

---

## Syllabus – Descripción del Curso

---

### ***I. Identificación***

<b>Nombre:</b> Tópicos Avanzados de Control				
<b>Código:</b> ELE 4702-1	<b>Créditos:</b> 6	<b>Modalidad:</b> Remota	<b>Duración:</b> Semestral	<b>Docentes:</b> Gustavo Ceballos
<b>Horas de Cátedra</b> 45	<b>Horas de Ayudantía</b> 23	<b>Horas de Laboratorio</b> 0	<b>Horas de Trabajo Personal</b> 112	

### ***II. Descripción***

Asignatura electiva de la carrera Ingeniería Civil Eléctrica que permite conocer y comprender los fundamentos teóricos del control avanzado relativos a las técnicas de diseño de controladores óptimos y adaptables a plantas o sistemas dinámicos lineales en ambientes tanto determinísticos como estocásticos. Además, se reforzarán las herramientas de diseño disponibles con el software de modelación de sistemas dinámicos Matlab & Simulink..

### ***III. Resultados de Aprendizaje Esperados***

Se espera que al terminar con éxito la asignatura, el(la) estudiante:

- R1. Tener una visión global de los problemas de control óptimo estático y dinámico, tanto en ambiente determinístico como estocástico.
- R2. Tener la capacidad para la solución de problemas complejos mediante herramientas del software MATLAB.
- R3. Diseñar observadores de estado para sistemas dinámicos lineales determinísticos y estocásticos con fines de controlar un sistema dinámico.
- R4. Tener la capacidad para diseñar controladores óptimos y probarlos mediante simulación y experimentalmente en el laboratorio, particularmente en los casos LQR (Linear Quadratic Regulator o Regulador Cuadrático Lineal) y LQGR (Linear Quadratic Gaussian Regulator o Regulador Cuadrático Lineal Gaussiano).
- R5. Comprender los fundamentos de la teoría de control adaptable (métodos y técnicas), que le permitan diseñar y analizar sistemas de control adaptable bajo condiciones ideales y prácticas.

### ***IV. Unidades Temáticas (UT) y Contenidos***

#### **1. Fundamentos de Control Óptimo de Sistemas**

- 1.1. El control óptimo frente a otras formas de control.
- 1.2. Control óptimo de sistemas lineales con función de costo cuadrática; caso determinístico.
- 1.3. Control óptimo lineal cuadrático (LQR).
- 1.4. Control óptimo para estado final fijo y llegada a superficie terminal.
- 1.5. Solución analítica de la ecuación diferencial de Riccati.
- 1.6. Experiencias de Laboratorio de Control Óptimo en plantas simuladas.

**Escuela de Ingeniería  
Ingeniería Civil Eléctrica**

**2. Repaso Observadores de Estado**

- 2.1. Observador de Luenberger.
- 2.2. Filtro de Kalman.

**3. Control Óptimo en Ambiente Estocástico**

- 3.1. Control óptimo de sistemas lineales con función de costo cuadrática; caso estocástico.
- 3.2. Control óptimo Lineal Cuadrático Gaussiano o estocástico (LQG).
- 3.3. Aplicación del filtro de Kalman en control óptimo estocástico.

**4. Control Adaptivo de Sistemas**

- 4.1. Perspectiva Histórica y Motivación.
- 4.2. Teoría de estabilidad usada en Control Adaptivo o Adaptable.
- 4.3. Sistemas Adaptivos Simples.
- 4.4. Observadores Adaptivos.
- 4.5. Realizaciones mínimas y no mínimas de observadores adaptivos.
- 4.6. Control Adaptivo por modelo de referencia (CAMR).

***V. Metodología Docente***

La metodología de trabajo en clases será en base a exposiciones del profesor sobre las unidades temáticas correspondientes (según se indica en el programa de actividades del curso), el cual promoverá la activa participación de lo(a)s estudiantes. Tanto en clases de cátedra como en ayudantías se utilizará el software MATLAB & SIMULINK para simulación de controladores de sistemas dinámicos como herramienta de apoyo a la docencia.

