



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



## PARTE A

### SISTEMAS DE CONTROL 2

CICLO LECTIVO 2023

### ET-445

PLAN DE ESTUDIO: 2013

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DICTADO:

2do CUATRIMESTRE

DÍAS/HORARIOS DE CLASE: MIÉRCOLES de 8 a 11 hs y de 15 a 19 hs

DÍAS/HORARIOS DE CONSULTA: JUEVES/15 a 19 hs y VIERNES/14 a 18 hs

CREDITO HORARIO TOTAL: 105 horas

CREDITO HORARIO SEMANAL PRESENCIAL: 7 horas

CREDITO HORARIO SEMANAL NO PRESENCIAL:

## PARTE A.1

### CONTENIDOS MÍNIMOS

Señales y sistemas discretos. Sistemas continuos versus sistemas discretos. Acciones básicas de control en tiempo discreto (rediseño digital). Análisis y diseño clásico de sistemas de control en el dominio del tiempo discreto. Criterios de estabilidad. Diseño de sistemas de control discreto en el espacio de estado. Observadores de estado.

## PARTE A.2

### EQUIPO DOCENTE

APELLIDO Y NOMBRE/S: BOTTERÓN FERNANDO

CARGO Y DEDICACIÓN: Profesor Titular/Exclusiva

FUNCIÓN: Responsable de Asignatura

CORREO: botteron@fio.unam.edu.ar

CEL.: 3755-15-681505

APELLIDO Y NOMBRE/S: AGUIRRE GABRIEL YONATAN

CARGO Y DEDICACIÓN: Jefe de Trabajos Prácticos/Simple

FUNCIÓN: Responsable de trabajos prácticos y de laboratorios.

CORREO: gabrielaguirre@fio.unam.edu.ar

CEL.: 3755-15-375310

APELLIDO Y NOMBRE/S: ROJAS JUAN GRABRIEL

CARGO Y DEDICACIÓN: Ayudante de Trabajos Prácticos/Simple

FUNCIÓN: Atención a consultas de los alumnos en las clases de prácticas y de laboratorio y confección de módulos didácticos de aprendizaje.

CORREO: juan.rojas@fio.unam.edu.ar

CEL.: 3764-15-120019

APELLIDO Y NOMBRE/S: PELINSKI JOAQUÍN JAVIER



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



CARGO Y DEDICACIÓN: Auxiliar Adscripto/Simple	CORREO: joaquinpelinski26@gmail.com
FUNCIÓN: Atención a consultas de los alumnos en las clases de prácticas y de laboratorio y confección de módulos didácticos de aprendizaje.	CEL.: 3764-15-103593



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



## PARTE B

### MODELO FORMACIÓN POR COMPETENCIAS

## PARTE B.1

### PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA - opcional <sup>1</sup>

**Breve descripción** de la importancia de la asignatura dentro de la estructura del plan de estudios de la carrera, y relación de la misma con el Perfil del Egreso

En las últimas tres décadas, el análisis y diseño de sistemas de control que operan con datos discretos e implementados en sistemas digitales, ha experimentado significativos avances. El uso de estos sistemas se impuso con notoriedad y adquirió mucha importancia en la industria, dado el gran avance impulsado en el campo de los dispositivos digitales programables. Las técnicas de control diseñadas en tiempo discreto e implementadas digitalmente, son preferidas hoy en día a las técnicas diseñadas en tiempo continuo e implementadas con circuitos analógicos. Tal preferencia se debe, en primer lugar, a la facilidad de implementación y a la flexibilidad de actualización de la estrategia de control, y, en segundo lugar, a la disponibilidad de una variedad significativa de microcontroladores y procesadores digitales de señales, con periféricos de entrada y de salida dedicados, para el control de todo tipo de actuador industrial. Además, debe tenerse en cuenta que la mayoría de los procesos, principalmente los industriales, son complejos, con un manejo de un conjunto significativo de variables de entrada y de salida, haciendo que los sistemas programables con memoria resulten una solución mucho más eficiente que las analógicas en muchos aspectos. Debido a lo antes mencionado, es que resulta de fundamental importancia que el alumno adquiera los conocimientos relacionados a esta disciplina en forma adecuada. Esto implica una tarea por parte de la cátedra conformada por: la presentación de la teoría de control en tiempo discreto, acompañada de la simulación numérica (herramienta fundamental del diseño de controladores discretos), la práctica de diseño a través de la solución de problemas de ingeniería y las experiencias de laboratorio con sistemas que presenten aproximaciones a los que el ingeniero electrónico encontrará en la vida profesional. Es importante resaltar que esta es un área que evoluciona en forma constante con un elevado volumen de producción científica con soluciones reales a problemas reales. Estos nuevos conocimientos deben ser cuidadosamente revisados, seleccionados y volcados en los programas académicos de forma que estos se mantengan actualizados, para así actualizar al alumno que deberá enfrentar, como ingeniero, los desafíos que se le propongan.

<sup>1</sup> Esta presentación **es opcional para el docente**, aunque aporta en la comprensión de la asignatura dentro de la estructura de la carrera.



PARTE B.2

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

RA 1 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Determina] + [la frecuencia de muestreo apropiada] + [para poder diseñar el controlador adecuado de un sistema en lazo cerrado que cumpla con las especificaciones de desempeño de régimen transitorio y permanente del sistema de control] + [utilizando los fundamentos físico-matemáticos de los sistemas muestreados]

RA 2 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Diseña] + [controladores clásicos en el dominio de tiempo discreto para sistemas lineales e invariantes en el tiempo] + [para cumplir con las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y que a su vez proporcione facilidad de implementación y flexibilidad de actualización del sistema de control] + [mediante una adecuada selección de la frecuencia de muestreo y aplicando la técnica de rediseño digital].

RA 3 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Diseña] + [estructuras de controladores obtenidos en el dominio de tiempo discreto para sistemas lineales e invariantes en el tiempo] + [que permiten modelar las dinámicas inherentes a los sistemas de datos muestreados para hacer cumplir las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y que sean fácilmente realizables en un dispositivo digital programable] + [a partir del conocimiento con elevada certeza del modelo muestreado del proceso a controlar y una conveniente selección de la frecuencia de muestreo].

RA 4 [verbo] [objeto de conocimiento] [finalidad(es)] [condición(es)]

[Diseña] [estrategias de control de procesos en tiempo discreto modelados en el espacio de estado] [para cumplir de forma precisa con las especificaciones de desempeño en régimen transitorio y permanente de un determinado proceso y conseguir minimizar en determinados casos, la energía involucrada en el proceso de control] [aplicando la técnica de realimentación de estados y utilizando softwares específicos de simulación matemática]

PARTE B.3

MATRIZ DE TRIBUTACION - opcional<sup>2</sup>

Completar las Matrices de Tributación de la asignatura a las competencias específicas y genéricas de egreso, utilizando la escala que se indica.

- A (Alto) La asignatura tributa directamente a la Competencia de Egreso.
- M (Medio) La asignatura sirve de medio o fundamento o relación próxima a la Competencia de Egreso.
- B (Bajo) Cuando la asignatura da cuenta de alguna parte de la Competencia de Egreso
- N (Nulo) Sin Tributación.

<sup>2</sup> La Matriz de Tributación es opcional para las asignaturas del primer año.



