

Área de conocimiento: **SISTEMAS DE CONTROL**

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Régimen: anual

Nivel: 5to. Año

Carga horaria: 6 hs/sem

Profesora (DS): Ing. Patricia N. Baldini

Jefe de Trabajos Prácticos (DS): Ing. Pablo FUCILE

OBJETIVOS Y COMPETENCIAS A DESARROLLAR

La materia integra los conocimientos básicos fundamentales de la Teoría de Control Clásica y moderna. Tiene por objetivo introducir al estudiante en la comprensión de los conceptos básicos de los sistemas de control y el sentido de la realimentación. Se orienta inicialmente a entender la importancia de disponer de un modelo adecuado del sistema, reconociendo las equivalencias entre las diferentes representaciones, con un enfoque global apoyado en su carácter interdisciplinario. Se busca lograr la aprehensión y el dominio de los métodos y técnicas tradicionales para modelar, analizar, planificar sistemas de control y para diseñar controladores de uso frecuente en el dominio del tiempo y de la frecuencia, a fin de verificar objetivos específicos, predefinidos, de estabilidad y desempeño. Se fomenta el uso de simulaciones como herramienta de especial importancia para el análisis de sistemas en general, y para el diseño de controladores en particular. Se fomenta el desarrollo de los criterios para definir especificaciones de comportamiento al mismo tiempo que se comprenden las limitaciones estructurales que pueden existir en algunos sistemas para lograr objetivos arbitrarios. Se plantea la necesidad de sistemas híbridos y los métodos para el diseño de controladores discretos con su problemática específica.

Los objetivos se pueden describir como:

- Desarrollar la habilidad para la modelización, la simulación mediante software específico y el análisis de los sistemas físicos y sus unidades de control.
- Interpretar los efectos de la realimentación y de las diferentes acciones de control sobre el comportamiento dinámico del sistema en régimen transitorio y permanente.
- Analizar la estabilidad absoluta y relativa del sistema realimentado y la influencia de la ganancia de lazo.

- Seleccionar las acciones de control adecuadas para el control automático a partir de especificaciones en el dominio del tiempo y de la frecuencia.
- Proporcionar una visión unificada de los dominios de control en tiempo continuo y en tiempo discreto, estudiando los diversos métodos de análisis para tener de antemano una estimación del comportamiento de los mismos.
- Diseñar controladores básicos en sus diferentes configuraciones mediante metodologías en los dominios del tiempo y de la frecuencia, a partir de modelos de Función Transferencia y de variables de estado.
- Comprender la problemática de los sistemas híbridos y la implementación de controladores digitales y desarrollar algoritmos de control discreto para controladores de tipo PID.

Al alcanzarse los objetivos de la materia el/la alumno/a deberá desarrollar competencias tanto tecnológicas como interpersonales.

Dentro de las competencias tecnológicas a fomentar:

- Utilizar de manera racional y efectiva las técnicas y herramientas conceptuales y prácticas desarrolladas en la asignatura y su aplicación para planificar y controlar proyectos de Ingeniería del Control.
- Capacidad para evaluar la factibilidad de especificaciones de comportamiento de un sistema de control específico y las modificaciones necesarias para conseguirlo.
- Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería asociados al Control Automático.
- Competencia para articular proyectos multidisciplinarios de Control Automático.
- Desarrollar la base de pensamiento para poder aprender en forma continua y autónoma las nuevas tecnologías y avances en el campo del Control y la Automática.
- Utilizar software específico (Simlab, Octave, Matlab) como herramienta de apoyo orientada a la simulación de los modelos obtenidos, para visualizar y resignificar los resultados de los problemas planteados .

En el campo de las competencias interpersonales debería desarrollar, entre otras:

- Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- Habilidad para la comunicación eficaz oral y escrita de ideas y argumentos.
- Capacidad grupal e individual de gestionar la organización y el manejo de tiempos.

ANÁLISIS DE CONTENIDOS

En las primeras Unidades Temáticas se desarrollan temas introductorios que permitirán conocer la relación entre automatización y control, la terminología, la simbología y los componentes básicos de un sistema de control automático y comenzar a comprender el rol que desempeña la realimentación y la interdisciplinariedad de la disciplina. Asimismo se introducen los distintos tipos de modelos para representar a los sistemas mostrando su equivalencia entrada-salida y remarcando diferencias y ventajas. Se recalca la importancia del modelo y su relación con las técnicas de análisis y diseño. Por otra parte se desarrollan las metodologías para el análisis y

simulación de la respuesta temporal dinámica del sistema a partir de su modelo. Se justifica el tipo de entradas de referencias típicas del control para reguladores y seguidores. Se introduce también el concepto de identificación particularmente paramétrica.

Las Unidades Temáticas siguientes, basados en el modelo matemático de Función Transferencia para sistemas SISO y conjuntamente con la representación mediante diagramas de bloques y las técnicas de reducción que permiten representar a todo sistema de forma unificada independientemente de su naturaleza, se orientan al análisis y diseño de sistemas de control desde el punto de vista de la respuesta temporal, basados en el concepto de polos dominantes. Se ponen especial énfasis en la estabilidad mediante el criterio de Routh e del Lugar de las Raíces.

