



## PROGRAMA ANALÍTICO

**FACULTAD: INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**PLAN DE ESTUDIO: 2005**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**ORIENTACIÓN: GENERAL**

**ASIGNATURA: SISTEMAS DE CONTROL**

**CÓDIGO: 0336**

**DOCENTE RESPONSABLE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Guillermo O. García	Doctor en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica	Profesor Titular	Exclusiva

**EQUIPO DOCENTE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Guillermo O. García	Doctor en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica	Profesor Titular	Exclusiva
Guillermo González	Doctor en Ciencias de la Ingeniería	Ayudante de Primera	Semi-Exclusiva
Pablo de la Barrera	Doctor en Control de Sistemas	Jefe de Trabajos Prácticos	Exclusiva

**AÑO ACADÉMICO: 2020**

**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria**

**RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 4TO. AÑO**

**RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0321	0408
-	0319



### **ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Horas Totales		(90 h.)	
	Semanales	(06 h.)	
	Teóricas	(45 h.)	
	Prácticas	Resolución de problemas	(25 h.)
		Laboratorio	(12 h.)
		Proyecto	(08 h.)
		Trabajo de campo	(0,0 h.)
	Teórico-Prácticas	(0,0 h.)	

### **FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:**

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 Mecánica año 2005 versión 0, RCD 204/18. 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 Mecánico.

Los contenidos están de acuerdo a los contenidos mínimos indicados en el plan de estudios de la carrera Ingeniería Mecánica 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.

Se realiza una “evaluación diagnóstica” durante la segunda semana de la cursada, que tiene por objetivo evaluar los conocimientos con los que los alumnos inician la cursada. Se realizan evaluaciones formativas a lo largo del cuatrimestre mediante la realización de “informes de la guía de trabajos prácticos”, que tienen por objetivo entrenar al alumno en cuanto a sus capacidades de expresión escrita. Además, se realizan tres “evaluaciones parciales escritas”, que tienen por objetivo evaluar los conocimientos adquiridos por el alumno de manera modular. 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 alumno en cuanto a sus capacidades de expresión oral.



## **OBJETIVOS PROPUESTOS:**

Como objetivos generales se considera:

- Introducir los conceptos básicos de los Sistemas de Control Automático.
- Introducir la formulación de las especificaciones de Sistemas de Control.
- Entrenar al alumno para que sea capaz de seleccionar, en aplicaciones simples, la estrategia de control más adecuada.
- Introducir al alumno en temas relacionados con el diseño de lazos de control y sistemas automáticos.

## **COMPETENCIAS:**

- **Competencias genéricas**

- *Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.* Capacidad para identificar y formular problemas. El estudiante será capaz de identificar y organizar los datos pertinentes al problema.

- *Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.* Capacidad para identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles.

- a) El estudiante será capaz de acceder a las fuentes de información relativas a las técnicas y herramientas, y de comprender las especificaciones de las mismas.
- b) El estudiante será capaz de conocer los alcances y limitaciones de las técnicas y herramientas a utilizar, de reconocer los campos de aplicación de cada una de ellas y de aprovechar toda la potencialidad que ofrecen.

- *Competencia para comunicar con efectividad.* Capacidad para producir e interpretar textos técnicos. El estudiante será capaz de expresarse de manera concisa, clara y precisa, tanto en forma oral como escrita.

- **Competencias específicas**

- Competencia para diseñar y desarrollar proyectos simples relacionados con sistemas de control.

## **EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:**

**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.

### **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.

### **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.



### **Unidad 7** Análisis usando la técnica de respuesta en frecuencia

- 7.1. Introducción a las técnicas 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 fase.
- 8.5. Compensación PID.
- 8.6. Resolución de problemas de diseño.

### **Unidad 9** Controladores Lógicos Programables (PLC)

- 10.1 Introducción
- 10.2 Estructura y Operación.
- 10.3 Conceptos de Programación.