Universidad Nacional de Misiones



<b>Competencias de Egreso Específicas de la Carrera de Ingeniería Electrónica</b>				
<b>AR1. Diseñar, proyectar y calcular sistemas, equipos y dispositivos de generación, transmisión, y/o procesamiento de campos y señales, analógicos y digitales; circuitos integrados; hardware de sistemas de cómputo de propósito general y/o específico y el software a él asociado; hardware y software de sistemas embebidos y dispositivos lógicos programables; sistemas de automatización y control; sistemas de procesamiento y de comunicación de datos y sistemas irradiantes.</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
<b>CE1.1.</b> Diseñar, proyectar y calcular sistemas, equipos y dispositivos de generación, transmisión y/o procesamiento de campos y señales analógicos y digitales; circuitos integrados; hardware de sistemas de cómputo de propósito general y/o específico y el software a él asociado; hardware y software de sistemas embebidos y dispositivos lógicos programables; sistemas de automatización y control; sistemas de procesamiento y de comunicación de datos y sistemas irradiantes, para brindar soluciones óptimas de acuerdo a las condiciones técnicas, legales, económicas, humanas y ambientales.		<b>X</b>		
<b>CE1.2.</b> Plantear, interpretar, modelar y resolver los problemas de ingeniería descriptos.		<b>X</b>		
<b>CE1.3.</b> Plantear, interpretar, modelar, analizar y resolver problemas, diseño e implementación de circuitos y sistemas electrónicos.	<b>X</b>			
<b>CE1.4.</b> Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas digitales.			<b>X</b>	
<b>CE1.5.</b> Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas para la generación, recepción, transmisión, procesamiento y conversión de campos y señales para sistemas de comunicación			<b>X</b>	
<b>CE1.6.</b> Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas de control.	<b>X</b>			
<b>CE1.7.</b> Diseñar, proyectar y calcular circuitos y sistemas electrónicos aplicados a la generación, manejo, amplificación, procesamiento, instrumentación y acondicionamiento de energía eléctrica y señales de distinta naturaleza.		<b>X</b>		
<b>AR2. Proyectar, dirigir y controlar la construcción, implementación, mantenimiento y operación de lo mencionado anteriormente.</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
<b>CE2.1.</b> Proyectar dirigir y controlar la construcción, implementación, mantenimiento y operación de lo mencionado anteriormente.		<b>X</b>		
<b>AR3. Validar y certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de los sistemas mencionados anteriormente.</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
<b>CE3.1.</b> Validar y certificar el funcionamiento, condición de uso o estado de los sistemas mencionados anteriormente.			<b>X</b>	
<b>AR4. Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en su actividad profesional.</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
<b>CE4.1.</b> Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad en la actividad profesional de acuerdo con la normativa vigente.			<b>X</b>	
<b>Competencias Genéricas Tecnológicas</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
<b>CG1.</b> Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	<b>X</b>			
<b>CG2.</b> Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.			<b>X</b>	
<b>CG3.</b> Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.			<b>X</b>	
<b>CG4.</b> Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.	<b>X</b>			
<b>CG5.</b> Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones.		<b>X</b>		
<b>Competencias Genéricas Sociales, Políticas y Actitudinales</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>N</b>
<b>CG6.</b> Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	<b>X</b>			
<b>CG7.</b> Comunicarse con efectividad.	<b>X</b>			
<b>CG8.</b> Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.		<b>X</b>		
<b>CG9.</b> Aprender en forma continua y autónoma.	<b>X</b>			
<b>CG10.</b> Actuar con espíritu emprendedor.		<b>X</b>		



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



## PARTE B.4

### PROGRAMA ANALÍTICO

#### UNIDADES TEMÁTICAS DE LA ASIGNATURA

**Explicitar** el Programa Analítico completo de la asignatura.

#### **UNIDAD 1: Generalidades sobre el control digital.**

Sistemas continuos, discretos y muestreados. Ventajas del uso del control digital respecto al control analógico. Señales en sistemas de control muestreados. Ventajas del uso de la Transformada Z. Modelos continuos aproximados versus modelos obtenidos en tiempo discreto. Representación en tiempo discreto entrada-salida y en el espacio de estado.

#### **UNIDAD 2: Análisis de señales en sistemas muestreados.**

Repaso sobre el muestreo y la reconstrucción de señales. Adquisidores de muestras. Conversión A/D. Mantenedor de orden cero (ZOH). Mantenedor de orden uno (FOH). Mantenedor de orden fraccionario. Efectos del ZOH sobre las señales muestreadas. Aproximación del ZOH. Efectos del ZOH sobre los sistemas de control en lazo cerrado. Determinación de la frecuencia de muestreo en sistemas de control en lazo cerrado.

#### **UNIDAD 3: Aproximación de modelos en tiempo continuo.**

Relación entre los planos  $s$  y  $z$ . Región deseada de polos de lazo cerrado en el plano  $z$ . Respuesta en el tiempo de sistemas discretos. Aproximaciones matemáticas de funciones de transferencia en tiempo continuo. Aproximaciones de Euler: Forward (por defecto) y Backward (por exceso). Transformación Bilineal o de Tustin. Aproximación invariante al escalón. Mapeo de diferencias. Errores en estado estacionario para entradas en escalón, rampa e hipérbola de sistemas de tipo 0, 1, 2 y mayores. Análisis de estabilidad de sistemas muestreados.

#### **UNIDAD 4: Diseño de controladores en el dominio del tiempo discreto.**

Rediseño digital. Diseño clásico de controladores discretos utilizando el lugar de las raíces en el plano  $z$ : Controladores PID, de adelanto y de atraso de fase. Controladores modelados y diseñados en el dominio de tiempo discreto: Controladores de respuesta de tiempo mínimo (deadbeat). Controlador predictivo OSAP (One Sampled Ahead Preview) y OSAP modificado. Controladores PID predictivos. Principio del modelo interno para sistemas discretos LIT de una entrada una salida (SISO). Modelo de espacio de estado en tiempo discreto. Modelado en el espacio de estado del tiempo de atraso de la implementación digital. Conceptos de Controlabilidad y Observabilidad de sistemas en tiempo discreto. Técnica de diseño de reubicación de polos por realimentación de estados. Diseño de sistemas seguidores para plantas de tipo 0 y de tipo 1. Observadores de estados de orden completo. Observadores de estados de orden reducido.



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



## PARTE C

### ACCIONES

**Acciones** a llevar adelante durante el desarrollo de la asignatura por **docentes y estudiantes** para asegurar la formación de los **resultados de aprendizaje previstos**.

## PARTE C.1

### DESARROLLO DE LA ASIGNATURA

**Describir brevemente** el desarrollo de la asignatura a lo largo del periodo acreditado (cuatrimestral o anual). **Argumentar** el enfoque adoptado, así como las modalidades de trabajo que se seleccionarán considerando el **Aprendizaje Centrado en el Estudiante**.

Los estudiantes se inician en esta asignatura adquiriendo y comprendiendo los saberes mediante las clases suministradas por el docente responsable (en la mayoría de los casos) y complementadas por el jefe de trabajos prácticos en algunos temas específicos. Todo el material de las clases mencionadas, las cuales son acompañadas por programas de simulación matemática, está disponible en el aula virtual. Además, la cátedra tiene a disposición en el aula virtual videos de las clases de cada unidad temática, como así también de otros temas adicionales que el docente incorpora con el objetivo de complementar conocimientos. El objetivo específico de estas clases grabadas, es que los estudiantes puedan consultarlas en el momento que dispongan y puedan volver a analizar con más tiempo lo presentado en la clase presencial y obtener una mejor comprensión de los temas abordados.

Como se mencionó, las clases van siempre acompañadas de ejemplos prácticos, en la medida de lo posible de casos reales que pueden encontrar en la práctica profesional, los cuales son analizados y evaluados utilizándose softwares de simulación orientados al área de sistemas de control. Se trata siempre de obtener una participación de los estudiantes mediante preguntas, en cuanto a poder verificar el grado de comprensión que van adquiriendo con los conceptos vertidos.

En cuanto a las clases de trabajos prácticos (o resolución de problemas) y actividades de laboratorio, siempre se hace una exposición previa sobre los problemas presentados en una guía que deben ser abordados, la metodología de desarrollo, de análisis y de presentación de la información. Se incentiva a una participación de cada alumno, haciendo que desarrolle una parte de uno de los problemas planteados, tarea que puede tener que hacerla utilizando el pizarrón o la computadora utilizando el software de simulación específico, mostrándole a sus compañeros los pasos del desarrollo, siempre bajo la guía del JTP y/o ayudante de cátedra. De esta forma se consigue que aprovechen mejor el tiempo presencial en el aula y logran avanzar mucho más que si se los deja trabajando solos.

Tanto en las actividades de resolución de problemas como en las actividades de laboratorio, el trabajo es en forma grupal (mínimo 2 alumnos y máximo 4, lo cual dependerá de la cantidad de alumnos que cursen en forma regular) tratándose de que los grupos estén conformados siempre que sea posible, por 2 alumnos.