Posteriormente se desarrollan los tópicos referidos a las Técnicas de Respuesta en Frecuencia, donde se estudian la estabilidad absoluta y relativa, las relaciones empíricas del comportamiento temporal con los parámetros frecuenciales y se fundamenta la compensación a partir del concepto de Margen de Ganancia y Margen de Fase mediante gráficos de Bode.

En base a los modelos en variables de estado, se complementan las posibilidades metodológicas para sistemas determinísticos, lineales e invariantes en el tiempo, SISO o MIMO, con aquellas enmarcadas en el denominado enfoque moderno, con los conceptos de controlabilidad y observabilidad. Se estudia la asignación de polos mediante realimentación de estados y la necesidad de observadores de estado para cumplimentarla.

Las Unidades finales se orientan a los sistemas en tiempo discreto y sistemas híbridos de mayor actualidad. Se presentan las problemáticas particulares de los sistemas en tiempo discreto y los métodos de diseño e implementación algorítmica de controladores básicos.

ARTICULACIÓN CON OTRAS MATERIAS

La base de conocimiento sobre la cual se construye la teoría de Control requiere de temas que forman parte de los contenidos de varias materias predecesoras, fundamentalmente:

- **Análisis de Señales y Sistemas:** capacita para el entendimiento y el manejo de las herramientas del análisis complejo y sus transformadas (respuesta temporal natural y forzada para tiempo continuo y discreto; respuesta en frecuencia con la noción de filtrado). Proporciona el primer acercamiento la noción de muestreo y aliasing.
- **Física II:** desarrolla los principios físicos para la comprensión y el modelado de diferentes componentes eléctricos y magnéticos, transductores o sensores de los sistemas a estudiar.
- **Teoría de Circuitos I y II:** proporciona herramientas de modelado en de sistemas eléctricos, para el trazado de gráficos de Bode y el diseño de filtros analógicos y discretos.
- **Electrónica Aplicada I y II :** introduce las herramientas para la comprensión del funcionamiento y los efectos de los controladores analógicos.
- **Medidas Electrónicas I:** introduce un elemento fundamental de todo sistema realimentado representado por los sensores; describe el acondicionamiento de la señales a ser medidas, facilita la comprensión del concepto de ruido de medida y de la transducción de señales para su comparación.
- **Máquinas e Instalaciones Eléctricas:** permite la comprensión del funcionamiento de elementos que son utilizados frecuentemente en los sistemas de control como actuadores en el caso de servomecanismos.

- **Sistemas Digitales II:** refuerza la noción de muestreo, describe el funcionamiento de convertidores A/D y D/A y microprocesadores, elementos fundamentales para comprender la problemática del control digital.

Proyectándose a las materias electivas, los contenidos desarrollados sirven de fundamento y tienen aplicación directa en las asignaturas del Área Sistemas de Control: Electrónica Industrial (instrumentación y sensores de temperatura, caudal, presión, etc) Y Sistemas de Control Industrial (Automatización, PLC)

En el caso de otras materias del quinto año, esta materia encuentra temas de raíz común en

- **Medidas Electrónicas II** (analizadores espectrales, mediciones en amplificadores, transductores ópticos, magnéticos, acústicos, etc)
- **Electrónica de Potencia** (control de velocidad de motores de CC y CA, técnica de PWM)

METODOLOGÍA UTILIZADA

El desarrollo del cursado se apoya en el Aula Virtual (plataforma Moodle) donde se pone a disposición del/la alumna toda la información relevante de la materia: el programa actualizado, sistema de cursado, material de estudio, ejercicios, guías de trabajos prácticos e informes, auto evaluaciones, enlaces a páginas de Internet con animaciones interactivas o videos, y todo otro material que le permita autogestionar su aprendizaje. Por otra parte, en el mismo ámbito se habilita un foro de intercambio entre alumnos y docentes para evacuar dudas y realizar aportes.

Las unidades temáticas se desarrollan en clase incluyendo la presentación de las ideas principales a ser profundizadas posteriormente por los estudiantes, el debate sobre estas ideas y el desarrollo y discusión de problemas prácticos que sirvan de ejemplo.

A los efectos de la integración de conocimientos y de estimular tanto el auto aprendizaje como el trabajo en equipo, se presentan problemas transdisciplinarios, de aplicación a diferentes áreas, que deben ser resueltos en comisiones de dos o tres alumnos, fuera de clase, y que incluyen el uso de bibliografía, investigación, simulaciones computacionales y la entrega de un informe con análisis de resultados y conclusiones sobre los mismos.

Se utiliza, para introducir la teoría, un modelo de enseñanza básicamente expositivo, fomentando la discusión con y entre los alumnos, dada la extensión de los temas incluidos y la necesidad de establecer un ritmo de avance.

