



PROGRAMA ANALÍTICO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA
CARRERA: INGENIERÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES
PLAN DE ESTUDIO: 2023 VERSIÓN: 0
MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL
ORIENTACIÓN: NO POSEE

ASIGNATURA: SISTEMA DE CONTROL

CÓDIGO: 2414

DOCENTE RESPONSABLE

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Guillermo N. González	Doctor en Ciencias de la Ingeniería	Profesor Adjunto	Exclusiva

EQUIPO DOCENTE

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Guillermo N. González	Doctor en Ciencias de la Ingeniería	Profesor Adjunto	Exclusiva
Germán E. Oggier	Doctor en Ciencias de la Ingeniería	Ayudante de Primera	Semi-Exclusiva
Christian Buzzio	Ingeniero Electricista	Ayudante de Primera	Semi-Exclusiva

AÑO ACADÉMICO: 2024

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 3ER. AÑO

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
2404	2612
-	6625

DURACIÓN: 15 semanas



ASIGNACIÓN DE HORAS:

Carga horaria semanal: 5h	Carga horaria total: 75h	RTF: 7.5
Teóricas: 35h	Prácticas: 40 h	Teórico-prácticas: ... h

Distribución de las actividades de formación práctica	Resolución de problemas tipo	15 h
	Problemas de ingeniería	15 h
	Laboratorio	5 h
	Proyecto integrador	5 h
	Trabajo de campo	... h
	Práctica socio-comunitaria	... h
	Práctica profesional	... h

FUNDAMENTACIÓN

Sistemas de control es una asignatura que pertenece al área de las tecnologías aplicadas, según consta en el plan de estudios de la carrera Ingeniería en Energías Renovables año 2023 versión 0, RCD 323/22. Con esta asignatura se pretende que el alumno sea capaz de diseñar, proyectar y calcular sistemas de control simples. Se considera que es una asignatura fundamental para la formación de un Ingeniero en Energías Renovables.

Los contenidos están de acuerdo a los contenidos mínimos indicados en el plan de estudios de la carrera Ingeniería en Energías Renovables y se han organizado sobre la base de una secuencia que avanza en niveles de complejidad crecientes.

De esta manera se aborda, en primera instancia, la descripción y las principales aplicaciones de los sistemas de control automático simples. Se realiza el análisis de los sistemas a lazo abierto y a lazo cerrado y el modelado de sistemas dinámicos básicos. También se analiza la respuesta temporal, transitoria y en régimen permanente de los sistemas dinámicos, como así también su estabilidad. Finalmente, el estudio se centra en el análisis y diseño de sistemas de control por medio del método del lugar geométrico de las raíces y por medio del método de respuesta en frecuencia. Además, en la última parte de la asignatura se brinda a los alumnos algunas nociones de instrumentación industrial y Controladores Lógicos Programables (o PLC). La metodología de enseñanza está basada en clases teóricas y prácticas, en estas últimas se resuelven los problemas de modelado y diseño de una guía de trabajos prácticos y se realizan simulaciones numéricas mediante computadoras.

Para evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes se realizan dos exámenes parciales escritos con problemas de aplicación práctica donde se pretende evaluar los conceptos importantes de la asignatura y al mismo tiempo verificar el correcto uso de las herramientas matemáticas propias de dicha disciplina. Finalmente, se realiza una evaluación final oral con el objetivo de promover la integración general de los conceptos trabajados en la asignatura y entrenar al estudiante en cuanto a sus capacidades de expresión oral.

COMPETENCIAS GENÉRICAS

Competencia genérica	Capacidades asociadas	Capacidades componentes
1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	1. a. Capacidad para identificar y formular problemas. 1. b. Capacidad para realizar una búsqueda creativa de soluciones y seleccionar criteriosamente la alternativa más adecuada.	1.a.2. Ser capaz de identificar y organizar los datos pertinentes al problema. 1.a.3. Ser capaz de evaluar el contexto particular del problema e incluirlo en el análisis. 1.a.4. Ser capaz de delimitar el problema y formularlo de manera clara y precisa. 1.b.1. Ser capaz de generar diversas alternativas de solución a un problema ya formulado.