Las guías de problemas a resolver para una determinada guía de trabajos prácticos y las guías de las actividades de laboratorio, se encuentran en formato PDF en el aula virtual. Se les pide a los estudiantes la presentación de un informe para ambos tipos de actividades, informes para los cuales la cátedra posee una plantilla modelo disponible también en el aula virtual. Tales informes tienen indicadas las correspondientes fechas de presentación, en las cuales, una vez cumplidas, el estudiante debe subirlos al



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



aula virtual a través de una tarea creada para tal fin; con el objetivo de que el cuerpo docente pueda evaluarlos.

Las actividades de resolución de problemas, no se basan únicamente en la resolución propiamente dicha, sino que también va acompañada de interrogantes o cuestiones que deben responderse en función del análisis obtenido de la resolución y de la evaluación que el alumno hace de los resultados obtenidos en la simulación. El planteo de tales cuestionamientos (los cuales se formulan también en las actividades de laboratorio) tiene el objetivo de que el alumno aprenda a emitir una opinión de forma clara, precisa y sucinta; relatando los resultados que aparecen en los gráficos que obtiene de la simulación como resultado de la resolución del problema, identificando y justificando resultados esperados, errores que puedan haber surgido y mejoras que puedan realizarse.

De esta forma el cuerpo docente puede valorar el conocimiento que el estudiante va incorporando de los temas tratados en las clases teórico-prácticas; la forma de redactar y las formas en la que se expresa para transmitir una idea, o sea, el nivel de la comunicación escrita que posee.

En cuanto a las actividades de laboratorio, antes de iniciarse la actividad propiamente dicha, se les pide a los alumnos que respondan un cuestionario simple de 4 o 5 preguntas las cuales están relacionadas con la guía de laboratorio y el tema abordado en la clase teórico-práctica. Este cuestionario procura que el alumno se tome el tiempo antes de venir al laboratorio, de leer la guía y estar al tanto de qué se trata la actividad y qué es lo que tiene que realizar, evitándose así retrasos en la realización de la misma. Dicho cuestionario debe ser aprobado, en caso contrario se le asigna al estudiante,  $\frac{1}{2}$  asistencia.

Todo lo anterior se complementa en la medida de lo posible, con una visita a una industria de la zona, en la cual los estudiantes pueden incorporar algunos conocimientos adicionales relacionados a los sistemas de control para complementar con situaciones reales, los temas tratados en la asignatura.

En cuanto a la evaluación del desempeño del estudiante, la misma se realiza en base a los conceptos provistos por los informes de resolución de problemas y los informes de actividades experimentales en laboratorio. En cuanto a los informes, ya se mencionó en detalle en los párrafos anteriores qué es lo que se evalúa. La evaluación se complementa, además, con pruebas parciales las cuales en algunos temas son puramente de carácter práctico y en otros temas son una conjunción de temas teórico-prácticos. Además, se tiene en cuenta la participación de cada estudiante en las clases prácticas y de laboratorios, el porcentaje de asistencia a las mismas y el cumplimiento en la entrega de los informes antes descritos.

Resta indicar que las actividades no presenciales que los estudiantes deben realizar, están relacionadas básicamente con el autoaprendizaje realizado en base al material suministrado por la cátedra y disponible en el aula virtual y en base a las clases en video anteriormente mencionadas. A esto se le suma el tiempo de desarrollo en la resolución de los ejercicios que no hayan conseguido plantear en la clase presencial y la realización de los informes ya descritos. También el alumno está sustentado por la tutoría que ofrece el cuerpo docente, responsable de cátedra, jefe de trabajos prácticos y auxiliares alumnos, rentados y ad-honorem. Estos intervalos de tiempo que el alumno puede utilizar para realizar consultas sobre las actividades prácticas y de laboratorio, deben ser tenidas en cuenta como actividad no presencial, porque se dan fuera del horario asignado a la carga horaria de la asignatura en el plan de estudio.



PARTE C.2

DESARROLLO DE ACTIVIDADES

Indicar en una **tabla**<sup>3</sup> identificas **actividades y Resultados de Aprendizaje**, cantidad de clases, con un orden secuenciado, estimación de tiempo (horas) de trabajo presencial (HP) y no presencial (HNP) del estudiante. Considerar situaciones de Integración. Indicación de la carga total de trabajo del estudiante.

Resultados de Aprendizaje	Actividades	Cantidad de Clases	Horas Presenciales	Horas No Presenciales
RA1	Presentación del equipo docente y de la asignatura. Objetivos de la asignatura y metodología de trabajo. Ventajas del uso del control digital respecto al control analógico. Señales en sistemas de control digital. Diagrama en bloques de un sistema de control digital. Ejemplos de aplicación. Tipos de computadoras digitales para sistemas de control. Consideraciones para la selección de una computadora digital. Procesamiento de señales en un sistema de control digital. Tiempos inherentes a la implementación digital de un sistema de control. Representación en tiempo discreto entrada-salida y en el espacio de estado. Repaso sobre el muestreo y la reconstrucción de señales. Adquisidores de muestras. Conversión A/D. Mantenedor de orden cero (ZOH). Mantenedor de orden uno (FOH). Mantenedor de orden fraccionario. Efectos del ZOH sobre las señales muestreadas. Aproximación del ZOH. Efectos del ZOH sobre los sistemas de control en lazo cerrado. Ejemplos con sistemas en LC. Determinación de la frecuencia de muestreo en sistemas de control en lazo cerrado.	4	14	6
RA2	Relación entre los planos s y z. Región deseada de polos de lazo cerrado en el plano z. Respuesta en el tiempo de sistemas discretos. Aproximaciones matemáticas de funciones de transferencia en tiempo continuo. Aproximaciones de Euler: Forward	4	24	8

<sup>3</sup> Cada docente optará por diseñar su propia tabla o utilizará los ejemplos que existen de la primera planificación.

	(por defecto) y Backward (por exceso). Transformación Bilineal o de Tustin. Regiones de estabilidad de las aproximaciones. Aproximación invariante al escalón. Mapeo de diferencias. Errores en estado estacionario para entradas en escalón, rampa e hipérbola de sistemas de tipo 0, 1, 2 y mayores. Análisis de estabilidad de sistemas muestreados. Rediseño digital. Modelos continuos aproximados versus modelos obtenidos en tiempo discreto. Lugar de las raíces en el plano z. Diseño clásico de controladores discretos utilizando el lugar de las raíces en el plano z: Controladores P, PD, PI, PID, de adelanto de fase, de atraso de fase y adelanto-atraso de fase. Clase especial: PLC (Controladores Lógicos Programables).			
<b>RA3</b>	Controladores modelados y diseñados en el dominio de tiempo discreto: Controladores de respuesta de tiempo mínimo (deadbeat). Controlador predictivo OSAP (One Sampled Ahead Preview) y OSAP modificado. Controladores PI, PD y PID predictivos. Principio del modelo interno para sistemas discretos LIT de una entrada una salida (SISO): Convertidores Resonantes y Acciones de Control Repetitivas.	6	26	10
<b>RA4</b>	Modelo de espacio de estado en tiempo discreto. Aproximación de Euler. Solución de la ecuación de estado en tiempo discreto. Modelado en el espacio de estado del tiempo de atraso de la implementación digital. Conceptos de Controlabilidad y Observabilidad de sistemas en tiempo discreto. Técnica de diseño de reubicación de polos por realimentación de estados. Diseño de sistemas seguidores para plantas de tipo 0 y de tipo 1 (sistema servo). Ejemplo de aplicación. Observadores de estados de orden completo. Observadores de estados de orden reducido. Ejemplos de aplicación.	10	41	16



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



PARTE C.3

### AULA VIRTUAL - opcional<sup>4</sup>

Breve descripción de la estructura del Aula Virtual especificando las actividades mediadas a través de la misma.

<sup>4</sup> **Aula Virtual es opcional** ya que no es una exigencia el uso del SIED, aunque es importante quede el registro en aquellas asignaturas que en la actualidad están trabajando con esta modalidad.



