2(0) = 1 \text{ m}$ (posición de la masa 2), y todas las demás variables iguales a 0. **Observen en el Scope las cuatro señales (posiciones y sus derivadas).** **Ayuda:** El bloque *State-Space* tiene un parámetro para indicar condiciones iniciales (vector).

Segunda Parte: Simulación del sistema con componentes de Simscape

1. Abran el modelo de Simulink con componentes de Simscape que crearon en el laboratorio 3 de Sistemas de Control 1. Si ya no lo tienen, o si no llevaron el curso en el 2022, deberán transcribir el diagrama mecánico de la Figura 1 a un modelo de bloques en Simulink/Simscape. **Coloquen un escalón en la fuerza de entrada, que presente una magnitud de 500 kN .** El documento *IE3036, BE3024 – Lab3, Modelado mecánico con Simulink y Simscape.pdf* describe de manera sencilla cómo realizar simulaciones de sistemas mecánicos traslacionales y rotacionales mediante el modelado físico provisto por Simscape.
2. Midan la posición y la velocidad de las masas 1 y 2 (en Sistemas de Control 1, sólo midieron la posición de la masa 2). Como antes, muestren 30 s de simulación. **Observen las cuatro señales en un Scope. ¿Cómo se comparan estas respuestas con las obtenidas en el inciso 4 de la Primera Parte?** **Ayuda:** Noten que el bloque *Ideal Translational Motion Sensor* ofrece como salida tanto la posición como la velocidad.

Tercera Parte: Simulación con parámetros de suspensión pasiva mejorada

En el laboratorio 3 del curso anterior, fueron modificando los valores de k_s y f_s hasta encontrar una combinación que generara una respuesta al escalón sin oscilaciones (o con pocas y de baja frecuencia) y con un % de sobre-elevación no mayor al 5% (posición de la masa 2).

1. Si no tienen disponibles los valores finales de k_s y f_s que obtuvieron el curso pasado, deberán ir probando hasta encontrar valores que hagan cumplir los requisitos mencionados arriba (entrada de escalón de 500 kN).
2. Usen los valores modificados de k_s y f_s , y la entrada de escalón de 500 kN. **Observen las dos posiciones y velocidades, tanto con el bloque de espacio de estados (con condiciones iniciales iguales a 0) como con el sistema con componentes de Simscape. Ajusten el tiempo de simulación a un valor adecuado (no muestren demasiado tiempo luego de que las señales ya se hayan establecido).**

Evaluación:

A más tardar 10 minutos antes de la siguiente sesión de laboratorio, deberán subir un reporte a Canvas (uno por pareja de laboratorio).

El reporte deberá incluir:

- 1) **Identificación:** sus nombres, carnés, nombre del curso, sección de laboratorio (11, 12 o 21), número y título del laboratorio, fecha.
- 2) Un **Resumen** de la práctica, incluyendo los objetivos, lo más destacado de sus resultados obtenidos, y **algunas oraciones de discusión**. Máximo media página.
- 3) Una sección de **Resultados**, en la que incluyan todas las ecuaciones, matrices, gráficas y demás resultados obtenidos. También deben incluir las respuestas a las preguntas planteadas en la guía (breves, al punto).

Recuerden organizar los resultados según las partes y los incisos de la guía, como se explicó en la guía del laboratorio 1. Asegúrense de numerar y titular todas las gráficas, figuras, tablas, etc. Asegúrese de incluir todo lo requerido en esta guía. Se verificará que esté todo lo indicado en color azul.

Asistencia y trabajo durante la sesión:	20%
Reporte:	80%