

# CONTROL AUTOMÁTICO

## Planificación Ciclo lectivo 2026

| 1. Datos administrativos de la asignatura                |                                       |                                              |                           |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|
| Departamento:                                            | Ingeniería Eléctrica                  | Carrera:                                     | Ing. en Energía Eléctrica |
| Asignatura:                                              | Control Automático                    |                                              |                           |
| Nivel de la carrera:                                     | 4                                     | Duración:                                    | Anual                     |
| Bloque curricular:                                       | Tecnologías Aplicadas                 |                                              |                           |
| Carga horaria presencial semanal:                        | 3.75 hs                               | Carga Horaria total:                         | 120 hs                    |
| Carga horaria no presencial semanal (si correspondiese): | 0 hs                                  | % horas no presenciales: (si correspondiese) | 0                         |
| Profesor/es Titular/Asociado/Adjunto:                    | Dr. Andrés García<br>Profesor Titular | Dedicación:                                  | Exclusiva                 |
| Auxiliar/es de 1º/JTP:                                   | Mg. Luis Mosquera<br>JTP              | Dedicación:                                  | Simple                    |

| 2. Fundamentación y análisis de la asignatura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Control Automático es una asignatura regular anual del cuarto nivel de la carrera de Ingeniería en Energía Eléctrica, que se incluye en la oferta de asignaturas de la carrera con el objeto de formar profesionales en aptitudes necesarias para su desenvolvimiento en el ámbito de la industria local, regional, nacional, así como en el exterior o estudios de postgrado.</p> <p>Se desarrollan los saberes mediante tres herramientas: modelos matemáticos con ecuaciones diferenciales, contraste de modelos en Matlab/Simulink y mediciones/análisis con demostradores reales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de motor CC y hardware-in-the-loop Matlab/Simuink/Arduino.</li> <li>• Sistemas Ball-Beam y conexión a USB/ARDUINO</li> <li>• Sistema péndulo invertido y conexión a USB/ARDUINO.</li> </ul> <p>Estos sistemas representan modelos a escala de problemas reales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de puentes grúa/máquinas eléctricas</li> <li>• Sistemas de guiado de cohetes/satélites</li> <li>• Robots móviles/manipuladores</li> </ul> <p>Se trabajará con aprendizaje activo sobre los campos de acción de la matemática en la ingeniería:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Modelado</u>: traducir información y datos físicos en forma de sistemas dinámicos: ecuaciones diferenciales en variables de estado.</li> </ul> |

- Análisis de modelos/Simulación: aplicar la transformada de Laplace en modelos lineales/linealización, estudiando las propiedades de cada modelo. Uso de diferentes herramientas: Matlab/Simulink y ARDUINO.
- Interpretación: Interpretar mediciones y contraste con los modelos/simulaciones.

### 3. Relación de la asignatura con el Perfil de Egreso de la carrera, las Actividades Reservadas, los Alcances, las Competencias de Egreso y su tributación.

En un todo de acuerdo con las Ordenanzas 1026 y 1873, el espacio curricular otorga herramientas para “contar con ingenieros hábiles para operar tecnologías existentes, adaptadas a las necesidades locales y desarrollar procesos aptos para permitir la competencia internacional, realizar investigación y desarrollo, creando nuevas tecnologías y que a través de la formación de posgrado actualicen y refuercen sus conocimientos.”

Por otra parte, y tomando como base la Resolución 1254/2018, la asignatura da herramientas elementales para la actividad reservada del Ingeniero Electricista “Diseñar, calcular y proyectar sistemas de generación, transmisión, conversión, distribución y utilización de energía eléctrica; sistemas de control y automatización y sistemas de protección eléctrica. Proyectar, dirigir y controlar la construcción, operación y mantenimiento de lo anteriormente mencionado. Certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en su actividad profesional.”

La materia Control Automático, encuentra su aporte al perfil de egreso de la carrera Ingeniería en Energía Eléctrica, como se cita en la Ordenanza 1873:

“Asimismo tiene las competencias para participar en el diseño, construcción, utilización y mantenimiento de las máquinas, aparatos, dispositivos y componentes asociados a la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, tanto sea de origen tradicional como renovable, sustentable y de cualquier tipo de desarrollo tecnológico que confluya en energía eléctrica, valiéndose de técnicas informáticas de tipo aplicativo para el proyecto de máquinas, dispositivos, instalaciones y controles automáticos de los mismos.”

Del mismo modo, Control Automático aporta a los alcances del título (AL) y sus actividades reservadas (AR):

AR1: Diseñar, calcular y proyectar sistemas de generación, transmisión, conversión, distribución y utilización de energía eléctrica; sistemas de control y automatización y sistemas de protección eléctrica.

AL1: Diseñar, calcular y proyectar laboratorios de todo tipo, relacionados con el ensayo, verificación y certificación de equipos de cualquier naturaleza vinculados a la generación, transmisión, conversión, distribución y utilización de la energía eléctrica.

| Competencias específicas de la carrera (CE) | Competencias genéricas tecnológicas (Cg) | Competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales (Cg) |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| CE1.1: (1)                                  | CG1: (1)                                 | CG6: (2)                                                        |
| CE1.2: (2)                                  | CG2: (1)                                 | CG7: (3)                                                        |
| CE1.3: (3)                                  | CG 4: (1)                                | CG 9: (1)                                                       |

|            |  |  |
|------------|--|--|
| CE5.1: (3) |  |  |
| CE5.2: (3) |  |  |
| CE5.3: (2) |  |  |

#### **Competencias Específicas:**

CE1.1: Esta competencia específica se relaciona directamente con la AR1, en particular en lo que se refiere al diseño, cálculo y proyección de sistemas de control y automatización

CE1.2: Esta competencia específica se relaciona directamente con la AR1, en particular en lo que se refiere al diseño, cálculo y proyección de sistemas de control y automatización

CE1.3: Esta competencia específica se relaciona directamente con la AR1 y AL1, en particular en lo que se refiere al diseño teniendo en cuenta las normas vigentes

CE5.1: Esta competencia específica se relaciona directamente con la AL1, en particular en lo que se refiere al diseño y proyección de laboratorios con sus posibles ensayos de sistemas de control y automatización

CE5.2: Esta competencia específica se relaciona directamente con la AL1, en particular en lo que se refiere al diseño y proyección de laboratorios con sus posibles ensayos de sistemas de control y automatización

CE5.3: Esta competencia específica se relaciona directamente con la AL1, en particular en lo que se refiere al diseño y proyección de laboratorios con sus posibles ensayos de sistemas de control y automatización.

#### **Competencias Genéricas:**

Esta asignatura contribuye al perfil de egreso con el aporte al desarrollo de las siguientes competencias genéricas tecnológicas: CG1, CG2 y CG4 y competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales: CG6, CG7 y CG9.

CG1: Esta competencia se tributa Construyendo modelos matemáticos a partir de ecuaciones diferenciales de sistemas reales en variables de estado.

CG2: Esta competencia se tributa incentivando la capacidad para diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería: Diseñando y modelando matemáticamente los fenómenos físicos que se estudian, sistemas de control y cálculo de controladores estabilizantes con requerimientos.

CG4: Esta competencia se tributa diseñando y asociando los problemas reales a modelos simplificados y sus posteriores soluciones de control: controladores PID, compensadores, pero también con el uso de software específico que ahorra tiempo a la vez que se proveen datos de verificación y contraste: Matlab/Simulink, WolframAlpha y/o Maple, ARDUINO-IDE (C++).

CG6: Esta competencia se tributa redactando y defendiendo los trabajos integradores obligatorios solicitados por la cátedra, bajo la consigna de conformar grupos de dos/tres estudiantes, entregando un informe redactado bajo el formato (plantilla) aportado (cátedra) y aportando una defensa oral.

CG7: Esta competencia se tributa incentivando la capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas: mediante la presentación de trabajos integradores aplicados a kits como modelos simplificados de sistemas reales, utilizando software específico y su respectivo informe.

CG9: Esta competencia se tributa incentivando la capacidad para lograr autonomía en el aprendizaje: a través de la búsqueda de bibliografía y material para el estudio, realizando ensayos y mediciones con equipos reales aportados por la por unidad temática.

#### **4. Propósito, objetivos y resultados de aprendizaje**

##### **4.1. Propósito**

“Ser capaz de determinar la respuesta en régimen permanente y transitorio de sistemas realimentados frente a entradas de referencia y perturbación o carga y diseñar los compensadores necesarios para su estabilización, aplicando la teoría del control clásico. Además, deberá determinar la observabilidad y controlabilidad de sistemas físicos.”

##### Objetivo general

Otorgar herramientas de modelado, estudio y diseño de controladores para los sistemas dinámicos presente en las actividades de la ingeniería.