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



**PARTE C.4**

**INTENSIDAD DE LA FORMACIÓN PRÁCTICA**

**Indicación y descripción** de las actividades destinadas a la **formación práctica**, haciendo referencia a las **competencias** que contribuyen al desarrollo de este tipo de actividades.

Requerimientos y/o instrumental propio o no (instrumental Físico, virtual, remoto o simulación)

Describir los aspectos relativos a la seguridad, el impacto social y la preservación del medio ambiente en los casos que corresponda

<b>TIPO DE ACTIVIDAD DE FORMACION PRACTICA DENTRO DE ESPACIOS Físicos DE FI-UNaM</b>	<b>CANTIDAD Hs</b>
<b>Espacio Físico (aula- laboratorio, campo u otro):</b> <b>Aula-Laboratorio planta alta del Departamento de Ingeniería Electrónica.</b> <b>ACTIVIDADES DE DISEÑO Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA</b>	32
Para esta actividad se requiere un espacio con mesas, sillas y computadoras de escritorio, las cuales se utilizan para auxiliar a los alumnos que necesiten utilizar los programas de simulación matemática utilizados en la asignatura. También se requiere de cañón para proyección audiovisual de la información suministrada por la cátedra y de los videos tutoriales preparados por el equipo de cátedra. Estas actividades son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo Práctico N°1: Determinación de la frecuencia de muestreo de diferentes tipos de señales en sistemas prácticos reales utilizando PSIM.</li> <li>• Trabajo Práctico N°2: Aproximación de Controladores Diseñados en Tiempo Continuo. Diseño y Simulación de Controladores en Tiempo Discreto utilizando el Lugar Geométrico de las Raíces (LGR).</li> <li>• Trabajo Práctico N°3: Diseño y Simulación de Controladores Obtenidos en Tiempo Discreto: Controladores Deadbeat. Controladores Predictivos. Controladores Resonantes.</li> <li>• Trabajo Práctico N°4: Análisis y Diseño de Técnicas de Control Discreto en el Espacio de Estado.</li> </ul>	

<b>TIPO DE ACTIVIDAD DE FORMACION PRACTICA DENTRO DE ESPACIOS Físicos DE FI-UNaM</b>	<b>CANTIDAD Hs</b>
<b>Espacio Físico (aula- laboratorio, campo u otro):</b> <b>Aula-Laboratorio planta alta del Departamento de Ingeniería Electrónica.</b> <b>ACTIVIDADES EXPERIMENTALES DE LABORATORIO</b>	24
Para esta actividad se requieren mesas para ensayos experimentales equipadas con tomas de alimentación de energía eléctrica, con las correspondientes protecciones térmicas, magnéticas y diferenciales; buena iluminación banquetas y computadoras de escritorio, las cuales se utilizan para auxiliar para que los alumnos utilicen los programas de simulación matemática y las herramientas de programación de determinados módulos didácticos. También se requiere de cañón para proyección audiovisual de la información suministrada por la cátedra o videos tutoriales preparados por el equipo de cátedra. Estas actividades son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividad de Laboratorio N°1: Muestreo de Señales en Tiempo Continuo. Análisis de la selección de la frecuencia de muestreo de señales con THD elevado.</li> <li>• Actividad de Laboratorio N°2: Control digital de velocidad de motor CC utilizando PLC.</li> <li>• Actividad de Laboratorio N°3: Control de temperatura con controlador digital comercial.</li> <li>• Actividad de Laboratorio N°4: Control digital de un convertidor CC-CC reductor de tensión.</li> <li>• Actividad de Laboratorio N°5: Control digital de velocidad de un motor CC-CC.</li> </ul>	

<b>TIPO DE ACTIVIDAD DE FORMACION PRACTICA FUERA DE LA FI-UNaM:</b>	<b>CANTIDAD Hs</b>
<b>Visita a industrias de la provincia</b>	<b>6 hs</b>



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



PARTE D

## ACREDITACIÓN DE LOS RA

PARTE D.1

### SISTEMA DE EVALUACIÓN

Describir en forma general el sistema de evaluación que se utilizará en la asignatura para certificar el alcance por parte de los/las estudiantes de los resultados de aprendizaje.

La evaluación de los conocimientos adquiridos en esta asignatura se efectúa de la siguiente forma:

#### Presentación de informes de los trabajos prácticos y de las actividades de laboratorio:

- Por cada trabajo práctico y actividad de laboratorio, los alumnos deberán presentar un informe, en tiempo y forma, según el cronograma establecido en la planificación. En los mismos serán evaluados la metodología de desarrollo, los resultados (experimentales y de simulación), los análisis realizados, las conclusiones y la presentación del informe en cuanto a cumplimiento del formato; redacción; calidad de los gráficos y figuras utilizadas; entre otros ítems. En el caso que sean necesarias correcciones, únicamente los informes de los trabajos prácticos serán devueltos a los alumnos para que efectúen los cambios necesarios para su aprobación.

#### Evaluaciones Parciales:

- A lo largo de las 15 semanas de duración del cursado de esta asignatura, se implementan 2 instancias de evaluaciones parciales en forma escrita, en la cual se le pide al alumno que resuelva uno o dos problemas de ingeniería similares a los realizados en las guías de trabajos prácticos. Cada evaluación parcial tiene su propia instancia de recuperación para aquel que haya desaprobado o para el que haya aprobado, pero desea obtener una calificación más alta a la obtenida en el caso que desee promocionar la asignatura.

#### Evaluación para Promoción de la Asignatura

- Para el caso de los alumnos que al final del cursado regular se encuentren en condición de promoción a la asignatura, al finalizar el cuatrimestre pueden rendir (si así lo desean) una evaluación oral que integrará los conceptos teóricos-prácticos desarrollados durante el cursado de la asignatura.

#### CONDICIONES DE REGULARIZACIÓN, PROMOCIÓN Y APROBACIÓN

##### Para regularizar la asignatura el alumno deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- 1) Asistir al 80 % (puede tener como máximo 3 inasistencias debidamente justificadas) de las clases de trabajos prácticos y al 100 % de las actividades de laboratorio.
- 2) Aprobar el 100 % de los informes de trabajos prácticos y de las actividades de laboratorio solicitadas, con una calificación mínima de 6.
- 3) Aprobar cada una de las evaluaciones parciales con una calificación mínima de 6.
- 4) El promedio de todas las calificaciones obtenidas, debe ser mayor o igual a 6.

##### Para promocionar la asignatura el alumno deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- 1) Ídem puntos 1, 2 y 3 anteriores.
- 2) El promedio de todas las calificaciones obtenidas, debe ser mayor o igual a 8.
- 3) El alumno debe rendir un examen integrador (como explicado en la sección anterior) el cual, para ser aprobado debe obtener una calificación igual o mayor a 8.



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



En caso de que el alumno no rinda la evaluación parcial (independientemente de la razón que sea), solo podrá acceder a la evaluación de recuperación correspondiente. En este caso, aún mantiene la posibilidad de acceder a la promoción, desde que cumpla con las exigencias para esta condición.

**Para aprobar la asignatura:**

Para el caso de los alumnos que han regularizado la asignatura, los mismos deben rendir un examen final en los turnos de exámenes pautados en el calendario académico.

Para aquellos alumnos que han regularizado y además accedieron a la promoción de la asignatura, una vez que han rendido y aprobado el examen integrador para la promoción, deben inscribirse también en un turno de examen para que el docente responsable incluya la nota final en el acta de examen. Esta nota final es la que surge del promedio de la nota de todas las calificaciones obtenidas a lo largo del cursado de la asignatura y de la nota obtenida del examen integrador.

