

# UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA



## LABORATORIO 5. Control de una bola sobre riel

<b>Guías de Prácticas de Laboratorio</b>	<b>Identificación:</b> <b>GL-AA-F-1</b>	
	<b>Número de Páginas:</b> 7	<b>Revisión No.:</b> 2
	<b>Fecha Emisión:</b> <b>2018/01/31</b>	
<b>Laboratorio de:</b>  <b>Control Lineal</b>		
<b>Título de la Práctica de Laboratorio:</b>  LABORATORIO 5. Control de un péndulo invertido elástico		

<b>Elaborado por:</b>  Ing. Leonardo Solaque, Ph.D, Docente  Ing. Adriana Riveros, M.Sc. Docente  Ing. Andrés Castro, M.Sc. Docente  Ing. Vladimir Prada, Ph.D. Docente  Programa de Ingeniería en Mecatrónica	<b>Revisado por:</b>  Ing. Olga Ramos, Ph.D.  Jefe área Automatización y Control Programa de Ingeniería en Mecatrónica	<b>Aprobado por:</b>  Ing. William Gómez, Ph.D.  Director de Programa Ingeniería en Mecatrónica
---	---	--

# UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA



## LABORATORIO 5. Control de una bola sobre riel

### Control de Cambios

Descripción del Cambio	Justificación del Cambio	Fecha de Elaboración / Actualización
Se cambian las guías al nuevo formato	Nuevo formato para implementar	07/08/2018
Se cambian los sistemas a trabajar	Se requiere renovación semestral de guías	21/01/2019
Se cambian los sistemas a trabajar	Se requiere renovación semestral de guías	29/07/2019
Se cambian los sistemas a trabajar	Se requiere renovación semestral de guías	20/01/2020
Se cambian los sistemas a trabajar	Se requiere renovación semestral de guías	7/9/2020
Se cambian los sistemas a trabajar	Se requiere renovación semestral de guías	22/01/2021



## LABORATORIO 5. Control de una bola sobre riel

1. **FACULTAD O UNIDAD ACADÉMICA: INGENIERÍA**
2. **PROGRAMA: INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**
3. **ASIGNATURA: CONTROL LINEAL Y LABORATORIO**
4. **SEMESTRE: SÉPTIMO**
5. **OBJETIVOS:**

General: Controlar un sistema usando retroalimentación y observadores de estado.

➤ Específicos:

- Comprobar el modelo matemático de la guía usando la teoría de Newton-Euler y Euler-Lagrange.
- Encontrar la representación lineal de un sistema no lineal, considerando los puntos de equilibrio y de operación.
- Realizar un controlador por retroalimentación de estados que asegure error en estado estable igual a cero para entrada escalón, rampa y aceleración.
- Diseñar el observador de estados que permita la estimación de los estados y la implementación del controlador.

## 6. MATERIALES, REACTIVOS, INSTRUMENTOS, SOFTWARE, HARDWARE O EQUIPOS DEL LABORATORIO:

<b>DESCRIPCIÓN</b> ( <i>Material, reactivo, instrumento, software, hardware, equipo</i> )	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
<b>Computador con Matlab</b>	<b>1</b>	<b>Equipo por grupo de trabajo</b>



## LABORATORIO 5. Control de una bola sobre riel

### 7. MATERIALES, REACTIVOS, INSTRUMENTOS, SOFTWARE, HARDWARE O EQUIPOS DEL ESTUDIANTE: **\*No aplica al contexto actual de la clase**

DESCRIPCIÓN (Material, reactivo, instrumento, software, hardware, equipo)	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Matlab	1	unidad

### 8. PRECAUCIONES CON LOS MATERIALES, REACTIVOS, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS A UTILIZAR: **\*No aplica al contexto actual de la clase**

- *Para el ingreso al laboratorio será necesaria la bata blanca.*
- *Se recomienda hacer un uso adecuado de los computadores.*
- *Es recomendable apagar los elementos si se va a realizar cualquier cambio en el circuito electrónico o en la parte mecánica del sistema.*
- *No exceder los valores máximos permitidos de voltajes y corrientes indicados para los dispositivos utilizados.*
- *Consultar en los manuales y datasheet correspondientes.*
- *No sobrepasar el máximo de potencia disipada por las resistencias.*