		1.b.2. Ser capaz de desarrollar criterios profesionales para la evaluación de las alternativas y seleccionar la más adecuada en un contexto particular.
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	4. a. Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles.	4.a.1. Ser capaz de acceder a las fuentes de información relativas a las técnicas y herramientas y de comprender las especificaciones de las mismas. 4.a.2. Ser capaz de conocer los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas a utilizar y de reconocer los campos de aplicación de cada una de ellas y de aprovechar toda la potencialidad que ofrecen.
7. Comunicarse con efectividad.	7. b. Capacidad para producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.), y presentaciones públicas.	7. b.1. Ser capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita. 7. b.3. Ser capaz de producir textos técnicos (descriptivos, argumentativos y explicativos), rigurosos y convincentes.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS

Actividades reservadas/Alcances	Competencias específicas
1. Diseñar, proyectar y calcular máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, térmicos y de fluidos mecánicos, sistemas de almacenaje de sólidos, líquidos y gases; dispositivos mecánicos en sistemas de generación de energía; y sistemas de automatización y control.	1.1. Diseñar y desarrollar proyectos de máquinas, estructuras, instalaciones y sistemas mecánicos, térmicos y de fluidos mecánicos, sistemas de almacenaje de sólidos, líquidos y gases; dispositivos mecánicos en sistemas de generación de energía; y sistemas de automatización y control.

PROPÓSITO GENERAL DE LA ASIGNATURA

Promover en el estudiante, la capacidad y competencias necesarias para el análisis y diseño sistemas de control lineales de diferente naturaleza física partiendo de la obtención de un modelo matemático evaluando su comportamiento dinámico a lazo abierto para posteriormente proponer y diseñar, el compensador dinámico más adecuado, que en lazo cerrado cumpla con requerimientos transitorios y de régimen permanente.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Modelar sistemas dinámicos de diferente naturaleza para posteriormente analizar su comportamiento dinámico y diseñar controladores considerando sistemas lineales e invariantes en el tiempo de una entrada y una salida.

Diseñar compensadores dinámicos para controlar sistemas físicos cumpliendo con requerimientos en cuanto al comportamiento transitorio y de régimen permanente.

CONTENIDOS

CONTENIDOS MÍNIMOS

- Sistemas de medición, instrumentación y control.
- Instrumentos y técnicas de medición de variables.
- Modelado en el dominio del tiempo y de la frecuencia.
- Respuesta temporal y de régimen permanente.
- Análisis y síntesis utilizando el método del lugar geométrico de las raíces.
- Análisis y síntesis utilizando el método de la respuesta en frecuencia.



- Técnicas de sintonización de controladores semi empíricos.
- Introducción a los autómatas programables.

CONTENIDOS ANALÍTICOS

Eje Temático 1: Introducción y modelado matemático

Unidad 1 Introducción a los sistemas de control automático.

- 1.1. Descripción y aplicaciones de sistemas de control automático.
- 1.2. Sistemas a lazo abierto y a lazo cerrado.
- 1.3. Componentes fundamentales de los sistemas de control automático.
- 1.4. Acciones básicas de control, si/no, P, PI, PD.
- 1.5. El ingeniero de sistemas de control.
- 1.6. Objetivos del análisis y diseño.
- 1.7. El proceso de diseño.
- 1.8. Ejemplos.
- 1.9. Resolución de problemas.

Unidad 2 Modelado matemático

- 2.1. La representación general en el espacio de estados.
- 2.2. La función de transferencia.
- 2.3. Diagramas de bloques.
- 2.4. Ejemplos de funciones de transferencia de sistemas reales.
- 2.5. Funciones de transferencia de un sistema electromecánico (servomotor de CC).
- 2.6. Análisis y diseño de sistemas realimentados.
- 2.7. No linealidades y linealización.
- 2.8. Resolución de problemas.

Eje Temático 2: Respuesta transitoria y error en régimen permanente

Unidad 3 Respuesta transitoria y estabilidad

- 3.1. Polos, ceros y respuesta temporal.
- 3.2. Sistemas de primer orden.
- 3.3. Sistemas de segundo orden.
- 3.4. Compensación mediante ajuste de ganancia.
- 3.5. Compensación mediante realimentación taquimétrica.
- 3.6. Sistemas de orden superior.
- 3.7. Resolución de problemas.