Se emplean casos prácticos como disparadores de la temática a presentar de modo que su justificación resulte evidente. Se pone especial énfasis en asociar cada tema con sus ámbitos de aplicación y se resuelven ejemplos fomentando la intervención activa de los alumnos.

En las clases prácticas se emplea una guía de ejercicios que facilite el desarrollo de la habilidad para aplicar las distintas metodologías de análisis y diseño introducidas y se aplica un método participativo en la resolución de los mismos con la propuesta de soluciones por parte de los estudiantes y el debate sobre las distintas posibles alternativas propuestas, favoreciendo la comunicación docente-alumno y entre los mismos alumnos, así como la autonomía de pensamiento. Se recurre a simulaciones utilizando software específico (Scilab, Octave o Matlab) para aclarar y fijar en mayor medida los conceptos complejos y a la construcción de modelos en condiciones realistas que pueden incluir, por ejemplo, ruido de sensado o no linealidades, en ambiente SIMULINK o Xcos por su valor didáctico.

Contemplando la necesidad de incentivar habilidades prácticas, se piensa incluir actividades de formación profesional en el laboratorio utilizando el típico sistema de control de un motor de CC en sus versiones de control de velocidad y de posición. Estas experiencias contemplan un trabajo en equipo por parte de los/as estudiantes, previo a su desarrollo. Se propone comenzar con la modelización e identificación paramétrica del motor en base a registros de datos entrada-salida, realizar la comparación y analizar el comportamiento real y basado en simulaciones. Posteriormente, se seleccionará y sintonizará un controlador en base a especificaciones para finalizar con su implementación en versión digital sobre un micro controlador incluido en el sistema. La experiencia se completa con la presentación de un informe con la justificación del controlador propuesto, los resultados observados y las mejoras logradas.

Se incluyen por otro lado trabajos integradores de formación, como medio de internalizar los conceptos y las herramientas estudiadas mediante su aplicación en problemas concretos de índole diversa. El objetivo didáctico es contextualizar la enseñanza no solo mediante ejemplos o simulaciones, de modo que resulte claro que el control no queda restringido a la electrónica sino que esta es, en general, un componente fundamental en muchas disciplinas.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Se concibe a la evaluación como un proceso complejo y multidimensional que, lejos de ser una simple actividad valorativa, constituye un elemento clave en la calidad de los aprendizajes, puesto que las decisiones que toman los estudiantes para gestionar sus estudios están condicionadas por las demandas de la evaluación a las que tienen que enfrentarse. Este proceso continuo, integral y participativo permite disponer de información relevante recolectada por diferentes medios o actividades planificadas.

No se trata sólo de promover el aprendizaje y comprobarlo en relación a lo que el estudiante sabe sobre un tema (saber y saber explicar cómo), sino que además, ha de ser capaz de justificar, aplicar, hacer, actuar, interpretar, interrelacionar en función y en relación a lo que sabe en diferentes contextos.

La evaluación es usada como una estrategia que permea el proceso de enseñanza y aprendizaje. Permite la reflexión y valoración de las acciones realizadas para determinar si los aprendizajes y las actitudes procedimentales previstas han sido logrados, en función del desempeño individual y grupal en las distintas actividades, como componente primordial; de los criterios con que se caracteriza a dicho desempeño y los productos del aprendizaje como evidencias.

Condiciones para el Cursado y la Aprobación Directa

-Evaluación formativa continua:

Resolución por grupos de problemas integradores con simulaciones para comprobar resultados y presentación de informe escrito. Total de 7 entregas de informes, con posibilidad de reentrega.

-Evaluación parcial sumativa:

dos evaluaciones presenciales de resolución de ejercicios cada una con su respectivo recuperatorio.

-Evaluación de competencias actitudinales y procedimentales (basada en rúbrica):

De ser posible se incluyen tres experiencias de laboratorio presenciales sobre un sistema de control de un motor de CC ya que permiten mostrar la manera de relacionar los resultados matemáticos con los aspectos prácticos de un sistema de control. En su defecto, se reemplazan por laboratorios virtuales.

Se inicia con registro de datos de entrada-salida para la identificación paramétrica de los parámetros del modelo físico. Se validan resultados por comparación de valores medidos con

aquellos simulados. Se diseñan estrategias de control discreto en base a requisitos temporales y se programan sobre el micro procesador del dispositivo.

Se evalúa el trabajo previo de cálculos, la participación e integración, la capacidad argumentativa y para solucionar conjuntamente con los compañeros los problemas que puedan presentarse.

Condiciones para Aprobación Directa: las dos evaluaciones parciales aprobadas, todos los informes presentados en tiempo y forma aprobados y las instancias de laboratorio aprobadas. (nota: $0,6 \text{ Nota promedio parciales} + 0,25 \text{ Nota promedio informes} + 0,15 \text{ Nota Laboratorio}$)

Para Cursado: Promedio de notas de parciales no inferior a 6 puntos, 4 informes aprobados, todos los informes presentados a tiempo y las instancias de laboratorio aprobadas.

Prof. Ing. Patricia N. Baldini