### **Unidad 10** Sensores y actuadores

- 9.1. Introducción.
- 9.2. Sensores de medidas eléctricas (corriente, tensión).
- 9.3. Sensores de temperatura, presión y humedad.
- 9.4. Sensores de proximidad, posición y velocidad angular y lineal.
- 9.5. Sensores de caudal.
- 9.6. Motores de CC y CA.
- 9.7. Cilindros hidráulicos.
- 9.8. Ejemplo de sensores y actuadores, hojas de datos.
- 10.4 Criterios de Selección

### **FORMAS METODOLÓGICAS:**

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 “tiza y pizarrón” y también usando herramientas computacionales especializadas (Matlab y Simulink).

Con el objetivo de integrar los conceptos estudiados, el alumno debe desarrollar 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 la unidad 1 hasta la Unidad 8 del programa analítico de la asignatura. La Unidad 9 es independiente de las anteriores. Los temas de la Unidad 10, dependiendo de la cursada, se van desarrollando a medidas que el tiempo lo va permitiendo, en paralelo con otros temas teóricos y prácticos.

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.

**PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:**

No posee.

**CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES Y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:**

Actividad / Tema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Unidad 1	■														
Unidad 2		■													
Evaluación Diagnostica	■	■													
Unidad 3			■												
Unidad 4				■											
1er Parcial	■	■	■	■	■	■									
Unidad 5					■	■	■								
Unidad 6							■	■							
2er Parcial	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Unidad 7									■	■	■				
Unidad 8											■	■	■		
3er Parcial	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Unidad 9	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Unidad 10													■	■	■

**Nómina de Trabajos Prácticos de resolución de problemas:**

La asignatura posee una única guía de trabajos prácticos que aborda progresivamente todos los temas que se dictan a lo largo del cuatrimestre.

**Resumen del Cronograma de Evaluaciones Parciales**

**Evaluación de Revisión:** 2da semana, modelado de sistemas simples, gráficos de funciones y resolución de ecuaciones diferenciales usando la transformada de Laplace.



**Entrega 1er Informe Practico:** 6ta semana, Unidades 1 a 4.  
**1ra Evaluación Parcial:** 6ta semana, Unidades 1 a 4.  
**Entrega 2do Informe Practico:** 10<sup>a</sup> semana, Unidades 5 y 6.  
**2da Evaluación Parcial:** 10<sup>a</sup> semana, Unidades 5 y 6.  
**Entrega 3er Informe Practico:** 15<sup>a</sup> semana, Unidades 7 y 8.  
**3ra Evaluación Parcial:** 15<sup>a</sup> semana, Unidades 7 y 8.  
**Coloquio Oral Integrador:** 16<sup>a</sup> semana

La recuperación de notas, de parciales o trabajos prácticos desaprobados, se realizara a través de coloquios orales, en tiempos a convenir con los alumnos.

**BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:**

Título	Autor/es	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles en biblioteca central
Ingeniería de Control moderna. 5a ed.	Ogata, Katsuhiko.	Pearson Prentice Hall	2010	3
Sistemas de Control para Ingeniería 3ra ed.	Nise, Norman	C.E.C.S.A	2005	4
Ingeniería de Control moderna. 4a ed.	Ogata, Katsuhiko.	Pearson Prentice Hall	2003	10
Sistemas de control automático. 7 <sup>a</sup> ed.	Kuo, Benjamin	Prentice-Hall	1996	10

**HORARIO DE CLASES:**

DÍA	HORARIO
Miércoles	16 a 19 h.
Viernes	16 a 19 h.

**HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:**

DÍA	HORARIO	LUGAR
Lunes	10 a 12 h.	GEA-Norte
Martes	10 a 12 h.	GEA-Norte
Jueves	10 a 12 h.	GEA-FI



## **REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:**

### **CONDICIONES PARA PROMOCIONAR LA MATERIA**

- a) Asistir, al menos, al 80 % de las clases teóricas y prácticas que se dicten.
- b) Asistir al 100% de las clases de laboratorio que se dicten.
- c) Aprobar, con una calificación promedio mayor o igual a 7, la prueba de diagnóstico y los tres exámenes parciales. Se podrán recuperar las notas de todas las evaluaciones a través de coloquios orales individuales a ser combinado con los alumnos.
- d) Presentar, antes del día de cada uno de los tres exámenes parciales, los informes parciales de la guía de trabajos prácticos relacionados con los temas dados hasta una semana antes. El citado informe podrá ser realizado en grupos de hasta cuatro alumnos.
- e) Aprobar un coloquio individual, oral, final integrador.
- f) La entrega y aprobación de todos los informes de la Guía de Trabajos Prácticos, 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.
- g) **Condiciones para regularizar la materia**
- h) Iguales exigencias que para la promoción, a excepción de que la prueba de diagnóstico y los tres exámenes parciales deberán aprobarse con un promedio de calificaciones mayor o igual a 5 (en lugar de 7).

## **CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXÁMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES**

### **CONDICIONES PARA APROBAR EL EXAMEN FINAL COMO ALUMNO REGULAR**

- a) Aprobar un examen teórico conceptual que puede incluir temas de todo el programa analítico del año en curso (se hayan dictado o no durante la cursada del alumno).

### **CONDICIONES PARA APROBAR EL EXAMEN FINAL COMO ALUMNO LIBRE**

- a) Aprobar un examen práctico, que consistirá en la resolución de dos temas de la guía de trabajos prácticos del año en curso, usando Matlab, Simulink y otras herramientas que puedan ser necesarias, lo mismo que se exige a los alumnos para regularizar o promocionar la materia.
- b) Aprobar un examen teórico, escrito, que puede incluir temas de todo el programa analítico del año en curso (se hayan dictado o no durante la cursada del alumno), lo mismo que se exige a los alumnos regulares.

<b>EXÁMENES PARCIALES</b>				
<b>INSTANCIA EVALUATIVA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MODALIDAD</b>	<b>TIEMPO DE CORRECCIÓN</b>	<b>TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES</b>
<b>Parcial</b>	<b>Práctico</b>	<b>Escrito</b>	<b>10 días</b>	<b>10 días</b>



*Universidad Nacional de Río Cuarto*  
*Facultad de Ingeniería*

“2019 – AÑO DE LA EXPORTACIÓN”

<b>EXÁMENES FINALES</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>MODALIDAD</b>
<b>Examen Regular: Práctico – Teórico</b>	<b>Escrito – Oral</b>
<b>Examen Libre: Práctico – Teórico</b>	<b>Escrito – Oral</b>

Firma Docente Responsable

Firma Secretario Académico



**PROGRAMA ANALÍTICO  
ANEXO I**

FACULTAD:	<b>INGENIERIA</b>
DEPARTAMENTO:	<b>Electricidad y Electrónica</b>
CARRERA:	<b>Ingeniería Mecánica</b>
PLAN DE ESTUDIO:	<b>2005</b>
ASIGNATURA:	<b>SISTEMAS DE CONTROL</b>
CÓDIGO:	<b>336</b>
DOCENTE RESPONSABLE:	<b>GARCÍA, Guillermo Oscar</b>
AÑO ACADÉMICO:	<b>2020</b>
UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO:	<b>1ER CUATRIMESTRE DE 4to AÑO</b>

*Programa analítico que contempla la situación excepcional actual por la Pandemia del COVID-19 y el ASPyO determinado por el Decreto de Necesidad y Urgencia N° 297/2020 APN-PTE del Poder Ejecutivo Nacional y lo establecido en consonancia por las Resoluciones Rectorales N° 118/20, 125/20, 127/20, 128/20 y 130/20 de la Universidad Nacional de Río Cuarto, se ha resuelto suspender todas las actividades académicas, administrativas y otras presenciales y ha propuesto continuar con las prácticas pedagógicas en las asignaturas de las carreras de grado haciendo uso de medios alternativos y dispositivos virtuales adecuados y pertinentes en el marco del calendario académico 2020 aprobado por el Consejo Superior.*

**CONTENIDOS MÍNIMOS QUE SE DICTARÁN:**

Se dictara todo el programa

**CRONOGRAMA:**

No es posible definirlo en este momento ya que nos estamos adaptando a la velocidad con la que los alumnos pueden seguir todas las clases que están asistiendo a distancia.