El grupo de estudiantes deberá ser capaz de determinar la respuesta en régimen permanente y transitorio de sistemas realimentados frente a entradas de referencia y perturbación o carga y diseñar los compensadores necesarios para su estabilización, aplicando la teoría del control clásico. Además, deberá determinar la observabilidad y controlabilidad de sistemas físicos.

##### Objetivos específicos

- Modelar un sistema dinámico, clasificarlo y presentarlo en variables de estado para su posterior estudio y diseño de controladores (estabilidad).
- Estudio de sistemas Lineales e Invariantes en Tiempo (LTI) comprendiendo que dichos sistemas conforman sólo un porcentaje de los posibles modelos que pueden encontrarse en la realidad de la ingeniería.

- Construir funciones de transferencia para luego crear diagramas de bloques de clarifiquen las diferentes variables del sistema: Entrada de referencia, Entrada de control (variable manipulada), Salida.
- Utilizar las diferentes metodologías para estudio de estabilidad: Routh, Bode, Nyquist y Lugar de Raíces
- Aplicar y diseñar correctamente un controlador/compensador para cumplir con requerimientos especificados a lazo cerrado con los fines de obtener sistemas estables y robustos
- Simular y contrastar adecuadamente los modelos teóricos utilizando Matlab/Simulink con mediciones reales para obtener representaciones realísticas y confiables

#### 4.2. Objetivos establecidos en el Diseño Curricular

- Analizar el funcionamiento de un sistema de control lineal con realimentación negativa
- Calcular los márgenes de estabilidad por medio del método de Bode.
- Determinar la compensación de los sistemas para aumentar su estabilidad.
- Diseñar un controlador PID –proporcional, integral, derivativo.
- Aplicar el método de las “variables de estado”.
- Programar sistemas simples de control en un PLC (controlador lógico programable).
- Emplear programas de simulación para el análisis de sistemas (Ej: -Simulink – Matlab).

#### 4.3. Objetos de conocimiento y Resultados de aprendizaje

##### OC 1: MODELOS EN VARIABLES DE ESTADOS DE SISTEMAS FÍSICOS

###### Resultado de aprendizaje 1 (RA1):

*Construye modelos en variables de estados de sistemas físicos, aplicando las herramientas y técnicas de modelado para las diferentes ramas de la ciencia determinando un conjunto de ecuaciones diferenciales que escribe en forma vectorial (variables de estado) para su posterior análisis y control, reconociendo su utilidad en el campo aplicación de la ingeniería.*

**Justificación:** CG1, CG9 y CE1 .1

Este RA se relaciona con CG1 a partir del desarrollo y construcción de modelos formulados en variables de estado de sistemas físicos, que incluyen sistemas mecánicos, eléctricos, termodinámicos o incluso químicos, para aplicar las metodologías de control lineal desarrolladas en clases. En el caso de CG9, ya que el formulismo en variables de estado, que incluyen ecuaciones diferenciales ordinarias lineales y no-lineales (linealización) aparece como una herramienta nueva, que provee a las y los estudiantes de una técnica universal de modelado de sistemas físicos. Si bien, se desarrolla el nuevo saber desde las clases, requiere de un aprendizaje autónomo y continuo, la incorporación de la nueva herramienta, incluso con la búsqueda y lectura de material bibliográfico adicional aportado por la cátedra.

Por el lado de la CE1.1, se tributa desde la fundamentación en la formulación matemática de fenómenos físicos que se necesiten para diseñar y/o desarrollar proyectos de sistemas de control y automatización.

## **OC 2: TRANSFORMADA DE LAPLACE**

### **Resultado de aprendizaje (RA2):**

*Aplica la Transformada de Laplace para transformar un modelo en variables de estado lineal (LTI) a funciones de transferencia, reconociendo su importancia como herramienta práctica para la resolución y estudio de sistemas lineales de control y diseño de controladores/compensadores.*

**Justificación:** CG1, CG6, CG7, CG9 y CE1 .1

Este RA se relaciona con CG1 a partir del desarrollo y construcción de modelos formulados con base a la aplicación de la Transformada de Laplace. Es por ello que se concentra la atención en modelos LTI que permitirán aplicar conceptos vistos en materias como Fundamentos ara el Análisis de Señales devenidas de variable compleja: polos, ceros, funciones de transferencia, etc. Se tributa a CG6 Redactando y defendiendo los trabajos integradores obligatorios solicitados por la cátedra, bajo la consigna de conformar grupos de dos/tres estudiantes, entregando un informe redactado bajo el formato (plantilla) aportado (cátedra) y a través de una defensa oral de los resultados y conclusiones obtenidos. Del mismo modo, se tributa a CG7 a través de la capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas: mediante la presentación de trabajos integradores aplicados a kits como modelos simplificados de sistemas reales, utilizando software específico y su respectivo informe. En el caso de CG9, si bien el paso de sistemas LTI en variables de estado a funciones de transferencia elimina la necesidad de trabajar con ecuaciones diferenciales, las y los estudiantes deben incorporar las dualidades, conceptos y conclusiones que tengan sentido físico y de control. Si bien, se desarrolla el nuevo saber desde las clases, requiere de un aprendizaje autónomo y continuo, la incorporación de la nueva herramienta, incluso con la búsqueda y lectura de material bibliográfico adicional aportado por la cátedra.

Por el lado de la CE1.1, se tributa desde la concepción de modelos de sistemas físicos como modelos LTI que son transformados al plano s y permiten el diseño y diagnóstico de la estabilidad de un sistema de lazo abierto y cerrado.

## **OC 3: TEOREMAS DE ESTABILIDAD DE SISTEMAS LTI DE ROUTH-HURWITZ Y MÉTODOS DE BODE, NYQUIST Y LUGAR DE RAÍCES**

### **Resultado de aprendizaje 3 (RA3)**

Utiliza los teoremas de estabilidad de sistemas LTI de Routh-Hurwitz y métodos de Bode, Nyquist y lugar de raíces para determinar si un sistema es estable/inestable y sus posibilidades de control y estabilización posteriores, reconociendo su aplicación en la estabilidad de sistemas físicos e ingeniería.

**Justificación:** CE1.1, CE1.2, CG4, CG6, CG7

Este RA se relaciona con CG4, teniendo en cuenta que si se utiliza de manera correcta el método de Routh-Hurwitz o los métodos de Lugar de Raíces, Bode y Nyquist, es posible obtener diagnósticos y diseños de sistemas de control y estabilidad muy afinados y precisos en sistemas de ingeniería. Se tributa a CG6 Redactando y defendiendo los trabajos integradores obligatorios solicitados por la cátedra, bajo la consigna de conformar grupos de dos/tres estudiantes, entregando un informe redactado bajo el formato (plantilla) aportado (cátedra) y a través de una defensa oral de los resultados y conclusiones obtenidos. Del mismo

modo, se tributa a CG7 a través de la capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas: mediante la presentación de trabajos integradores aplicados a kits como modelos simplificados de sistemas reales, utilizando software específico y su respectivo informe.

Por el lado de CE1.1, tanto el Teorema de Routh-Hurwitz como los métodos de Lugar de Raíces, Bode o Nyquist, permiten diseñar y proyectar controladores para sistemas de control LTI que aseguren estabilidad, y con ello, seguridad de las personas que operan dichos sistemas.

Se tributa a CE1.2 a partir de los kits educativos aportados por la cátedra, que permiten, además de aplicar los modelos y simulaciones de Matab/Simulink a sistemas reales, sino que también conducen de modo natural a la necesidad de especificar equipos y componentes necesarios para los ensayos de lazo abierto o verificaciones de lazo cerrado: Modelado y Control.

#### **OC 4: CONTROLADORES y COMPENSADORES**

##### **Resultado de aprendizaje 4 (RA4)**

*Diseña controladores y compensadores para estabilización y mejora de sistemas reales mediante el uso de kits de laboratorio (sistemas simplificados), calculando y diseñando un controlador-compensador adecuado para cada conjunto de requerimientos transitorios y estacionarios (rechazo de perturbaciones y seguimiento), reconociendo su importancia en la aplicación a sistemas de ingeniería.*

**Justificación:** CE5.1, CE5.2, CG2, CG4, CG6 y CG7

Este RA se relaciona a CG2 de manera directa ya que los compensadores y controladores diseñados en la cátedra permiten asegurar estabilidad en sistemas LTI, a la vez que cumplen con especificaciones dadas y preestablecidas (cátedra). Del mismo modo, la correcta utilización de los métodos de Bode o Lugar de Raíces para obtener controladores efectivos, permiten estabilizar y controlar con especificaciones, incluso sistemas no-lineales altamente inestables como lo son el ball-beam o el péndulo invertido. Se tributa a CG6 Redactando y defendiendo los trabajos integradores obligatorios solicitados por la cátedra, bajo la consigna de conformar grupos de dos/tres estudiantes, entregando un informe redactado bajo el formato (plantilla) aportado (cátedra) y a través de una defensa oral de los resultados y conclusiones obtenidos. Del mismo modo, se tributa a CG7 a través de la capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas: mediante la presentación de trabajos integradores aplicados a kits como modelos simplificados de sistemas reales, utilizando software específico y su respectivo informe.