LABORATORIO 5. Control de una bola sobre riel

9. PROCEDIMIENTO, MÉTODO O ACTIVIDADES:

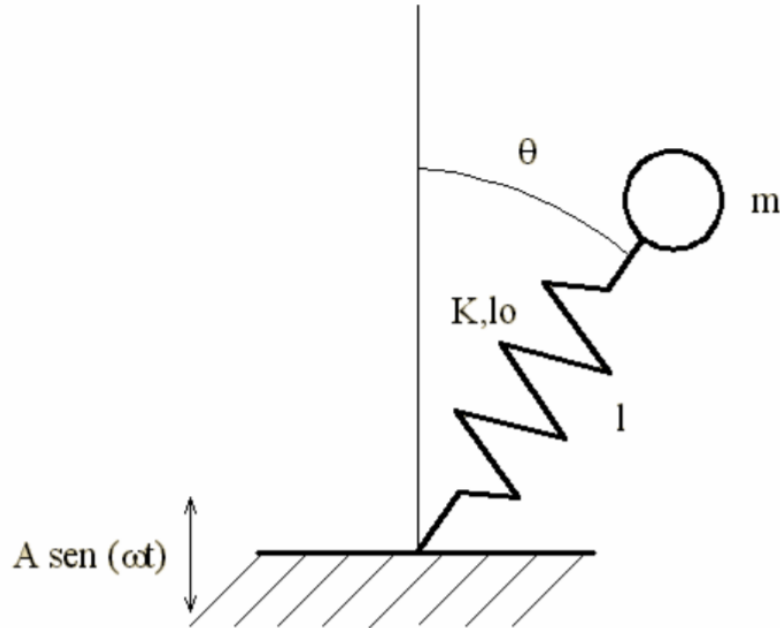


Figura 1: Péndulo elástico invertido

Considere el sistema de péndulo elástico invertido, representado por la Figura 1. Las ecuaciones diferenciales que gobiernan este sistema no lineal están dadas por:

$$\ell \ddot{\theta} + 2 \dot{\ell} \dot{\theta} + [A \omega^2 \sin(\omega t) - g] \sin \theta = 0$$

$$\ddot{\ell} - \ell \dot{\theta}^2 + \frac{K}{m} [\ell - \ell_0] + [g - A \omega^2 \sin(\omega t)] \cos \theta = 0$$

donde  $\theta$  es la posición angular de la barra, A es la amplitud de una perturbación de frecuencia  $\omega$ , m es la masa, l la longitud del resorte y  $l_0$  es la longitud inicial del resorte.



## LABORATORIO 5. Control de una bola sobre riel

- Verificar la correspondencia del modelo mostrado anteriormente, realizando el modelado por Newton-Euler y Euler-Lagrange, asignando una entrada en fuerza o torque.
- Encontrar los puntos de equilibrio del sistema.
- Hallar la representación lineal del sistema.
- Diseñar los controladores por retroalimentación de estado que permitan controlar la posición angular del péndulo ( $\theta$ ) considerando un error en estado estable igual a cero para entrada escalón, rampa y parábola.
- Encontrar las constantes del observador de estados que permitan realizar una estimación de los mismos, considerando que la única salida medible es la posición angular del péndulo ( $\theta$ ).
- Realizar las simulaciones de los controladores y observadores acoplados, tanto para el sistema lineal como para el no lineal.
- Implementar los controladores diseñados en el archivo de simulación entregado y comprobar su funcionamiento.

## 10. RESULTADOS ESPERADOS:

- Diseño de controladores por retroalimentación de estados que garanticen un error en estado estable igual a cero para entrada escalón, rampa y parábola.
- Diseño de observadores de estado para la planta
- Simulaciones que garanticen el funcionamiento de los controladores y observadores en el sistema lineal y no lineal.
- Informe en formato IEEE y soporte de archivos de simulación.

## 11. CRITERIO DE EVALUACIÓN A LA PRESENTE PRÁCTICA:

Por medio de esta práctica se desarrollarán las siguientes competencias:

- Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de Ingeniería aplicando principios de Ingeniería, ciencias y matemáticas.
- Habilidad para comunicarse efectivamente ante un rango de audiencias.
- Capacidad de funcionar de manera efectiva en un equipo cuyos miembros juntos proporcionan liderazgo, crean un entorno colaborativo e inclusivo, establecen metas, planifican tareas y cumplen objetivos.



## LABORATORIO 5. Control de una bola sobre riel

- Capacidad de desarrollar y llevar a cabo la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de Ingeniería para sacar conclusiones.

Las competencias descritas anteriormente se evaluarán mediante los siguientes indicadores:

- Identifica las variables que intervienen en un problema de ingeniería.
- Propone y/o formula modelos que representan las relaciones de las variables de un problema.
- Identifica y aplica leyes, teoremas, principios para la solución de problemas de ingeniería.
- Establece los requerimientos de ingeniería que permiten la adecuada operación de un sistema, a fin de cumplir normativas y necesidades del usuario final.
- Maneja las herramientas tecnológicas y computacionales para la solución de problemas complejos de ingeniería.
- Presenta sus ideas en forma clara y concisa, utilizando un lenguaje apropiado al contexto.
- Utiliza diferentes formas de comunicación con el fin de transmitir sus ideas, dependiendo del tipo de audiencia.
- Redacta apropiadamente informes utilizando formatos estandarizados, referenciando, y utilizando reglas gramaticales y ortográficas.
- Se comunica adecuadamente con los integrantes del equipo, con el fin de desarrollar las tareas dentro de un entorno colaborativo, para cumplir los objetivos del proyecto.
- Identifica los parámetros asociados a la problemática, sus variables de entrada y los resultados esperados.
- Formula y ejecuta el protocolo experimental.
- Analiza e interpreta los resultados obtenidos tras la experimentación (en laboratorios y/o mediante el uso de herramientas computacionales).
- Concluye sobre resultados obtenidos, aplicando juicios de ingeniería.