Unidad 4 Error en estado estable

- 4.1. Error en estado estable para sistemas con realimentación unitaria.
- 4.2. Constantes de error estático y tipo de sistemas.
- 4.3. Especificaciones de error en régimen estacionario.
- 4.4. Error en estado estable con perturbaciones.
- 4.5. Error en estado estable para sistemas con realimentación no unitaria.
- 4.6. Resolución de problemas.

Eje Temático 3: Análisis y diseño usando el lugar geométrico de las raíces

Unidad 5 Análisis usando el lugar geométrico de las raíces

- 5.1. Definición del lugar geométrico de las raíces.
- 5.2. Trazado del lugar geométrico de las raíces.
- 5.3. Gráficas del lugar geométrico de las raíces.
- 5.4. Diseño de la respuesta transitoria por medio del ajuste de la ganancia.



- 5.5. Gráficas de contornos de las raíces.
- 5.6. Resolución de problemas.

Unidad 6 Diseño por medio del lugar geométrico de las raíces

- 6.1. Corrección de la respuesta transitoria por medio de compensación en cascada. Compensación PD y Adelanto.
- 6.2. Corrección de error en estado estacionario por medio de compensación en cascada. Compensación PI y Atraso.
- 6.3. Mejoramiento de error y respuesta transitoria. Compensación PID y Atraso/adelanto.
- 6.4. Resolución de problemas.

Eje Temático 4: Análisis y diseño usando la respuesta en frecuencia de sistemas

Unidad 7 Análisis usando la técnica de respuesta en frecuencia

- 7.1. Introducción a la técnica de respuesta en frecuencia.
- 7.2. Aproximaciones asintóticas de las trazas de Bode.
- 7.3. Introducción al criterio de Nyquist.
- 7.4. Determinación de la estabilidad por medio del diagrama de Nyquist.
- 7.5. Estabilidad, margen de ganancia y margen de fase por medio de las trazas de Nyquist y Bode.
- 7.6. Relación entre la respuesta transitoria en lazo cerrado y la respuesta en frecuencia en lazo abierto.
- 7.7. Características del error en estado estacionario a partir de la respuesta en frecuencia.
- 7.8. Sistemas con retardo de transporte.
- 7.9. Obtención de funciones de transferencia experimentalmente.
- 7.10. Resolución de problemas.

Unidad 8 Diseño usando la técnica de respuesta en frecuencia

- 8.1. Respuesta transitoria por medio del ajuste de ganancia.
- 8.2. Compensación por atraso de fase.
- 8.3. Compensación por adelanto de fase.
- 8.4. Compensación en adelanto-atraso de fase.
- 8.5. Compensación PID.
- 8.6. Resolución de problemas de diseño.

Eje Temático 5: Introducción a la instrumentación y control industrial

Unidad 9 Controladores Lógicos Programables (PLC)

- 9.1. Introducción
- 9.2. Estructura y Operación.
- 9.3. Conceptos de Programación.

Unidad 10 Sensores y actuadores

- 10.1. Introducción.
- 10.2. Sensores de medidas eléctricas (corriente, tensión).
- 10.3. Sensores de temperatura, presión y humedad.
- 10.4. Sensores de proximidad, posición y velocidad angular y lineal.
- 10.5. Sensores de caudal.
- 10.6. Motores de CC y CA.
- 10.7. Cilindros hidráulicos.
- 10.8. Ejemplo de sensores y actuadores, hojas de datos.
- 10.9. Criterios de Selección



METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE

Para lograr los resultados de aprendizaje, y que los estudiantes desarrollen las competencias propuestas, se recurre a los siguientes procedimientos:

- Cada tema se introduce, inicialmente de manera conceptual, para luego ampliar y formalizar los conceptos a través de su desarrollo teórico, se dan ejemplos prácticos, se realiza la resolución de problemas, usando el pizarrón, y también usando herramientas computacionales especializadas (Matlab y Simulink).
- Con el objetivo de integrar los conceptos estudiados, el alumno debe desarrollar, en conjunto con los docentes, una guía de trabajos prácticos, que consiste en los diferentes pasos necesarios para diseñar un sistema de control automático, incluyendo modelado, análisis, diseño y simulación en computadora digital usando Matlab y Simulink. El desarrollo de esta guía de trabajos prácticos es realizado de manera modular, siendo cada módulo coincidente con los temas desarrollados en las clases teóricas, desde el eje temático 1 hasta el eje temático 4 del programa analítico de la asignatura. El eje temático 5 es independiente de los anteriores.
- Se presentan diferentes problemas de autoevaluación que contemplan sistemas físicos de diferente naturaleza donde el alumno debe resolverlos utilizando los conceptos y herramientas vistas en clase sin la ayuda de los docentes. Una vez que el alumno entrega la actividad dentro de una fecha acordada, los docentes proporcionan la solución completa del problema para que el alumno pueda autoevaluarse.
- Se prevé una práctica de laboratorio sobre un sistema físico que tiene los mismos parámetros que los problemas desarrollados en la guía de trabajos prácticos, por lo que es posible realizar una validación experimental de las simulaciones realizadas.
- Se exige la lectura de la bibliografía básica, sin embargo, se fomenta la lectura de bibliografía técnica complementaria y la discusión de ésta en clase.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para valorar los procesos, los resultados de aprendizaje y el desarrollo de las competencias propuestas en este programa, el equipo docente de la asignatura recurre a los siguientes instrumentos de evaluación:

- Durante el cursado se proponen dos instancias evaluativas escritas de carácter parcial con nota de aprobación igual a 5 (o mayor), cada una con su correspondiente recuperación, que constan de resolución de problemas similares a los que se realizan en la guía de trabajos prácticos de la asignatura. Es condición necesaria para la promoción de la asignatura, la obtención de una nota igual a 7 (o mayor) en cada una de las instancias evaluativas. Cronológicamente, estos parciales se tomarán equiespaciados durante la cursada dejando el final del cuatrimestre para la recuperación de los mismos y los coloquios de promoción.
- Es condición necesaria para obtener la regularidad y promoción de la asignatura, la asistencia de al menos el 80 % de las clases teóricas y prácticas que se dicten y del 100% de las clases de laboratorio que se dicten.
- Aquellos alumnos que cumplan con las condiciones necesarias de promoción mencionadas en los puntos anteriores, podrán concretar dicha promoción rindiendo un coloquio final el cual se tomará al final del cuatrimestre una vez concluidas las instancias de recuperación de cada uno de los parciales prácticos. El alumno puede optar por no rendir este coloquio quedando en la condición de alumno regular.

La asignatura completa su régimen de evaluación para alumnos regulares y libres de la siguiente manera,

- Alumnos regulares: examen final oral teórico de carácter integrador.
- Alumnos libres: examen práctico donde el alumno debe resolver problemas similares a los vistos durante la cursada con una nota de aprobación de 5 (o mayor). En el caso de aprobar este examen, se procederá a la instancia de examen oral teórico de carácter integrador.



FORMACIÓN PRÁCTICA

Actividad	Eje	Tema	Tipo	Entrega y evaluación
Guía TP: Ejercicios 1 y 2	1	Modelado matemático	Práctico	No posee
Guía TP: Ejercicios 3 y 4	2	Respuesta en el tiempo y control de sistemas a lazo abierto	Práctico	No posee
Guía TP: Ejercicio 5	1	Análisis y diseño de sistemas de control on-off	Práctico	No posee
Guía TP: Ejercicios 6 y 7	2	Control proporcional y error en régimen permanente	Práctico	No posee
Ejercicio de autoevaluación N°1	1-2	Temas de ejes temáticos 1 y 2	Práctico	1 semana luego de comenzar la actividad
Guía TP: Ejercicios 8 - 11	3	Análisis y diseño de sistemas de control utilizando LGR	Práctico	No posee
Ejercicio de autoevaluación N°2	3	Temas de ejes temático 3	Práctico	1 semana luego de comenzar la actividad
Guía TP: Ejercicios 12 - 14	4	Análisis y diseño de sistemas de control utilizando RF	Práctico	No posee
Ejercicio de autoevaluación N°3	4	Temas de ejes temático 4	Práctico	1 semana luego de comenzar la actividad
Práctica de laboratorio	1-5	Control de temperatura de un "horno eléctrico"	Laboratorio	Se entrega informe sobre la actividad realizada

PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS

No posee.

CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES, PARCIALES y ACTIVIDADES DE FORMACIÓN PRÁCTICA

Actividad/Tema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Eje temático 1	■	■	■												
Eje temático 2			■	■	■										
1er Parcial						■									
Eje temático 3							■	■	■						
Eje temático 4										■	■	■			
2do Parcial													■		
Eje temático 5			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Recuperatorios														■	
Coloquio final integrador															■

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN BÁSICAS Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:

Básica

Título	Autores	Año, Edición, Editorial	Ejemplares disponibles	Eje temático			
				1	2	3	...
Ingeniería de Control moderna.	Ogata, Katsuhiko.	2010, 5ta ed., Pearson Prentice Hall	3	X	X	X	X



Sistemas de Control para Ingeniería.	Nise, Norman	2005, 3ra ed., C.E.C.S.A.	4	X	X	X	X
Sistemas de control automático.	Kuo, Benjamin	1996, 7ma ed., Prentice Hall	10	X	X	X	X

De consulta

Título	Autores	Año, Edición, Editorial	Ejemplares disponibles	Eje temático			
				1	2	3	...
Ingeniería de Control moderna.	Ogata, Katsuhiko.	1998, 3ra ed., Pearson Prentice Hall	6	X	X	X	X

HORARIOS DE CLASES

DIA	HORARIO	LUGAR
Miércoles	17 a 20 h.	Sala de Informática 1 – Fac. de Ing.
Viernes	17 a 19 h.	Sala de Informática 1 – Fac. de Ing.

HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS

DIA	HORARIO	LUGAR
Lunes	10 a 12 h	Sala de Informática 3 – Dto. de Tec. Química.
Jueves	8 a 10 h	Lugar a combinar.
Otros a combinar con los alumnos		

AULA VIRTUAL:

Aula virtual en la plataforma Classroom de Google.

Link para unirse a la clase: <https://classroom.google.com/c/NjU1OTIwNDA3Mzg1?cjc=rvuvr7x>

REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN

Las condiciones requeridas para alcanzar ya sea la condición regular como promocional se ajustan a lo establecido en el anexo I de la Res. CS. N° 120/17 y a la Res. CD N° 138/18, Res. CD N° 121/19 y Res. CD N° 259/22, estableciéndose los siguientes requisitos:

Requisitos generales:

- Asistir, al menos, al 80 % de las clases teóricas y prácticas que se dicten.
- Asistir al 100% de las clases de laboratorio que se dicten.
- Entregar el 100% de los informes de laboratorio.
- Entregar el 100% de los ejercicios de autoevaluación.
- La aprobación o recuperación de todos los parciales y coloquios deberá realizarse, al menos, dos días antes de la fecha final de carga de regularidades en el SIAL, fecha establecida por la Facultad.

Requisitos para alcanzar la regularidad:

- Aprobar, con una calificación mayor o igual a 5, los dos exámenes parciales o sus correspondientes instancias de recuperación. Los recuperatorios se tomarán al final del cuatrimestre.

Requisitos para alcanzar la promoción:

- Iguales exigencias que para la regularidad, a excepción de que los dos exámenes parciales deberán aprobarse con calificaciones mayor o igual a 7 (en lugar de 5), y la exigencia de rendir y aprobar un coloquio individual, oral al final del cuatrimestre.



Instancias de evaluación previstas:

- Dos exámenes parciales prácticos con sus respectivos recuperatorios.
- Coloquio final oral para la promoción.

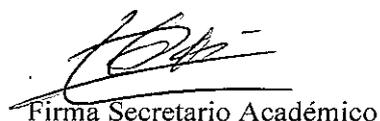
CARACTERÍSTICAS Y MODALIDAD DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXAMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES

EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
1 ^{er} Parcial	Práctico	Escrito	7 días	7 días
2 ^{do} Parcial	Práctico	Escrito	7 días	7 días
Recuperatorio Parcial 1,2	Práctico	Escrito	1 día	1 día
Coloquio Final	Teórico	Oral	---	---

EXAMENES FINALES	
Alumnos en condición regular	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Teórico	Oral
Alumnos en condición libre	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Práctico	Escrito
Teórico	Oral



Firma Docente Responsable



Firma Secretario Académico