Se tributa a CE5.1 mediante la resolución de casos de estudio que requieren especificaciones dadas por la cátedra, con extensión en la vida profesional a especificaciones dadas por normas nacionales e internacionales.

Del mismo modo, se tributa a CE5.2, mediante la resolución de casos de estudio que requieren especificaciones dadas por la cátedra, y con la utilización de instrumentos de medición adecuados para observar las mediciones y verificaciones de los sistemas de control en equipos de laboratorio (kits) ayuda a comprender la necesidad de elegir correctamente el instrumento a utilizar.

Finalmente, se tributa a CE5.3 en concordancia con las tributaciones anteriores, mediante la resolución de casos de estudio que requieren especificaciones dadas por la cátedra, con extensión en la vida profesional a especificaciones dadas por normas nacionales e internacionales, la utilización de instrumentos de medición adecuados para observar las mediciones y verificaciones de los sistemas de control en equipos de laboratorio (kits) y los conceptos e ideas devenidas de ensayos reales, simulaciones y la necesidad de

obtener en tiempo real sobre casos de estudio, mediciones representativas, conforma una competencia que las y los estudiantes pueden extrapolar a la proyección y creación de laboratorios de ensayos.

## **OC 5: SOFTWARE ESPECIFICOS PROFESIONALES: MATLAB/SIMULINK**

### **Resultado de aprendizaje 5 (RA5)**

*Usa softwares específicos profesionales: Matlab/Simulink para determinar la robustez de los diseños obtenidos, así como su viabilidad e implementación posterior en C++ vía plataformas ARDUINO, reconociendo la necesidad y utilidad de estas herramientas en el diseño y cálculo para problemas de ingeniería.*

**Justificación:** CE1.3, CG4, CG6 y CG7

CG4 Diseñando y asociando los problemas reales a modelos simplificados y sus posteriores soluciones de control: controladores PID, compensadores, pero también con el uso de software específico que ahorra tiempo a la vez que se proveen datos de verificación y contraste: Matlab/Simulink, WolframAlpha y/o Maple, ARDUINO-IDE (C++). Se tributa a CG6 Redactando y defendiendo los trabajos integradores obligatorios solicitados por la cátedra, bajo la consigna de conformar grupos de dos/tres estudiantes, entregando un informe redactado bajo el formato (plantilla) aportado (cátedra) y a través de una defensa oral de los resultados y conclusiones obtenidos. Del mismo modo, se tributa a CG7 a través de la capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas: mediante la presentación de trabajos integradores aplicados a kits como modelos simplificados de sistemas reales, utilizando software específico y su respectivo informe.

Por el lado de CE1.3, se tributa haciendo uso de los ajustes necesarios de Matlab/Simulink en los resolutores de ecuaciones diferenciales (modelos LTI y no-lineales) para poder cumplir con las especificaciones y resultados esperados de los modelos. En este sentido, si se extrapola a normas y estándares nacionales e internacionales, el uso de softwares profesionales, así como la utilización de dichas normas, requiere del correcto ajuste y aplicación de las mismas a los diseños que se realicen (restricciones y métodos de control).

## **OC 6: CONTROLADORES AVANZADOS**

### **Resultado de aprendizaje (RA6)**

*Proyecta controladores avanzados LQR/LQG, utilizando los modelos en variables de estado junto a Matlab/Simulink para diseñar y verificar la estabilidad y robustez de un sistema LTI, junto con observadores lineales y optimización lineal, reconociendo los alcances de un modelado en variables de estado.*

**Justificación:** CE5.1, CE5.2, CG2, CG4, CG6 y CG7

Este RA se relaciona a CG2 de manera directa ya que los controladores avanzados, como los son el LQR y pole placement o incluso su versión que incluye disturbios: LQG, permiten asegurar estabilidad en sistemas LTI, a la vez que cumplen con especificaciones dadas y preestablecidas (cátedra). Del mismo modo, la correcta utilización del Álgebra para determinar la ubicación de los autovalores de lazo cerrado, permiten estabilizar y controlar con especificaciones, incluso sistemas no-lineales altamente inestables como el sistema ball-beam o el péndulo invertido. Se tributa a CG6 Redactando y defendiendo los trabajos integradores obligatorios solicitados por la cátedra, bajo la consigna de conformar grupos de dos/tres estudiantes, entregando un informe redactado bajo el formato (plantilla) aportado (cátedra) y a través de una defensa oral de los resultados y conclusiones obtenidos. Del mismo modo, se tributa a CG7 a través de

la capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas: mediante la presentación de trabajos integradores aplicados a kits como modelos simplificados de sistemas reales, utilizando software específico y su respectivo informe.

Se tributa a CE5.1 mediante la resolución de casos de estudio que requieren especificaciones dadas por la cátedra, con extensión en la vida profesional a especificaciones dadas por normas nacionales e internacionales.

Del mismo modo, se tributa a CE5.2, mediante la resolución de casos de estudio que requieren especificaciones dadas por la cátedra, y con la utilización de instrumentos de medición adecuados para observar las mediciones y verificaciones de los sistemas de control en equipos de laboratorio (kits) ayuda a comprender la necesidad de elegir correctamente el instrumento a utilizar.

Finalmente, se tributa a CE5.3 en concordancia con las tributaciones anteriores, mediante la resolución de casos de estudio que requieren especificaciones dadas por la cátedra, con extensión en la vida profesional a especificaciones dadas por normas nacionales e internacionales, la utilización de instrumentos de medición adecuados para observar las mediciones y verificaciones de los sistemas de control en equipos de laboratorio (kits) y los conceptos e ideas devenidas de ensayos reales, simulaciones y la necesidad de obtener en tiempo real sobre casos de estudio, mediciones representativas, conforma una competencia que las y los estudiantes pueden extrapolar a la proyección y creación de laboratorios de ensayos.

##### **5. Integración y articulación de la asignatura con el área de conocimiento (horizontal y/o vertical), el nivel de la carrera (horizontal) y el diseño curricular.**

De niveles anteriores, la asignatura necesita que las y los estudiantes ingresen a Control Automático con las competencias de las asignaturas Análisis Matemático I y II, Fundamentos para el análisis de Señales y Álgebra y Geometría Analítica, Fundamentos de Informática, Física I y II, Termodinámica, Cálculo Numérico, Termodinámica, Máquinas Eléctricas I, Electrotecnia I y II.

En ese sentido deberán tener competencias sobre los temas: transformada de Laplace, funciones de transferencia, modelos físicos de sistemas, respuestas transitorias de sistemas eléctricos y modelos de máquinas eléctricas, así como vectores, matrices y las herramientas derivadas del análisis matemático.

En el mismo nivel se promoverá la articulación con Máquinas Eléctricas I (modelos de máquinas eléctricas en variables de estados), con Electrónica I (método de Bode aplicado a operacionales).

Verticalmente articulará con asignaturas del tronco integrador, Análisis Matemático I y II, Fundamentos para el análisis de Señales y Álgebra y Geometría Analítica (modelos en variables de estado vectorial), Fundamentos de Informática (implementación en ARDUINO IDE y Matlab), Física I y II, Termodinámica, Termodinámica, Máquinas Eléctricas I, electrotecnia I y II (modelado de sistemas físicos), Cálculo Numérico (métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales aplicado a modelos LTI).

Verticalmente articulará con asignaturas Accionamientos y Controles Eléctricos, Sistemas de Potencia y Proyecto Final.