**EVALUACIONES DE APRENDIZAJES DE RECURSOS**

Indicar técnicas e instrumentos para evaluar el aprendizaje de recursos (**saberes conocer, saberes hacer y saberes ser, en forma individual**). Se debe recordar que estas evaluaciones son previas a las evaluaciones integradoras de resultados de aprendizaje que incluyen situaciones de integración

**RA 1:**

**Saberes conocer:** Comprender las diferencias esenciales, ventajas y desventajas entre los sistemas de control en tiempo continuo y en tiempo discreto. Tener en claro cómo se realizan los procesos de muestreo de señales, las dinámicas asociadas a estos procesos, los fenómenos que se presentan y como estos afectan al desempeño de los sistemas de control, y comprender la necesidad de una selección adecuada de la frecuencia de muestreo de señales.

**Saberes hacer:** Determinar la frecuencia o periodo de muestreo de señales en base a las especificaciones dinámicas de los procesos que se desean controlar utilizando un control digital.

Determinar y analizar mediante simulación numérica, los efectos producidos en los procesos de muestreo por los extrapoladores o retenedores de diferentes órdenes sobre las señales y el desempeño dinámico de un proceso en lazo cerrado.

**Saberes ser:** Consecución de las actividades de trabajos prácticos y de laboratorio pautadas. Cumplimiento del formato de presentación del informe y principalmente de la calidad de presentación de los resultados y el análisis correspondiente de los mismos. Claridad y precisión en la comunicación escrita. Presentación de los informes de trabajos prácticos y de laboratorio en las fechas establecidas al inicio del cursado. Adecuarse al trabajo en equipo. Acatar las indicaciones que brinda la cátedra en cuanto a la utilización correcta del equipamiento, tanto para el cuidado del mismo como para la seguridad de la persona que lo manipula.

**RA 2:**

**Saberes conocer:** Repaso de conocimientos de los procesos del muestreo y reconstrucción de señales, la conversión y cuantificación de datos, los principios de los retenedores de datos y sus efectos en las señales muestreadas y en los sistemas de control en lazo cerrado. Metodologías de obtención de la adecuada frecuencia de muestreo de señales en sistemas dinámicos que operan en lazo cerrado en base a los parámetros de desempeño que caracterizan las respuestas en el tiempo y en frecuencia de los sistemas dinámicos. Diseñar controladores clásicos y obtener sus formas aproximadas en base a los diferentes métodos de aproximación de derivadas e integrales aplicadas a las señales involucradas a los sistemas de control y de las funciones de transferencia de los controladores. Diseñar controladores

clásicos en el dominio del tiempo discreto utilizando las herramientas de diseño clásicas en el plano  $z$ , tales como la reubicación de polos, la cancelación polo-cero y las propiedades de magnitud y fase del lugar geométrico de las raíces. Obtener las ecuaciones a diferencias finitas asociadas al controlador, que serán calculadas en forma recursiva en un dispositivo programable digital. Saber determinar los formatos de implementación de procesadores que trabajan con aritmética de punto fijo en base a las magnitudes de los coeficientes de las ecuaciones a diferencias finitas del controlador. Saber determinar la relación de estos coeficientes con las acciones de control físicas que serán aplicadas al proceso e implementarlas en un software de simulación para su verificación.

**Saberes hacer:** Determinar en base a determinados procesos con diferentes constantes de tiempo la adecuada frecuencia de muestreo teniendo en cuenta los efectos dinámicos de la resolución de la conversión analógica a digital, del ancho de palabra en bits y de los retenedores de datos. Saber elegir la aproximación para el controlador diseñado previamente en tiempo continuo, en base a la selección del periodo de muestreo y en base a los efectos que provoca en el desempeño dinámico del proceso que funciona en lazo cerrado.

**Saberes ser:** Claridad y precisión en la comunicación escrita del informe de trabajos prácticos y presentación del mismo en la fecha establecida al inicio del cursado. Adecuarse al trabajo en equipo. Consecución de las actividades de laboratorio pautadas. Cumplimiento del formato de presentación del informe y principalmente de la presentación de los resultados y el análisis correspondiente de los mismos. Acatar las indicaciones que brinda la cátedra en cuanto a la utilización correcta del equipamiento, tanto para el cuidado del mismo como para la seguridad de la persona que lo manipula.

### RA 3:

**Saberes conocer:** Entender las ventajas de modelar controladores digitales obtenidos directamente en el dominio del tiempo discreto. Saber cuáles son las desventajas de este tipo de controladores y como pueden ser abordadas. Entender la influencia de la adecuada selección de la frecuencia de muestreo en la determinación de la magnitud de la acción de control y su relación con los actuadores físicos. Obtener las ecuaciones a diferencias finitas asociadas al controlador, que serán calculadas en forma recursiva en un dispositivo programable digital. Saber determinar los formatos de implementación de procesadores que trabajan con aritmética de punto fijo en base a las magnitudes de los coeficientes de las ecuaciones a diferencias finitas del controlador. Saber determinar la relación de estos coeficientes con las acciones de control físicas que serán aplicadas al proceso e implementarlas en un software de simulación para su verificación.

**Saberes hacer:** Determinar en base a determinados procesos con diferentes constantes de tiempo la adecuada frecuencia de muestreo teniendo en cuenta los efectos dinámicos de la resolución de la conversión analógica a digital, del ancho de palabra en bits y de los retenedores de datos. Dimensionar adecuadamente la acción de control resultante en base a los efectos que provoca en el desempeño dinámico del proceso que funciona en lazo cerrado y sobre los actuadores.

**Saberes ser:** Claridad y precisión en la comunicación escrita del informe de trabajos prácticos y presentación del mismo en la fecha establecida al inicio del cursado. Adecuarse al trabajo en equipo. Consecución de las actividades de laboratorio pautadas. Cumplimiento del formato de presentación del informe y principalmente de la presentación de los resultados y el análisis correspondiente de los mismos. Acatar las indicaciones que brinda la cátedra en cuanto a la utilización correcta del equipamiento, tanto para el cuidado del mismo como para la seguridad de la persona que lo manipula.

### RA 4:



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



**Saberes Conocer:** Comprender el proceso de modelar un sistema dinámico en el espacio de estados. Saber determinar cuáles son las ventajas de utilizar este tipo de modelos respecto a los modelos clásicos entrada-salida. Interpretar los conceptos de controlabilidad y observabilidad y su importancia en las etapas de diseño en estos sistemas de control. Entender el concepto de realimentación de estados y sus efectos en el desempeño dinámico de los estados que conforman el sistema. Saber aplicar los diferentes métodos de cálculo para el diseño de las ganancias de realimentación y las funciones dedicadas de Matlab para realizar el diseño de estas ganancias. Entender el diseño de las acciones de control incorporando acciones integrales modeladas en el espacio de estados, obtener las ecuaciones a diferencias finitas e implementarlas en un software de simulación para su verificación.

**Saberes hacer:** Obtener modelos de procesos reales en el espacio de estado. Obtener diferentes formas del modelo para el mismo proceso. Analizar el comportamiento con diferentes condiciones iniciales. Realizar scripts en Matlab y en PSIM para aprender a solucionar en forma digital las ecuaciones de estado de un determinado proceso. Aplicar la técnica de diseño por realimentación de estados para cumplir con el desempeño deseado de los estados de un sistema y de la salida que debe ser controlada. Diseñar y simular un sistema seguidor incorporando una acción integral en espacio de estados para obtener error nulo en régimen estacionario con el desempeño transitorio conseguido en la realimentación de estados. Validar el modelo, cálculo y diseño en softwares de simulación matemática.

**Saberes ser:** Claridad y precisión en la comunicación escrita del informe de trabajos prácticos y presentación del mismo en la fecha establecida al inicio del cursado. Adecuarse al trabajo en equipo.

#### EVIDENCIAS PARA CADA RA

**Indicar técnicas e instrumentos** de evaluación mediante los cuales se recogerán las **evidencias para determinar el nivel de logro de cada resultado de aprendizaje**, completando una tabla por cada resultado de aprendizaje según el modelo que se presenta a continuación.