***VI. Evaluación***

Las evaluaciones permitirán que las estudiantes demuestren los resultados de aprendizaje alcanzados en los distintos momentos del proceso de enseñanza. La evaluación se realizará mediante dos Controles de Cátedra (CC), dos Tareas individuales (T), un Examen (E) y un Examen recuperativo si corresponde (ER), en las fechas que se indican a continuación:

**Tabla 1: Calendario de evaluaciones.**

Ítem	Fecha
T1	Jueves 22 de septiembre
CC1	Jueves 06 de octubre
T2	Jueves 17 de noviembre
CC2	Jueves 24 de noviembre
E	
ER	

1. LA ASIGNATURA SE APRUEBA SI:  $NF \geq 4.0$  siempre y cuando  $NC \geq 4.0$  y  $NAC \geq 4.0$ .
2. La nota final (NF) está compuesta por una Nota de Cátedra (NC) y una Nota de Actividades Complementarias (NAC) con las siguientes ponderaciones:  
$$NF = 0.6*NC + 0.4*NAC.$$
3. La NC está compuesta por las notas de los Controles de Cátedra y el Examen (E) con las siguientes ponderaciones:  
$$NC = 0.25*CC1 + 0.25*CC2 + 0.5*E.$$

En que CC1 y CC2 son las notas del Control 1 y 2 respectivamente.

4. Recordar que, según reglamentación de la escuela de ingeniería, el examen reemplaza la peor nota de cátedra, si este es superior a esta última.
5. La NAC está compuesta por el promedio simple de las notas de las tareas individuales 1 y 2 respectivamente:  
$$NAC = (T1 + T2) / 2.$$
6. Durante las evaluaciones escritas no se permitirá lo siguiente:
  - 6.1. Intercambio de materiales.
  - 6.2. Mantener sobre la mesa elementos distintos de: lápices, goma, corrector, calculadora y hoja de fórmulas.
  - 6.3. Uso de calculadoras programables/graficadoras, celulares o elementos tecnológicos con capacidad de almacenar texto, video, audio o conexión a internet.
7. La hoja de fórmulas corresponde a una hoja de papel tamaño carta ESCRITA A MANO.
8. Durante las evaluaciones se podría exigir la presentación de un documento de identidad en buen estado.

### **VII. Tareas individuales**

1. Como su nombre lo indica, las tareas deben ser realizadas de manera individual.
2. La guía de trabajo de cada tarea estará disponible dos semanas antes del plazo de entrega.
3. El/la estudiante debe entregar un informe escrito en computador, donde se dé respuesta a las preguntas de la guía de trabajo, en formato digital (.pdf).
4. El informe debe ser subido a Ucampus (se creará un ítem Tarea asociado a cada tarea individual) hasta las 23:59 de la fecha de entrega indicada.
5. Se recibirán informes atrasados, sin embargo, serán penalizados con un descuento de 0.5 unidades en la nota por cada hora de atraso (Ej.: nota informe = 6.5, subió informe a las 1:01pm, tiene atraso de 2 horas, nota informe atrasado = 5.5).

### **VIII. Asistencia y Exención al Examen**

1. El promedio simple entre CC1 y CC2 corresponde a la nota de presentación (NP).
2. Cualquier estudiante cuya NP  $\geq 5.0$ , está exento de rendir el Examen.
3. La asistencia a las Cátedras y Ayudantías es de carácter voluntario.

**Escuela de Ingeniería  
Ingeniería Civil Eléctrica**

**IX. Bibliografía y Material de Apoyo**

**Bibliografía Básica:**

- [1] Optimal Control, Third Edition by Frank L. Lewis, Draguna L. Vrabie, Vassilis L. Syrmos. Jhon Wiley & Sons, 2012.
- [2] Applied Optimal Control and Estimation Digital Design and Implementation by Frank Lewis. Prentice hall, 1992.
- [3] NARENDRA K.S. & ANNASWAMY A.M., Stable Adaptive Systems, Dover Publications.
- [4] Grace, A. Optimization Toolbox, The MathWorks Inc., Natick Mass., USA, 2001.

**Bibliografía Complementaria:**

- [1] Optimal control with engineering applications by Hans P. Geering. Springer-Verlag, 2007.

**X. Otros**

1. Para cualquier comunicación relacionada con la asignatura se recomienda el uso de la plataforma Ucampus o durante las clases.
2. El horario y lugar para consultas fuera del horario de clases se informará oportunamente.

**XI. Planificación**

**Tabla 2: Programa de actividades semestral.**

Semana	UT	Resultado
1	1	R1
2	1	R1
3	1	R1, R2
4	1	R2
5	1	R2, R3
6	2	R3
7	2	R3

Semana	UT	Resultado
8	2	R3
9	3	R2, R3, R4
10	3	R2, R3, R4
11	3	R5
12	4	R5
13	4	R2, R5
14	4	R2, R5