## 6. Metodología de enseñanza

*RA1: Construye modelos en variables de estados de sistemas físicos, aplicando las herramientas y técnicas de modelado para las diferentes ramas de la ciencia determinando un conjunto de ecuaciones diferenciales que escribe en forma vectorial (variables de estado) para su posterior análisis y control, reconociendo su utilidad en el campo aplicación de la ingeniería.*

| Unidad temática | Estrategias de enseñanza y aprendizaje         | Actividades formativas y carga horaria                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                | En clase (30 hs)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Fuera clase (15 hs)                                                                                                                                                                                                                                              |
| Unidad 1        | Clase interactiva para presentación de saberes | Se presentan los saberes y modelos de diferentes sistemas físicos que confluyen en un modelo universal en variables de estado.                                                                                                                                                                                                                 | Revisión del aula virtual, revisión de PowerPoint's de clases, revisión de bibliografía propuesta por la cátedra                                                                                                                                                 |
|                 | Observación de experimentos en el aula         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se observan mediciones sobre sistemas elementales: R-C y LM35 (temperatura)</li> <li>Se ajustan las curvas obtenidas con Matlab/Simulink/ Osciloscopio a sistemas de primer orden</li> <li>Se realizan mediciones sobre un kit con motor CC y se hacen ajustes a un sistema de segundo orden</li> </ul> | Estudio de las notas de clase, powerpoints en el aula virtual y mediciones para contraste con los modelos teóricos en variables de estado y modelos de Matlab/Simulink.                                                                                          |
|                 | Análisis de caso: estudio de un motor CC       | Presentación en aula virtual de guía de puntos a resolver de un sistema real: motor CC+carga mecánica. Discusiones de resultados, preguntas y respuestas de forma grupal                                                                                                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de los modelos y cálculos necesarios para aportar conclusiones basadas en simulaciones</li> <li>Aplicación de los modelos estudiados</li> <li>Elaboración y presentación de informes y conclusiones</li> </ul> |

*RA2: Aplica la Transformada de Laplace para transformar un modelo en variables de estado lineal (LTI) a funciones de transferencia, reconociendo su importancia como herramienta práctica para la resolución y estudio de sistemas lineales de control y diseño de controladores/compensadores.*

| Unidad temática | Estrategias de enseñanza y aprendizaje                                     | Actividades formativas y carga horaria                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                            | En clase (30 hs)                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Fuera clase (15 hs)                                                                                                                                                                                                                                 |
| Unidad 2 y 3    | Clase con intercambio de ideas y presentación de saberes de forma dinámica | Se presentan los saberes y modelos de sistemas LTI con Transformada de Laplace: función transferencia. Se estudian sistemas en régimen transitorio: Sistemas de segundo orden y especificaciones en dominio de tiempo, así como régimen estacionario con entradas tipificadas y Tipo de sistema. | Revisión del aula virtual, revisión de PowerPoint's de clases, revisión de bibliografía propuesta por la cátedra                                                                                                                                    |
|                 | Se presentan, estudian y observan experimentos en el aula                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se observan mediciones sobre Kit con motor CC+carga</li> <li>Se observan curvas de seguimiento y se obtienen funciones de transferencia</li> </ul>                                                                                                        | Estudio de las notas de clase y powerpoints en el aula virtual, mediciones para contraste con los modelos teóricos con funciones de transferencia y modelos de Matlab/Simulink.                                                                     |
|                 | Análisis de caso: Motor CC con modelo a lazo cerrado                       | Presentación en aula virtual de guía de puntos a resolver de un sistema real: motor CC+carga mecánica. Discusiones de resultados, preguntas y respuestas de forma grupal                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de los modelos y cálculos necesarios para aportar conclusiones basadas en simulaciones</li> <li>Uso de los modelos y FT</li> <li>Elaboración y presentación de informes y conclusiones</li> </ul> |

*RA3: Utiliza los teoremas de estabilidad de sistemas LTI de Routh-Hurwitz, así como los métodos de Bode, Nyquist y lugar de raíces para determinar si un sistema es estable/inestable y sus posibilidades de control y estabilización posteriores, reconociendo su aplicación en la estabilidad de sistemas físicos e ingeniería.*

| Unidad temática | Estrategias de enseñanza y aprendizaje | Actividades formativas y carga horaria                                               |                                                        |
|-----------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|                 |                                        | En clase (15 hs)                                                                     | Fuera clase (7,5 hs)                                   |
|                 |                                        | Se presentan los saberes sobre el Teorema y necesidad de una herramienta como Routh- | Revisión del aula virtual, revisión de PowerPoint's de |

|          |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unidad 4 | Clase interactiva con aprendizaje activo                                        | Hurwitz, así como los métodos de Bode, Nyquist y Lugar de Raíces para estudiar de manera sistemática la estabilidad de un sistema LTI.                                                                                                                                                                                             | clases, revisión de bibliografía propuesta por la cátedra                                                                                                                                                                                                                         |
|          | Observación de experimentos en el aula con kits educativos: péndulo y ball-beam | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se observan mediciones sobre Kits reales: Arduino+Simulink de motor CC+Péndulo, Ball-beam y Péndulo+carro</li> <li>Se realizan experimentos sobre modelos de Matlab/Simulink para observar límites de estabilidad de diferentes sistemas con diferentes números de polos y ceros</li> </ul> | Estudio de las notas de clase y mediciones para contraste con los modelos teóricos con funciones de transferencia, análisis del Teorema de Routh-Hurwitz y métodos de Bode, Lugar de Raíces y Nyquist, así como modelos de Matlab/Simulink.                                       |
|          | Análisis de casos: ball-beam y carro-péndulo                                    | Presentación en aula virtual de guía de puntos a resolver de dos sistemas reales: Ball-beam y Carro+Péndulo. Discusiones de resultados, preguntas y respuestas de forma grupal                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de los modelos y cálculos necesarios para aportar conclusiones basadas en simulaciones</li> <li>Aplicación de linealización y teoremas de estabilidad</li> <li>Elaboración y presentación de informes y conclusiones</li> </ul> |

*RA4: Diseña controladores y compensadores para estabilización y mejora de sistemas reales mediante el uso de kits de laboratorio (sistemas simplificados), calculando y diseñando un controlador-compensador adecuado para cada conjunto de requerimientos transitorios y estacionarios (rechazo de perturbaciones y seguimiento), reconociendo su importancia en la aplicación a sistemas de ingeniería.*

| Unidad temática | Estrategias de enseñanza y aprendizaje | Actividades formativas y carga horaria                                                                        |                                                                                                                  |
|-----------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                        | En clase (25 hs)                                                                                              | Fuera clase (12 hs)                                                                                              |
|                 | Clase magistral interactiva            | Se presentan los saberes sobre el diseño e implementación de controladores (PID) y compensadores (Lead, Lag y | Revisión del aula virtual, revisión de PowerPoint's de clases, revisión de bibliografía propuesta por la cátedra |

|          |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unidad 5 |                                     | Lead/Lag), utilizando la combinación de saberes vistos como Routh-Hurwitz, Bode o Ligar de Raíces.                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|          | Observación de experimentos         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se observan mediciones sobre Kits reales: Arduino+Simulink de motor CC+Péndulo, Ball-beam y Péndulo+carro</li> <li>Se realizan experimentos sobre modelos de Matlab/Simulink para observar el efecto de controladores y compensadores sobre sistemas lineales y no-lineales</li> <li>Se verifican los controladores y compensadores sobre los kits reales</li> </ul> | Estudio de las notas de clase y mediciones para contraste con los modelos teóricos con funciones de transferencia, análisis y resolución de controladores con requerimientos y compensadores, así como modelos de Matlab/Simulink.                                                            |
|          | Análisis de caso de los estudiantes | Presentación en aula virtual de guía de puntos a resolver de dos sistemas reales: Ball-beam y Carro+Péndulo. Discusiones de resultados, preguntas y respuestas de forma grupal                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de los modelos y cálculos necesarios para aportar conclusiones basadas en simulaciones</li> <li>Diseño de compensadores con las técnicas estudiadas y presentadas</li> <li>Elaboración y presentación de informes y conclusiones</li> </ul> |

*RA5: Usa softwares específicos profesionales como Matlab/Simulink para determinar la robustez de los diseños obtenidos, así como su viabilidad e implementación posterior en C++ vía plataformas ARDUINO, reconociendo la necesidad y utilidad de estas herramientas en el diseño y cálculo para problemas de ingeniería.*

| Unidad temática | Estrategias de enseñanza y aprendizaje | Actividades formativas y carga horaria |                    |
|-----------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|
|                 |                                        | En clase (10 hs)                       | Fuera clase (5 hs) |
|                 |                                        |                                        |                    |

|                                                                                                                                                                                                             |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Unidad 4,5, 6 y 7                                                                                                                                                                                           | Clase expositiva interactiva                                          | Se presentan los saberes sobre la utilización de Matlab: LTI-View, así como Simulink: modelos en bloques, App Control System Designer, App de Curve Fitting y visualización de datos. Scripts de modelado de sistemas no-lineales                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Revisión del aula virtual, revisión de PowerPoint's de clases, revisión de bibliografía propuesta por la cátedra                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                             | Observación de experimentos en el aula con conexión a Matlab/Simulink | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se observan mediciones sobre Kits reales: Arduino+Simulink de motor CC+Péndulo, Ball-beam y Péndulo+carro, en los cuales es posible conectarse a Matlab mediante el puerto USB de Arduino (hardware in the loop)</li> <li>Se realizan experimentos sobre modelos de Matlab/Simulink para observar el efecto de controladores y compensadores sobre sistemas lineales y no-lineales</li> <li>Se verifican los controladores y compensadores sobre los kits reales</li> </ul> | Estudio de las notas de clase y mediciones para contraste con los modelos teóricos usando modelos de Matlab/Simulink.                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                             | Análisis de caso                                                      | Presentación en aula virtual de guía de puntos a resolver de dos sistemas reales: Ball-beam y Carro+Péndulo. Discusiones de resultados, preguntas y respuestas de forma grupal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de los modelos y cálculos necesarios para aportar conclusiones basadas en simulaciones</li> <li>Utilización de Matlab/Simulink con sus app's de control para diseño, simulación y verificación</li> <li>Elaboración y presentación de informes y conclusiones</li> </ul> |
| RA6: <i>Proyecta controladores avanzados LQR/LQG, utilizando los modelos en variables de estado junto a Matlab/Simulink para diseñar y verificar la estabilidad y robustez de un sistema LTI, junto con</i> |                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