**Indicar para cada rúbrica las evidencias auxiliares (normas, documentos, informaciones recabadas por la o el estudiante, entrevistas, relevamientos previos de distintos tipos, etc.).**

Los estudiantes se inician en esta asignatura adquiriendo y comprendiendo los saberes mediante las clases suministradas por el docente responsable (en la mayoría de los casos) y complementadas por el jefe de trabajos prácticos en algunos temas específicos. Todo el material de las clases mencionadas, las cuales son acompañadas por programas de simulación matemática, está disponible en el aula virtual. Además, la cátedra tiene a disposición en el aula virtual videos de las clases de cada unidad temática, como así también de otros temas adicionales que el docente incorpora con el objetivo de complementar conocimientos. El objetivo específico de estas clases grabadas, es que los estudiantes puedan consultarlas en el momento que dispongan y puedan volver a analizar con más tiempo lo presentado en la clase presencial y obtener una mejor comprensión de los temas abordados.

Como se mencionó, las clases van siempre acompañadas de ejemplos prácticos, en la medida de lo posible de casos reales que pueden encontrar en la práctica profesional, los cuales son analizados y evaluados utilizándose softwares de simulación orientados al área de sistemas de control. Se trata siempre de obtener una participación de los estudiantes mediante preguntas, en cuanto a poder verificar el grado de comprensión que van adquiriendo con los conceptos vertidos.

En cuanto a las clases de trabajos prácticos (o resolución de problemas) y actividades de laboratorio, siempre se hace una exposición previa sobre los problemas presentados en una guía que deben ser abordados, la metodología de desarrollo, de análisis y de presentación de la información. Se incentiva a una participación de cada alumno, haciendo que desarrolle una parte de uno de los problemas



Universidad Nacional de Misiones



planteados, tarea que puede tener que hacerla utilizando el pizarrón o la computadora utilizando el software de simulación específico, mostrándole a sus compañeros los pasos del desarrollo, siempre bajo la guía del JTP y/o ayudante de cátedra. De esta forma se consigue que aprovechen mejor el tiempo presencial en el aula y logran avanzar mucho más que si se los deja trabajando solos.

Tanto en las actividades de resolución de problemas como en las actividades de laboratorio, el trabajo es en forma grupal (mínimo 2 alumnos y máximo 4, lo cual dependerá de la cantidad de alumnos que cursen en forma regular) tratándose de que los grupos estén conformados siempre que sea posible, por 2 alumnos.

Las guías de problemas a resolver para una determinada guía de trabajos prácticos y las guías de las actividades de laboratorio, se encuentran en formato PDF en el aula virtual. Se les pide a los estudiantes la presentación de un informe para ambos tipos de actividades, informes para los cuales la cátedra posee una plantilla modelo disponible también en el aula virtual. Tales informes tienen indicadas las correspondientes fechas de presentación, en las cuales, una vez cumplidas, el estudiante debe subirlos al aula virtual a través de una tarea creada para tal fin; con el objetivo de que el cuerpo docente pueda evaluarlos.

Las actividades de resolución de problemas, no se basan únicamente en la resolución propiamente dicha, sino que también va acompañada de interrogantes o cuestiones que deben responderse en función del análisis obtenido de la resolución y de la evaluación que el alumno hace de los resultados obtenidos en la simulación. El planteo de tales cuestionamientos (los cuales se formulan también en las actividades de laboratorio) tiene el objetivo de que el alumno aprenda a emitir una opinión de forma clara, precisa y sucinta; relatando los resultados que aparecen en los gráficos que obtiene de la simulación como resultado de la resolución del problema, identificando y justificando resultados esperados, errores que puedan haber surgidos y mejoras que puedan realizarse.

De esta forma el cuerpo docente puede valorar el conocimiento que el estudiante va incorporando de los temas tratados en las clases teórico-prácticas; la forma de redactar y las formas en la que se expresa para transmitir una idea, o sea, el nivel de la comunicación escrita que posee.

En cuanto a las actividades de laboratorio, antes de iniciarse la actividad propiamente dicha, se les pide a los alumnos que respondan un cuestionario simple de 4 o 5 preguntas las cuales están relacionadas con la guía de laboratorio y el tema abordado en la clase teórico-práctica. Este cuestionario procura que el alumno se tome el tiempo antes de venir al laboratorio, de leer la guía y estar al tanto de qué se trata la actividad y qué es lo que tiene que realizar, evitándose así retrasos en la realización de la misma. Dicho cuestionario debe ser aprobado, en caso contrario se le asigna al estudiante,  $\frac{1}{2}$  asistencia.

Todo lo anterior se complementa en la medida de lo posible, con una visita a una industria de la zona, en la cual los estudiantes pueden incorporar algunos conocimientos adicionales relacionados a los sistemas de control para complementar con situaciones reales, los temas tratados en la asignatura.

En cuanto a la evaluación del desempeño del estudiante, la misma se realiza en base a los conceptos provistos por los informes de resolución de problemas y los informes de actividades experimentales en laboratorio. En cuanto a los informes, ya se mencionó en detalle en los párrafos anteriores qué es lo que se evalúa. La evaluación se complementa, además, con pruebas parciales las cuales en algunos temas son puramente de carácter práctico y en otros temas son una conjunción de temas teórico-prácticos. Además, se tiene en cuenta la participación de cada estudiante en las clases prácticas y de laboratorios, el porcentaje de asistencia a las mismas y el cumplimiento en la entrega de los informes antes descritos.

Resta indicar que las actividades no presenciales que los estudiantes deben realizar, están relacionadas básicamente con el autoaprendizaje realizado en base al material suministrado por la cátedra y disponible en el aula virtual y en base a las clases en video anteriormente mencionadas. A esto se le suma el tiempo



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



de desarrollo en la resolución de los ejercicios que no hayan conseguido plantear en la clase presencial y la realización de los informes ya descritos. También el alumno está sustentado por la tutoría que ofrece el cuerpo docente, responsable de cátedra, jefe de trabajos prácticos y auxiliares alumnos, rentados y ad-honorem. Estos intervalos de tiempo que el alumno puede utilizar para realizar consultas sobre las actividades prácticas y de laboratorio, deben ser tenidas en cuenta como actividad no presencial, porque se dan fuera del horario asignado a la carga horaria de la asignatura en el plan de estudio.

UTILIZACION DE RÚBRICAS -opcional <sup>5</sup>
<p>Explicitar cada uno de los criterios de evaluación según el formato [verbo] [objeto] [condición]</p> <p>Explicitar el o los desempeños específicos a graduar para cada uno de los criterios</p> <p>Explicitar los pesos porcentuales de los criterios.</p> <p>Presentar las Rúbricas analíticas; con cada uno de los descriptores (indicar aquellos que sea obligatorios)</p>

## PARTE D.2

### MEDIDAS DE CONTENCIÓN E INCLUSIÓN

**Describir las estrategias** para el análisis de los errores que eventualmente puedan cometer las y los estudiantes en las evaluaciones. Y las **principales medidas tutoriales y remediales para la contención y la inclusión** a llevar adelante con los/las estudiantes que tienen dificultades, particularmente a partir del análisis de los resultados de las evaluaciones de los resultados de aprendizaje.

El cuerpo docente de la cátedra busca a lo largo del cursado y durante las etapas de evaluación, de remediar los errores que puedan cometer los estudiantes y la comprensión errónea de conceptos con el objetivo de que todos los alumnos regulares que se inscriben a la asignatura consigan alcanzar los estándares mínimos exigidos para la aprobación de la misma. Las medidas que se toman son las siguientes:

- ✍ En cuanto a la evaluación de los informes de los trabajos prácticos (resolución de problemas acompañadas con el uso de programas de simulación) se realiza una primera corrección detallada de todos los pasos realizados por el alumno, las explicaciones y conclusiones obtenidas y de la presentación de la información y se le da un concepto mediante una nota del 1 al 10. Si el alumno obtiene una nota mayor o igual a 6 tiene aprobado el informe. En este caso se le brinda al alumno la posibilidad de corregir los errores y mejorar su informe con el objetivo de aumentar la nota para mejorar su promedio cuatrimestral. En el caso de que el alumno no apruebe el informe (nota menor a 6) también tiene la posibilidad de presentar nuevamente el informe con todas las correcciones y sugerencias realizadas por los docentes para mejorar su nota.
- ✍ En cuanto a la evaluación de los informes de las actividades de laboratorio, estos se evalúan una sola vez y no tienen posibilidad de una segunda corrección, con el objetivo de que el alumno demuestre la disposición que tiene para la tarea de realizar un informe y las capacidades que posee para la redacción y presentación adecuada de la información. En la evaluación se le da también un concepto con una nota del 1 al 10 y se les hace ver al alumno cuáles son las mejoras a tener en cuenta en sus próximos informes como así también se lo congratula cuando ha hecho una muy buena presentación y análisis de los resultados obtenidos.
- ✍ En cuanto a las evaluaciones parciales de conocimientos, el alumno tiene derecho a un examen de recuperación para poder mejorar su promedio y/o no quedar libre. Inclusive, los casos en los cuales los alumnos que demuestran un desempeño promedio en el cursado, se los contempla dándoles una

<sup>5</sup> Cada docente **optará por la utilización de rúbricas** como modalidad de evaluación de las competencias.