**FECHA ESTIPULADA DE FINALIZACIÓN DEL CRONOGRAMA:**

31/7/2020

**HERRAMIENTAS QUE EMPLEA PARA EL DICTADO DE CLASES VIRTUALES**

Zoom, Aula Virtual FI, Google Meet, Google Classroom, Canal de YouTube

**METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

Estamos evaluando las posibilidades ya que hay que adaptarse a la modalidad a distancia. Hasta el momento, la mejor propuesta parece ser "Google Classroom".

**CONDICIONES PARA LA REGULARIZACIÓN**

Presentar 4 informes de trabajos prácticos, Aprobar 3 parciales y un coloquio final integrador individual.



## ESQUEMA DE PROMOCIÓN DE LA ASIGNATURA EN CONDICIONES DE DICTADO VIRTUAL

Sí. Es posible la promoción si se extiende el plazo de la cursada ya que, a distancia, los tiempos son otros, requiere mas horas de dedicación por parte de los docentes.

## METODOLOGIA Y HORARIO DE CLASES NO PRESENCIALES. APLICACIÓN QUE EMPLEA

La metodología de enseñanza / aprendizaje a distancia implementada en Sistemas de Control (0336) es la siguiente:

- 1) Se suben todos los documentos (presentaciones de los teóricos, guía de trabajos prácticos, copia de exámenes parciales de cursadas anteriores, etc.) al “Aula Virtual de la FI-UNRC y, por las dudas, también a una carpeta en “Google Drive”, asociada a “Google Classroom”.
- 2) Se suben videos, tanto de las clases teóricas como de las clases prácticas, al siguiente canal de YouTube:  
“Sistemas de Control - cod 336 – UNRC”  
<https://www.youtube.com/channel/UCLkR1ROzxit0nbNFaspPQwA>
- 3) Se mantienen los horarios normales de clases, días miércoles y viernes de 16:00 a 19:00 h, para conectarnos en teleconferencia con quienes lo deseen, para:
  - a. Horarios de consulta, sobre temas teóricos y/o prácticos.
  - b. Dictar las clases teóricas y/o prácticas, de manera parcial o total, según la necesidad de los alumnos (aunque tengan también los videos en YouTube con el mismo material).
- 4) Se ofrece otro horario de consulta, vía teleconferencia, los días lunes de 10 a 12 h, para tratar de motivar la continuidad de los trabajos por parte de los alumnos al tener 3 contactos semanales.
- 5) Se consideró que, aunque decidamos dictar clases a través de teleconferencias, es importante la existencia de los videos para que puedan ser usados por quienes no puedan asistir en tiempo real, sea por la causa que fuere.
- 6) Inicialmente se usó la versión gratis de Zoom, pero como es muy incómodo tener que cortar y conectarse nuevamente cada 40 minutos se pasó a usar “Google Meet” que tiene tiempo ilimitado desde las cuentas de la FI-UNRC.
- 7) Se usa un grupo de WhatsApp “Sistema de control 2020” SOLAMENTE para mensajes SUCINTOS Y NO PARA CONSULTAS.
- 8) Se está evaluando como evaluar a los alumnos a distancia.

## DIAS Y HORARIOS DE CONSULTA, APLICACIÓN QUE EMPLEA

Se mantienen los horarios normales de clases, días miércoles y viernes de 16:00 a 19:00 h, además se ofrece otro horario de consulta, vía teleconferencia, los días lunes de 10 a 12 h.