*observadores lineales y optimización lineal, reconociendo los alcances de un modelado en variables de estado.*

| Unidad temática | Estrategias de enseñanza y aprendizaje                          | Actividades formativas y carga horaria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                 | En clase (10 hs)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Fuera clase (5hs)                                                                                                                                                                                                                                          |
| Unidad 6,7 y 8  | Clase dinámica con interacción para presentar saberes complejos | Se presentan los saberes sobre la utilización de los modelos en variables de estado presentados tempranamente, para obtener herramientas avanzadas de diseño de controladores, estabilidad y control óptimo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Revisión del aula virtual, revisión de PowerPoint's de clases, revisión de bibliografía propuesta por la cátedra                                                                                                                                           |
|                 | Observación de experimentos: aprendizaje activo                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Se observan mediciones sobre Kits reales: Arduino+Simulink de motor CC+Péndulo, Ball-beam y Péndulo+carro, en los cuales es posible conectarse a Matlab mediante el puerto USB de Arduino (hardware un the loop)</li> <li>Se realizan experimentos sobre modelos de Matlab/Simulink para observar el efecto de controladores y compensadores usando control matricial y <i>pole placement</i></li> <li>Se verifican los controladores y compensadores sobre los kits reales</li> </ul> | Estudio de las notas de clase y mediciones para contraste con los modelos teóricos usando modelos de Matlab/Simulink.                                                                                                                                      |
|                 | Análisis de casos: ball-beam y péndulo-carro                    | Presentación en aula virtual de guía de puntos a resolver de dos sistemas reales: Ball-beam y Carro+Péndulo. Discusiones de resultados, preguntas y respuestas de forma grupal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de los modelos y cálculos necesarios para aportar conclusiones basadas en simulaciones</li> <li>Aplicación de las técnicas LQR/LQG para estabilización</li> <li>Elaboración y presentación de</li> </ul> |

|  |  |  |                         |
|--|--|--|-------------------------|
|  |  |  | informes y conclusiones |
|--|--|--|-------------------------|

### Metodología de trabajo

- Exposición oral de la teoría con ayudas didácticas visuales y experimentos prácticos, para la presentación de conceptos.
- Simulación en clases (aula y laboratorios) sobre equipos ensamblados (hardware-in-the-loop) en Simulink con toolbox de control
- Mediciones y ensayos sobre equipos didácticos.
- Análisis de los resultados como una forma de afianzar los conceptos.

Para todas los Objetos de Conocimiento la mediación pedagógica será a) entrega de trabajos integradores para cada modelo/ensayo/mediciones realizadas a resolver con Matlab/Simulink o utilizando el software online WolframAlpha, b) realización de mediciones en tiempo real usando osciloscopio para su análisis en y exportación de datos a Matlab y c) defensa oral de trabajos de integración con presentación de informes.

### Metodología de dictado

La asignatura se orienta al manejo de ecuaciones diferenciales LTI, así como un uso intensivo de la transformada de Laplace para la determinación de funciones de transferencia equivalentes.

Por otro lado, se promueve el contraste continuo entre teoría (modelos y herramientas matemáticas) con aplicaciones prácticas: mediciones y simulaciones, incentivando a las y los estudiantes a que adquieran habilidades para la manipulación de herramientas de cálculo avanzado e identifiquen el problema a tratar, su desarrollo teórico, su aplicación práctica y su posterior resolución computacional.

También se enfocarán los contenidos en las metodologías de aprendizaje centrado en el estudiante (ACE), en la formación por competencias (FxC) y en el uso intensivo del aprendizaje activo (AA).

En virtud de ello, la metodología de dictado consistirá en:

- Desarrollo de clases teórico – prácticas mediante exposición presencial ó virtual con el uso intensivo de AA.
- Aprendizaje basado en problemas.
- Mediciones y conclusiones, exportando datos de estudio a Matlab/Simulink.
- Resolución de casos prácticos reales: kits demostrativos y ejemplos.

Se proveerá a las y los estudiantes de guías de problemas o casos de estudio específicos para su resolución grupal y exposición, y también se promoverá el uso de software de ingeniería con procesadores de cálculo simbólico Matlab/Simulink, WolframAlpha o Maple que ayudará en la resolución de los problemas a abordar en la asignatura.

En lo que respecta a la enseñanza de saberes, se presenta el desagregado en saberes conocer, saberes hacer y saberes ser.

*Saberes conocer (CG1): Modelado de sistemas dinámicos y sistemas de control, teoremas de estabilidad: Routh-Hurwitz, Bode y Nyquist así como el método aproximado de lugar de raíces. Diseño de compensadores y controladores con función de transferencia. Diseño de controladores y observadores*

usando variables de estado: LQR/LQG. Se evalúa esta competencia mediante la exposición oral de los trabajos presentados, el informe y su resolución, con preguntas hacia el/la estudiante o preguntas de pares.

Saberes hacer (CG2 y CG4): Planteo de modelos físicos en variables de estado, obtención de funciones de transferencia para su estudio de estabilidad y diseño de controladores. Mediciones y contrastes en equipos didácticos con instrumentos y Matlab/Simulink. Se evalúan éstas competencias, desde los planteos de cada caso, razonamientos y uso de las herramientas de la materia en el informe presentado y en la puesta en escena en los kits didácticos.

Saberes ser (CG6, CG7 y CG9): Respeto por la igualdad de género, participación en foros temáticos, cumplimiento de fechas de entrega de prácticos. Utilización del modelo de plantilla para la entrega de trabajos prácticos integradores. Se evalúa en la presentación y organización de las exposiciones orales, así como la coordinación en grupo y tiempos de entrega.

## 7. Recomendaciones para el estudio

Se recomienda a las y los estudiantes, asistir regularmente a clases, en donde se acompañan un sistema de aprendizaje activo, presentando casos reales en kits medibles en tiempo real con Matlab/Simulink. Por otro lado, es muy recomendable leer y estudiar nuevamente los powerpoint de guía en el aula virtual, así como una lectura profunda de la bibliografía de referencia citada. Del mismo modo, se sugiere comprobar de manera individual los resultados de Matlab/Simulink obtenidos en clases, así como sus propias conclusiones, preguntas y dudas.

## 8. Metodología y estrategias de evaluación

*RA1: Construye modelos en variables de estados de sistemas físicos, aplicando las herramientas y técnicas de modelado para las diferentes ramas de la ciencia determinando un conjunto de ecuaciones diferenciales que escribe en forma vectorial (variables de estado) para su posterior análisis y control, reconociendo su utilidad en el campo aplicación de la ingeniería.*

| Criterios de evaluación                                                                                                                       | Actividades de evaluación                    | Instrumentos de evaluación | Tipo de evaluación (Diagn./Form./Sumativa) (Auto/co/Heteroevaluación)                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta de manera ordenada y correcta los modelos con ecuaciones diferenciales de sistemas</li> </ul> | Resolución de un problema profesional grupal | Rúbrica                    | Sumativa e integradora grupal: saber exponer y presentar ideas y resultados. Saber hacer: modelar y analizar |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                            |                              |                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>electromecánicos de kits educativos: de sistemas reales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza simulaciones en Matlab/Simulink de los modelos obtenidos</li> </ul>                                                                                                                                                  |                                                                            |                              |                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Redacta de forma compacta, concreta y ordenada un informe sobre los modelos, conclusiones y cálculos obtenidos</li> <li>Entrega en tiempo correcto el informe</li> <li>Expone de manera clara y correcta los resultados hallados, junto con sus modelos, cálculos y conclusiones</li> </ul> | <p>Presentación escrita y exposición oral de resultados y conclusiones</p> | <p>Grilla de observación</p> | <p>Sumativa grupal: saber hacer para redactar un informe.<br/>Saber ser: trabajo en equipo</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza Simulink, para obtener diagramas de bloques y simulaciones que contrastan los</li> </ul>                                                                                                                                                                                            | <p>Aplicación de Matlab/Simulink</p>                                       | <p>Rubrica</p>               | <p>Formativa individual: saber hacer con los modelos y técnicas estudiadas</p>                 |