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



segunda etapa de recuperación brindándoles la posibilidad de que puedan cumplir con los objetivos pautados en la asignatura y alcance las competencias establecidas.

- ✍ El alumno tiene un acompañamiento constante a lo largo del cuatrimestre por parte de todo el cuerpo docente, desde el profesor responsable de cátedra hasta el alumno auxiliar adscripto, atendiendo las consultas durante los horarios de consulta establecidos o inclusive en horarios diferentes. Se les brinda todo el material que necesitan para el aprendizaje incluidos los archivos de las simulaciones que necesiten para tal fin. La información que brinda la cátedra garantiza el aprendizaje y el logro de las competencias que esta asignatura pretende lograr.
- ✍ La cátedra es muy flexible con las fechas pautadas tanto para la entrega de informes como para las evaluaciones parciales, considerando que durante el cursado hay actividades (entre ellas las evaluaciones parciales) de otras asignaturas que se les pueden superponer y dependiendo del avance de las clases en el cronograma y de los tiempos de corrección de los informes, el cuerpo docente puede establecer nuevas fechas de entrega de informes y de evaluaciones parciales o de evaluaciones de recuperación. En el caso de las evaluaciones de recuperación suelen realizarse en días diferentes a los asignados a la asignatura con el objetivo de no perder dictado de clases o avances en el desarrollo de las actividades prácticas o de laboratorio y, a su vez, brindarle la posibilidad al alumno de que pueda prepararse bien para poder aprobar la evaluación.
- ✍ La cátedra tiene como regla estricta, realizar la corrección de los informes de trabajos prácticos y entregárselos a los alumnos al menos 2 días antes de una evaluación parcial, para que puedan tener una realimentación de lo que han hecho bien y de lo que han hecho mal y así evitar cometer errores en la evaluación. Esto también les da tiempo a realizar las consultas respectivas para corregir sus errores.

PARTE D.3

### ACREDITACIÓN Y SISTEMA DE CALIFICACIÓN

**Describir y argumentar el sistema de acreditación directo y sistema de acreditación no directo,** considerando los criterios del Aprendizaje y de la Evaluación Centrados en el Estudiante.

**Describir estrategias** a seguir con los/las estudiantes que **no alcanzan los niveles de Principiante** en ninguno de los criterios de evaluación de los resultados de aprendizaje de la asignatura, considerando los criterios del Aprendizaje y de la Evaluación Centrados en el Estudiante.

Esto ya fue descrito en la parte D1 y en la D2.



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



PARTE E

## CRONOGRAMA, RECURSOS, REGLAMENTO Y BIBLIOGRAFÍA

Contiene otros aspectos necesarios en la planificación.

PARTE E.1

### CRONOGRAMA SINTESIS

Listado de cada una de las actividades (con fechas) que se desarrollarán en cada encuentro presencial (docentes y estudiantes), **Tiempo insumido** por actividad, **momentos de evaluación de recursos** y de situaciones de integración; recuperación de actividades incumplidas, presentado en formato de tabla.<sup>6</sup>

#### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Fecha	Clase: Teórico/Práctica/Laboratorio
Miércoles 16/08 8 a 11 hs	Presentación del equipo docente y de la asignatura. Objetivos de la asignatura y metodología de trabajo. Ventajas del uso del control digital respecto al control analógico. Señales en sistemas de control digital. Diagrama en bloques de un sistema de control digital. Ejemplos de aplicación. Tipos de computadoras digitales para sistemas de control. Consideraciones para la selección de una computadora digital. Tiempos inherentes a la implementación digital de un sistema de control.
Miércoles 16/08 15 a 19 hs	<b>Trabajo Práctico N°1:</b> Determinación de la frecuencia de muestreo de diferentes tipos de señales en sistemas prácticos reales utilizando PSIM.
Miércoles 23/08 8 a 11 hs	Repaso sobre el muestreo y la reconstrucción de señales. Adquisidores de muestras. Conversión A/D. Mantenedor de orden cero (ZOH). Mantenedor de orden uno (FOH). Mantenedor de orden fraccionario. Efectos del ZOH sobre las señales muestreadas. Aproximación del ZOH. Efectos del ZOH sobre los sistemas de control en lazo cerrado. Ejemplos con sistemas en LC. Determinación de la frecuencia de muestreo en sistemas de control en lazo cerrado.
Miércoles 23/08 15 a 19 hs	<b>Actividad de Laboratorio N°1:</b> Muestreo de señales en tiempo continuo: Análisis de la selección de la frecuencia de muestreo de señales con THD elevado.
Miércoles 30/08 8 a 11 hs	<b>Cambio de Actividades por la JIDETEV 2023.</b>
Miércoles 30/08 15 a 19 hs	<b>Cambio de Actividades por la JIDETEV 2023.</b>

<sup>6</sup> El modelo de tabla queda a criterio del docente, puede tomar ejemplos, adaptarlos o generar uno nuevo.

Fecha	Clase: Teórico/Práctica/Laboratorio
Miércoles 06/09 8 a 11 hs	Relación entre los planos s y z. Región deseada de polos de lazo cerrado en el plano z. Respuesta en el tiempo de sistemas discretos. Aproximaciones matemáticas de funciones de transferencia en tiempo continuo. Aproximaciones de Euler: Forward (por defecto) y Backward (por exceso).
Miércoles 06/09 15 a 19 hs	<b>Finalización y Entrega del Informe del Trabajo Práctico N°1. Entrega del Informe de Laboratorio N°1. (Primer Intento)</b>
Miércoles 13/09 8 a 11 hs	Transformación Bilineal o de Tustin. Regiones de estabilidad de las aproximaciones. Aproximación invariante al escalón. Mapeo de diferencias. Errores en estado estacionario para entradas en escalón, rampa e hipérbola de sistemas de tipo 0, 1, 2 y mayores. Análisis de estabilidad de sistemas muestreados.
Miércoles 13/09 15 a 19 hs	<b>Clase especial: PLC y Controladores Digitales Comerciales de Temperatura. Entrega del Informe de Laboratorio N°1. (Segundo Intento)</b>
Miércoles 20/09 8 a 11 hs	Rediseño digital. Modelos continuos aproximados versus modelos obtenidos en tiempo discreto. Lugar de las raíces en el plano z. Diseño clásico de controladores discretos utilizando el lugar de las raíces en el plano z: Controladores P, PD, PI, PID, de adelanto de fase, de atraso de fase y adelanto-atraso de fase.
Miércoles 20/09 15 a 19 hs	<b>Trabajo Práctico N°2:</b> Aproximación de Controladores Diseñados en Tiempo Continuo. Diseño y Simulación de Controladores en Tiempo Discreto utilizando el Lugar de las Raíces (LR).
Miércoles 27/09 8 a 11 hs	Rediseño digital. Modelos continuos aproximados versus modelos obtenidos en tiempo discreto. Lugar de las raíces en el plano z. Diseño clásico de controladores discretos utilizando el lugar de las raíces en el plano z: Controladores P, PD, PI, PID, de adelanto de fase, de atraso de fase y adelanto-atraso de fase.
Miércoles 27/09 15 a 19 hs	<b>Trabajo Práctico N°2:</b> Aproximación de Controladores Diseñados en Tiempo Continuo. Diseño y Simulación de Controladores en Tiempo Discreto utilizando el Lugar de las Raíces (LR).
Miércoles 04/10 8 a 11 hs	Controladores modelados y diseñados en el dominio de tiempo discreto: Controladores de respuesta de tiempo mínimo (deadbeat). Controladores PI, PD y PID predictivos.
Miércoles 04/10 15 a 19 hs	<b>Trabajo Práctico N°2: Finalización y Entrega del Informe.</b>
Miércoles 11/10 8 a 11 hs	<b>Primera Evaluación Parcial. Relacionada a los temas de los trabajos prácticos N° 1 y 2.</b>
Miércoles 11/10 15 a 19 hs	<b>Actividad de Laboratorio N°2:</b> Control de motor CC utilizando PLC y control de temperatura con controlador digital comercial.