| modelos<br>obtenidos                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                            |                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>RA2: Aplica la Transformada de Laplace para transformar un modelo en variables de estado lineal (LTI) a funciones de transferencia, reconociendo su importancia como herramienta práctica para la resolución y estudio de sistemas lineales de control y diseño de controladores/compensadores</i></p> |                                              |                            |                                                                                                              |
| Criterios de evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Actividades de evaluación                    | Instrumentos de evaluación | Tipo de evaluación<br>(Diagn./Form./Sumativa)<br>(Auto/co/Heteroevaluación)                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Obtiene un modelo de función transferencias a partir de los obtenidos para los kits reales, con variables de estado, identificando sus polos y ceros</li> <li>Analiza simulaciones en Matlab/Simulink de los modelos obtenidos</li> </ul>                             | Resolución de un problema profesional grupal | Rúbrica                    | Sumativa e integradora grupal: saber exponer y presentar ideas y resultados. Saber hacer: modelar y analizar |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Redacta de forma compacta, concreta y ordenada un informe sobre los modelos, conclusiones y</li> </ul>                                                                                                                                                                |                                              |                            |                                                                                                              |

| <p>cálculos obtenidos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega en tiempo correcto el informe</li> <li>Expone de manera clara y correcta los resultados hallados, junto con sus modelos, cálculos y conclusiones</li> </ul>                                                                                                            | <p>Presentación escrita y exposición oral de resultados y conclusiones</p> | <p>Grilla de observación</p>      | <p>Sumativa grupal: saber hacer para redactar un informe. Saber ser: trabajo en equipo</p>                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza Simulink, para obtener diagramas de bloques y simulaciones que contrastan los modelos obtenidos</li> </ul>                                                                                                                                                                                       | <p>Aplicación de Matlab/Simulink</p>                                       | <p>Rubrica</p>                    | <p>Formativa individual: saber hacer con los modelos y técnicas estudiadas</p>                                      |
| <p><i>RA3: Utiliza los teoremas de estabilidad de sistemas LTI de Routh-Hurwitz, así como los métodos de Bode, Nyquist y lugar de raíces para determinar si un sistema es estable/inestable y sus posibilidades de control y estabilización posteriores, reconociendo su aplicación en la estabilidad de sistemas físicos e ingeniería.</i></p> |                                                                            |                                   |                                                                                                                     |
| <p>Criterios de evaluación</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Actividades de evaluación</p>                                           | <p>Instrumentos de evaluación</p> | <p>Tipo de evaluación (Diagn./Form./Sumativa) (Auto/co/Heteroevaluación)</p>                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Plantea de manera correcta el método de Routh-Hurwitz a partir de funciones de transferencia de lazo abierto y cerrado</li> </ul>                                                                                                                                                                        | <p>Resolución de un problema profesional grupal</p>                        | <p>Rúbrica</p>                    | <p>Sumativa e integradora grupal: saber exponer y presentar ideas y resultados. Saber hacer: modelar y analizar</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                     |                       |                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica los métodos de Bode, Lugar de Raíces y Nyquist estudiar la estabilidad de un sistema SISO (una entrada y una salida) de lazo cerrado</li> <li>• Analiza simulaciones en Matlab/Simulink de los modelos obtenidos</li> </ul>                                                              |                                                                     |                       |                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redacta de forma compacta, concreta y ordenada un informe sobre los modelos, conclusiones y cálculos obtenidos</li> <li>• Entrega en tiempo correcto el informe</li> <li>• Expone de manera clara y correcta los resultados hallados, junto con sus modelos, cálculos y conclusiones</li> </ul> | Presentación escrita y exposición oral de resultados y conclusiones | Grilla de observación | Sumativa grupal: saber hacer para redactar un informe.<br>Saber ser: trabajo en equipo |

| <ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza Simulink, para obtener diagramas de bloques y simulaciones que contrastan los modelos obtenidos</li> <li>Utiliza Lugar de Raíces y Bode en la App Control System Designer</li> </ul>                                                                                                                                                                                     | Aplicación de Matlab/Simulink                | Rubrica                    | Formativa individual: saber hacer con los modelos y técnicas estudiadas                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>RA4: Diseña controladores y compensadores para estabilización y mejora de sistemas reales mediante el uso de kits de laboratorio (sistemas simplificados), calculando y diseñando un controlador-compensador adecuado para cada conjunto de requerimientos transitorios y estacionarios (rechazo de perturbaciones y seguimiento), reconociendo su importancia en la aplicación a sistemas de ingeniería.</i></p> |                                              |                            |                                                                                                              |
| Criterios de evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Actividades de evaluación                    | Instrumentos de evaluación | Tipo de evaluación (Diagn./Form./Sumativa) (Auto/co/Heteroevaluación)                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Plantea de manera correcta el método de Routh-Hurwitz a partir de funciones de transferencia de lazo abierto y cerrado</li> <li>Aplica los métodos de Bode, Lugar de Raíces y Nyquist obtener controladores PID y compensadores:</li> </ul>                                                                                                                                      | Resolución de un problema profesional grupal | Rúbrica                    | Sumativa e integradora grupal: saber exponer y presentar ideas y resultados. Saber hacer: modelar y analizar |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                            |                              |                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Lead, Lag y Lead/Lag para sistemas reales (kits)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza simulaciones en Matlab/Simulink de los modelos obtenidos</li> <li>Aplica la App Control System Designer de Simulink para lograr precisión en sus diseños de controladores y compensadores</li> </ul> |                                                                            |                              |                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Redacta de forma compacta, concreta y ordenada un informe sobre los modelos, conclusiones y cálculos obtenidos</li> <li>Entrega en tiempo correcto el informe</li> <li>Expone de manera clara y correcta los resultados hallados, junto con sus modelos,</li> </ul>  | <p>Presentación escrita y exposición oral de resultados y conclusiones</p> | <p>Grilla de observación</p> | <p>Sumativa grupal: saber hacer para redactar un informe.<br/>Saber ser: trabajo en equipo</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                            |                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| cálculos y conclusiones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                              |                            |                                                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza Simulink, para obtener diagramas de bloques y simulaciones que contrastan los modelos obtenidos</li> <li>Utiliza Lugar de Raíces y Bode en la App Control System Designer</li> </ul>                                                                                                     | Aplicación de Matlab/Simulink                | Rubrica                    | Formativa individual: saber hacer con los modelos y técnicas estudiadas                                      |
| <p><i>RA5: Usa softwares específicos profesionales como Matlab/Simulink para determinar la robustez de los diseños obtenidos, así como su viabilidad e implementación posterior en C++ vía plataformas ARDUINO, reconociendo la necesidad y utilidad de estas herramientas en el diseño y cálculo para problemas de ingeniería.</i></p> |                                              |                            |                                                                                                              |
| Criterios de evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Actividades de evaluación                    | Instrumentos de evaluación | Tipo de evaluación (Diagn./Form./Sumativa) (Auto/co/Heteroevaluación)                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza simulaciones en Matlab/Simulink con sus respectivos diagramas de bloques, exportación de datos al Workspace y</li> </ul>                                                                                                                                                                 | Resolución de un problema profesional grupal | Rúbrica                    | Sumativa e integradora grupal: saber exponer y presentar ideas y resultados. Saber hacer: modelar y analizar |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                            |                              |                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>figuras correspondientes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplica la App Control System Designer de Simulink para lograr precisión en sus diseños de controladores y compensadores</li> </ul>                                                                                                                              |                                                                            |                              |                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redacta de forma compacta, concreta y ordenada un informe sobre los modelos, conclusiones y cálculos obtenidos</li> <li>• Entrega en tiempo correcto el informe</li> <li>• Expone de manera clara y correcta los resultados hallados, junto con sus modelos, cálculos y conclusiones</li> </ul> | <p>Presentación escrita y exposición oral de resultados y conclusiones</p> | <p>Grilla de observación</p> | <p>Sumativa grupal: saber hacer para redactar un informe.<br/>Saber ser: trabajo en equipo</p> |
| <p><i>RA6: Proyecta controladores avanzados LQR/LQG, utilizando los modelos en variables de estado junto a Matlab/Simulink para diseñar y verificar la estabilidad y robustez de un sistema LTI, junto con</i></p>                                                                                                                       |                                                                            |                              |                                                                                                |

*observadores lineales y optimización lineal, reconociendo los alcances de un modelado en variables de estado.*

| Criterios de evaluación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Actividades de evaluación                    | Instrumentos de evaluación | Tipo de evaluación<br>(Diagn./Form./Sumativa)<br>(Auto/co/Heteroevaluación)                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Calcula controladores matriciales a partir de sistemas LTI en variables de estado</li> <li>• Obtiene los polos de lazo cerrado o impone polos de lazo cerrado para obtener una matriz de ganancias con <i>pole placement</i></li> <li>• Obtiene controladores óptimos usando los resultados provenientes de la resolución LMI</li> <li>• Analiza observadores lineales</li> <li>• Construye modelos en Simulink con sus controladores y observadores</li> <li>• Aplica la App Control System Designer de Simulink para</li> </ul> | Resolución de un problema profesional grupal | Rúbrica                    | Sumativa e integradora grupal: saber exponer y presentar ideas y resultados. Saber hacer: modelar y analizar |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                     |                       |                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| lograr precisión en sus diseños de controladores y compensadores                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                     |                       |                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Redacta de forma compacta, concreta y ordenada un informe sobre los modelos, conclusiones y cálculos obtenidos</li> <li>Entrega en tiempo correcto el informe</li> <li>Expone de manera clara y correcta los resultados hallados, junto con sus modelos, cálculos y conclusiones</li> </ul> | Presentación escrita y exposición oral de resultados y conclusiones | Grilla de observación | Sumativa grupal: saber hacer para redactar un informe.<br>Saber ser: trabajo en equipo |

*La evaluación será del tipo integradora y se desagrega en 2 condiciones:*

Condiciones para la aprobación directa: será condición para la aprobación directa

a) Entrega en tiempo y forma de los trabajos prácticos solicitados

b) Correcta exposición y defensa de los informes entregados.

Quienes aprueben las instancias a) y b), estarán en condiciones de aprobación directa. Cada trabajo práctico integrador referente a cada modelo abordado, tendrá una instancia de recuperación luego de la fecha de entrega excedida. Los estudiantes que no aprueben la instancia de recuperación de algún trabajo integrador perderán el cursado de la materia.

Condiciones para la aprobación indirecta: los estudiantes que aprueben la entrega de trabajos prácticos, pero con una nota inferior a 6 aunque superior a 4, tendrán derecho a la aprobación indirecta de la materia en un todo de acuerdo con lo estipulado en la Ordenanza 1549.

Las y los estudiantes que no alcancen los objetivos de aprobación directa o indirecta, deberán recurrir a la materia.

### 9. Cronograma de clases/trabajos prácticos/exámenes

| Clase   | Docente                          | Descripción del Tema                                                                                                                                                                                                                                        | Clase Teórica            | Clase Práctica |
|---------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|
|         |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                             | Marcar según corresponda |                |
| Clase 1 | Andrés García                    | Introducción a la materia. Coordinación de actividades.<br><br>Evaluación Diagnóstica. Repaso de conceptos                                                                                                                                                  | x                        | x              |
| Clase 2 | Andrés García                    | Concepto de sistema dinámico y sistema de control. Ejemplos                                                                                                                                                                                                 | X                        | X              |
| Clase 3 | Andrés García<br>Y Luis Mosquera | Ejemplos de sistemas dinámicos y sistemas de control. Ejemplos<br><br>ilustrativos y demostrativos                                                                                                                                                          | X                        | X              |
| Clase 4 | Andrés García                    | Realimentación: Concepto de sistemas de control de lazo abierto y<br><br>cerrado. Ejemplos. Modelos matemáticos de los diferentes<br><br>sistemas físicos: eléctricos, mecánicos, termodinámicos. Ejemplo<br><br>demostrativo (LM 35: curva de temperatura) | X                        | X              |
| Clase 5 | Andrés García<br>Y Luis Mosquera | Exposición del 1º Informe: Modelado de un<br><br>sistema real vs Simulink de motor CC con taquimétrica                                                                                                                                                      |                          | X              |
| Clase 6 | Andrés García                    | Ecuaciones diferenciales lineales e invariantes en tiempo.                                                                                                                                                                                                  | X                        | X              |
| Clase 7 | Andrés García                    | Funciones de transferencia usando transformada de Laplace. Polos y ceros.                                                                                                                                                                                   | X                        | X              |
| Clase 8 | Andrés García                    | Ejemplos prácticos. Linealización: péndulo y matriz exponencial.<br><br>Mediciones usando demostradores en tiempo real con osciloscopio<br><br>y contraste con modelos                                                                                      | X                        | X              |

|          |                               |                                                                                                                                                                                                  |   |   |
|----------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Clase 9  | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones en tiempo real de un sistema péndulo. Matlab-Simulink, Arduino                                                                                                                        | X | X |
| Clase 10 | Andrés García                 | Diagramas de bloques y álgebras de bloques. Diagrama de bloques básicos de lazo cerrado. Grafos de señal: método de Mason                                                                        | X | X |
| Clase 11 | Andrés García                 | Sistemas de Segundo Orden y su modelo normalizado                                                                                                                                                | X | X |
| Clase 12 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones en tiempo real sobre un equipo motor CC con taquimétrica. Modelado y control                                                                                                          | X | X |
| Clase 13 | Andrés García                 | Entradas de referencia y perturbación o carga                                                                                                                                                    | X | X |
| Clase 14 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones en tiempo real sobre un equipo motor CC con taquimétrica. Uso del generador de funciones para proveer diferentes entradas de referencia                                               | X | X |
| Clase 15 | Andrés García                 | Definición del concepto de tipo de sistema ante entradas tipificadas                                                                                                                             | X | X |
| Clase 17 | Andrés García                 | Concepto de seguimiento y error                                                                                                                                                                  | X | X |
| Clase 18 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones sobre un motor CC, generador de funciones y equipo restador de potencia. Seguimiento-Error                                                                                            | X | X |
| Clase 19 | Andrés García                 | Estabilidad SISO. Estabilidad en el sentido de Lyapunov                                                                                                                                          | X | X |
| Clase 20 | Andrés García y Luis Mosquera | Exposición del 2º Informe: Modelado en bloques y control de un sistema real vs Simulink de motor CC con taquimétrica                                                                             |   | X |
| Clase 21 | Andrés García y Luis Mosquera | Implementación real en kit con motor DC de los controladores desarrollados en los informes                                                                                                       | X | X |
| Clase 22 | Andrés García                 | Efectos de la realimentación unitaria y no unitaria. Criterios y su aplicación                                                                                                                   | X | X |
| Clase 23 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones y simulaciones en Matlab/Simulink observando el efecto de una realimentación no-unitaria                                                                                              | X | X |
| Clase 24 | Andrés García                 | Método de Routh. Régimen estacionario o permanente                                                                                                                                               | X | X |
| Clase 25 | Andrés García                 | Simulaciones, diseño de un controlador usando el método de Routh. App's de Matlab                                                                                                                | X | X |
| Clase 26 | Andrés García                 | Sistemas de mayor orden: efecto de polos y ceros adicionales. Ejemplos prácticos y demostrativos. Efecto Windup y compensador anti-windup                                                        | X | X |
| Clase 27 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones y estimación de una función de transferencia utilizando la App de estimación de Matlab y Motor CC. Controlador PID. Sistemas con retardo. Ajuste PID por el método de Ziegler-Nichols | X | X |
| Clase 28 | Andrés García                 | Simulaciones en Matlab-Simulink de los efectos de un retardo sobre la estabilidad de lazo cerrado                                                                                                | X | X |