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



Fecha	Clase: Teórico/Práctica/Laboratorio
Miércoles 18/10 8 a 11 hs	<b>Recuperatorio de la 1ra Evaluación Parcial.</b>
Miércoles 18/10 15 a 19 hs	<b>Entrega Informe de Laboratorio N°2.</b> <b>Trabajo Práctico N°3:</b> Diseño y Simulación de Controladores Obtenidos en Tiempo Discreto: Controladores Deadbeat. Controladores Predictivos. Controladores Resonantes.
Miércoles 25/10 8 a 11 hs	Principio del modelo interno para sistemas discretos LIT de una entrada una salida (SISO): Controladores Resonantes y Acciones de Control Repetitivas.
Miércoles 25/10 15 a 19 hs	<b>Clase Especial Controladores Digitales de Señales: Arduino DUE 32 bits Punto Flotante</b> <b>Trabajo Práctico N°3: Continuación.</b>
Miércoles 01/11 8 a 11 hs	Modelo de espacio de estado en tiempo discreto. Aproximación de Euler. Solución de la ecuación de estado en tiempo discreto. Modelado en el espacio de estado del tiempo de atraso de la implementación digital. Conceptos de Controlabilidad y Observabilidad de sistemas en tiempo discreto.
Miércoles 01/11 15 a 19 hs	<b>Entrega Informe Trabajo Práctico N°3.</b> <b>Actividad de Laboratorio N°3:</b> Control de un convertidor CC-CC reductor de tensión.
Miércoles 08/11 8 a 11 hs	Técnica de diseño de reubicación de polos por realimentación de estados. Diseño con acción integral en el espacio de estado (servo controlador). Observadores de estados de orden completo. Ejemplos de aplicación.
Miércoles 08/11 15 a 19 hs	<b>Entrega del Informe de Laboratorio N°3 (Primer Intento).</b> <b>Segunda Evaluación Parcial. Relacionada a los temas del trabajo práctico N°3.</b>
Miércoles 15/11 8 a 11 hs	<b>Recuperatorio de la 2da Evaluación Parcial.</b>
Miércoles 15/11 15 a 19 hs	<b>Actividad de Laboratorio N°4:</b> Control de velocidad de un motor CC-CC.
Miércoles 22/11 8 a 11 hs	<b>Entrega del Informe de Laboratorio N°4.</b> <b>Última fecha para entrega de informes.</b>
Miércoles 22/11 15 a 19 hs	<b>Entrega del Informe de Laboratorio N°4.</b> <b>Última fecha para entrega de informes.</b>
Miércoles 29/11 8 a 11 hs	<b>Examen para la Promoción de la Asignatura.</b>



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



<b>Fecha</b>	<b>Clase: Teórico/Práctica/Laboratorio</b>
Viernes 01/12 8 a 11 hs	<b>Examen para la Promoción de la Asignatura (Última fecha en caso de no ser posible el 30/11)</b>

## PARTE E.2

### LISTADO DE ENTREGABLES

**Explicitar toda producción** que los/las estudiantes deban entregar para acreditar los resultados de aprendizaje de la asignatura, presentando un listado por cada uno.

Para acreditar los resultados de aprendizaje, los estudiantes deben entregar la siguiente producción:

- Informes de los trabajos prácticos.
- Informes de las actividades de laboratorio.

## PARTE E.3

### REGLAMENTO DE CÁTEDRA - Opcional<sup>7</sup>

**Describir brevemente** las **normas** de trabajo, de honestidad personal e intelectual, etc.; los **formatos y condiciones de las producciones** de los/las estudiantes (ejercicios y/o problemas resueltos, proyectos, informes de prácticas de laboratorio, etc.) tipos de archivos/videos, etc.

**Describir las condiciones bajo las cuales se desarrollarán las evaluaciones** (uso de libros, apuntes u otros materiales auxiliares, consultas y diálogos entre pares y docentes, acceso a internet, etc.)

## PARTE E.4

### BIBLIOGRAFÍA

**Bibliografía** Básica / Bibliografía Complementaria / Artículos científicos / Sitios web / Otros.

#### BIBLIOGRAFÍA

##### BÁSICA:

- ☞ Ogata, Katsuhiko; “Sistemas de Control de Tiempo Discreto”; Pearson; Segunda Edición; 1996.
- ☞ Kuo, Benjamín C.; “Sistemas de Control Digital”, CECSA, México; Primera edición en español; 1997.

##### COMPLEMENTARIA:

- ☞ Phillips, Charles L.; Tagle, Troy H.; “Digital Control System Analysis and Design” Prentice Hall, Third Edition.
- ☞ Aström, Karl J.; Wittenmark, Björn; “Computer-Controlled Systems, Theory and Design”; Prentice Hall, Third Edition.

<sup>7</sup> El **Reglamento de Cátedra es opcional**, aunque consideramos que es un recurso solicitado en planificaciones anteriores y ofrece información relevante.



Universidad Nacional de Misiones

“1983/2023 – 40 años de Democracia”



- ✍ Franklin Gene F.; Powell David J. Workman Michael; “Digital Control of Dynamic Systems”; Ellis-Kagle Press, Third Edition.
- ✍ B. Roffel; B. H. Betlem; “Advanced Practical Process Control”, Springer; 2004.
- ✍ Cheng, C. T.; “Analog and Digital Control System Design”, State University of New York at Stony Brook, Oxford University Press, First Edition; 2006.
- ✍ Fadali, M. Sam; “Digital Control Engineering, Analysis and Design”; Elsevier; 2009.

## PARTE E.5

### RECURSOS (Elaborados por el Equipo Docente)

Guías de ejercicios y/o problemas (presenciales / no presencial), Guías de laboratorio (indicar el repositorio). Videos de clases grabadas (indicar el repositorio: YouTube®, Drive, etc.) / Otros.

Las guías de ejercicios, de laboratorio, el material generado por la cátedra (apuntes, presentaciones y archivos de simulaciones con los diferentes softwares utilizados), los links a los videos de las clases grabadas y material adicional, están todos disponibles en el aula virtual Moodle de la asignatura SISTEMAS DE CONTROL 2.

<https://aulavirtual.fio.unam.edu.ar/course/view.php?id=361&section=0>

## PARTE E.6

### REUNIONES EQUIPO DOCENTE - Opcional<sup>8</sup>

Citar **estrategias** para el **análisis del desarrollo del curso** (participación en las clases de los/las estudiantes, cumplimiento de las funciones, comunicación con los/las estudiantes, otros)

Plantear **estrategias para mejora continua** luego de aplicado el modelo (revisión de mediación pedagógica, tiempo del estudiante, evaluaciones formativas, rúbricas, etc.)

## PARTE E.7

### COMUNICACIÓN A ESTUDIANTES DE LA PLANIFICACIÓN

Citar **acciones para lograr una correcta comprensión** por parte de los/las estudiantes acerca del significado de los **resultados de aprendizaje**, tipos de **mediación pedagógica** y particularmente el **sistema de evaluación**.

En la primera clase, al inicio del cuatrimestre, se les explica a las/los estudiantes el nuevo esquema de planificación, específicamente los resultados de aprendizaje y el sistema de evaluación.

<sup>8</sup> Reuniones del equipo docente es opcional, pero es interesante registrar acciones que se realizan y no se plasman en las planificaciones.