|          |                               |                                                                                                                                                                                                             |   |   |
|----------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Clase 29 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones sobre un sistema Ball-Beam en tiempo real usando Arduino                                                                                                                                         | X | X |
| Clase 30 | Andrés García                 | Clase de repaso de temas del 1º cuatrimestre                                                                                                                                                                | X | X |
| Clase 31 | Andrés García y Luis Mosquera | Respuesta en Frecuencia. Método de Bode: reglas aproximadas asintóticas. Ejemplo demostrativo usando el filtro de polo ajustable                                                                            | X | X |
| Clase 32 | Andrés García                 | Márgenes de fase y ganancia. Sistemas de fase no-mínima                                                                                                                                                     | X | X |
| Clase 33 | Andrés García                 | Márgenes de estabilidad para sistemas de segundo orden. Ejemplos de análisis. Análisis con SISO-tool de Matlab. Ejemplos                                                                                    | X | X |
| Clase 34 | Andrés García y Luis Mosquera | Compensación en cascada y por realimentación. Compensador lead: diseño usando respuesta en frecuencia. Ejemplos de aplicación                                                                               | X | X |
| Clase 35 | Andrés García y Luis Mosquera | Compensador lag: diseño usando respuesta en frecuencia. Ejemplos de aplicación. Compensador lead-lag. Ejemplos de aplicación                                                                                | X | X |
| Clase 36 | Andrés García                 | Criterio de estabilidad de Nyquist. Márgenes de fase y ganancia. Margen vectorial. Ejemplos prácticos                                                                                                       | X | X |
| Clase 37 | Andrés García y Luis Mosquera | Casos típicos aplicando el método de Nyquist. Ejemplos prácticos y Demostrativos                                                                                                                            | X | X |
| Clase 38 | Andrés García                 | Repaso de Nyquist, Linealización, Matriz Exponencial: Péndulo Invertido                                                                                                                                     | X | X |
| Clase 39 | Andrés García                 | Lugar de Raíces: Ejemplo motivador y trazado del lugar sobre el eje real                                                                                                                                    | X | X |
| Clase 40 | Andrés García y Luis Mosquera | Ejemplos prácticos. Trazado del lugar de raíces: Asíntotas, raíces múltiples, cruces en el eje imaginario                                                                                                   | X | X |
| Clase 41 | Andrés García                 | Angulos de partida y llegada. Ejemplo de análisis                                                                                                                                                           | X | X |
| Clase 42 | Andrés García                 | Ejemplos ilustrativos usando la técnica de lugar de raíces. Selección de un valor del parámetro para una dada respuesta                                                                                     | X | X |
| Clase 43 | Andrés García y Luis Mosquera | Compensadores dinámicos: Compensador lead: diseño con lugar de raíces. Ejemplo de aplicación                                                                                                                | X | X |
| Clase 44 | Andrés García y Luis Mosquera | Compensador lag y lead-lag: diseño con lugar de raíces. Ejemplos prácticos                                                                                                                                  | X | X |
| Clase 45 | Andrés García y Luis Mosquera | Exposición del 3º Informe: Modelado y control de un sistema real vs Simulink: Ball-Beam                                                                                                                     |   | X |
| Clase 46 | Andrés García y Luis Mosquera | Aplicación de los controladores desarrollados en los informes sobre el kit real                                                                                                                             | X | X |
| Clase 47 | Andrés García                 | Representación de sistemas físicos mediante variables de estado. Introducción al control en variables de estado. Solución completa de un sistema de control lineal invariante en tiempo. Ejemplos prácticos | X | X |

|          |                               |                                                                                                                                                                                 |   |   |
|----------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Clase 48 | Andrés García                 | Sistemas No-Lineales en variables de estado. Linealización. Ejemplos                                                                                                            | X | X |
| Clase 49 | Andrés García                 | Controlabilidad y Observabilidad. Formas canónicas. Ejemplos prácticos                                                                                                          | X | X |
| Clase 50 | Andrés García                 | Matriz de estado o transición. Ecuación de transición. Transformaciones de variables de estado. Ejemplos prácticos y demostrativos                                              | X | X |
| Clase 51 | Andrés García                 | Cálculo de la matriz de transición                                                                                                                                              | X | X |
| Clase 52 | Andrés García                 | Aproximación por métodos numéricos usando Matlab                                                                                                                                | X | X |
| Clase 53 | Andrés García y Luis Mosquera | Ejemplos de análisis utilizando modelos lineales invariantes en tiempo. El caso del motor de CC con carga lineal                                                                | X | X |
| Clase 54 | Andrés García y Luis Mosquera | Ejemplos de análisis utilizando modelos no-lineales: linealización                                                                                                              | X | X |
| Clase 54 | Andrés García y Luis Mosquera | El caso del motor de asincrónico: ecuación de torque no-lineal                                                                                                                  | X | X |
| Clase 55 | Andrés García y Luis Mosquera | Ejemplos de análisis de controlabilidad: Análisis de robots móviles y del segway                                                                                                | X | X |
| Clase 56 | Andrés García                 | Función de transferencia y autovalores. Relación entre ceros y polos de una función transferencia con la representación en variables de estado. Método de Nyquist multivariable | X | X |
| Clase 57 | Andrés García                 | Concepto de estabilidad para sistemas en variables de estado. Autovalores y polos. Ejemplos prácticos                                                                           | X | X |
| Clase 58 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones usando un péndulo invertido                                                                                                                                          | X | X |
| Clase 59 | Andrés García                 | Método de cálculo de controladores de lazo cerrado por asignación de autovalores: pole placement                                                                                | X | X |
| Clase 60 | Andrés García                 | Ejemplos. Criterios de optimización de sistemas de control. Regulador cuadrático lineal (LQR)                                                                                   | X | X |
| Clase 61 | Andrés García                 | Observadores lineales (3hs)                                                                                                                                                     | X | X |
| Clase 62 | Andrés García y Luis Mosquera | Mediciones usando un péndulo invertido-Arduino                                                                                                                                  | X | X |
| Clase 63 | Andrés García y Luis Mosquera | Exposición del 4º Informe: Modelado y control de un sistema real vs Simulink: Péndulo invertido                                                                                 |   | X |
| Clase 64 | Andrés García y Luis Mosquera | Aplicación de los controladores desarrollados en los informes sobre el kit real                                                                                                 | X | X |

## 10. Recursos necesarios

La cátedra se desarrolla sobre tres ejes fundamentales:

- Modelos, conceptos y teorías para la representación de sistemas de control y sistemas dinámicos
- Simulaciones en Simulink/Matlab o Wolfram-Alpha

- Estudio de casos reales sobre los que se realizan mediciones: kits disponibles en el aula

En este sentido, será fundamentales contar entonces, con al menos un proyector HDMI, fuentes de alimentación DC, multímetros digitales, osciloscopios digitales con capacidad de conexión USB y aula virtual.

## **11. Función Docencia**

### **11.1 Reuniones de asignatura y área**

Por tratarse de una materia anual, se prevén dos reuniones anuales con el departamento y una reunión semanal con el Docente Jefe de Trabajos Prácticos. En particular, una reunión previa al comienzo del dictado de la cátedra con el Jefe de Trabajos Prácticos.

### **11.2 Orientación de las y los estudiantes**

La materia no requiere visitas a campus o instalaciones externas.

### **11.3. Atención de las y los estudiantes**

La atención de las y los estudiantes se realiza de manera permanente, en particular cada año se acondiciona la dinámica de la cátedra para cumplir los RA de manera óptima.

En este sentido, no sólo se facilitan preguntas en cada clase (aprendizaje activo y participativo) sino que además de atienden consultas por correo electrónico, Whatsapp o incluso foros en el aula virtual.

Los puntos en los que se acompaña a las y los estudiantes pueden resumirse de la siguiente forma:

- Momento de recuperación de actividades no entregadas y no alcanzadas
- Actividades previas a la clase que deben realizar los estudiantes (sugerencias de revisión de conceptos teóricos y actividades prácticas, así como un recordatorio de las actividades pendientes).
- Actividades posteriores a la clase que deben realizar los estudiantes, en horario no presencial.
- Actividades de aprendizaje autónomo.

## **12. Proyecto de Investigación en el que participa**

**Nombre del Proyecto:** BBENECI237 Técnicas de control no-lineal aplicadas a convertidores de potencia en sistemas de energías renovables

**Grupo de Investigación:** FR Bahía Blanca - DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA-GESE

**Director:** Dr. Andrés García

**Tipo de proyecto:** PID Equipos en consolidación CON incentivos

**Fecha de Inicio:** 1/4/2025

**Fecha de Finalización:** 31/3/2028

#### **12. 1 Impacto del proyecto de investigación en la cátedra.**

Los temas abordados en el PID mencionado, trae ejemplos reales de aplicación de técnicas de control, modelado y sistemas no-lineales referentes al modelado y control de aerogeneradores de potencia con inyección en red.

#### **13. Información Complementaria función Investigación y Extensión (si corresponde)**

##### **13.1. Lineamientos de Investigación de la cátedra**

Se hace extensiva la técnica de aprendizaje activo mediante la publicación de resultados en diferentes congresos-, así como la dirección de proyectos finales de carrera.

##### **13.2. Lineamientos de Extensión de la cátedra**

Se propone la extensión de la cátedra hacia desarrollos sociales que involucren soluciones de mecatrónica y control.

##### **13.3. Actividades en las que pueden participar las/os estudiantes**

Ha resultado claro que, mediante el estudio de casos reales y la posibilidad de contar con kits demostrativos in-situ, despierta el espíritu creativo e innovador de las y los estudiantes. Es de hacer notar que a lo largo de los años se han observado estudiantes que se inscriben en becas SAE y sCyT a partir del interés obtenido en la cátedra.

#### **14. Contribución de la asignatura a los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Se incorporan a través de la concientización de que la optimización de recursos y energía, como resulta en el estudio de controladores óptimos, o minimizando acciones de control, son un objetivo que siempre contribuye a colaborar con el medio ambiente de forma sostenible. En este sentido, la ODS 11: Ciudades y comunidades sustentables, encuentra en los sistemas de control y una gran ayuda.