

## FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA U.N.R.

PROGRAMA SINTÉTICO DE LA ASIGNATURA: **Identificación de Sistemas**      Código

<p><b>PLAN DE ESTUDIOS: 1996</b>  <b>CARRERA: Ingeniería Electrónica</b>  <b>DEPARTAMENTO: de Electrónica</b>  <b>PROFESORES: Dr. Juan Carlos Gómez</b>  <b>e-mail: jgomez@eie.fceia.unr.edu.ar</b></p> <p><b>PROGRAMA CUATRIMESTRAL</b></p> <p><b>OBSERVACIONES:</b>  <b>URL: <a href="http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~isis">http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~isis</a></b>  <b>e-mail: <a href="mailto:isis@eie.fceia.unr.edu.ar">isis@eie.fceia.unr.edu.ar</a></b></p>	<p><b>PRESUPUESTO HORARIO SEMANAL PROMEDIO</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1. TEORÍA:</td><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td>2. PRÁCTICA:</td><td style="text-align: right;">3</td></tr> <tr><td>3. LABORATORIO:</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>4. TOTAL ASIGNADO: (1+2+3)</td><td style="text-align: right;">6</td></tr> <tr><td>5. DEDICACIÓN DEL ALUMNO FUERA DE CLASE:</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>6. PRESUPUESTO TOTAL: (5+4)</td><td style="text-align: right;">10</td></tr> </table> <p><b>PROGRAMA BASADO EN SEMANAS ÚTILES :</b>      15</p> <p><b>HORAS TOTALES ASIGNADAS:</b>      90</p> <p><b>HORAS TOTALES PRESUPUESTAS:</b>      150</p>	1. TEORÍA:	2	2. PRÁCTICA:	3	3. LABORATORIO:	1	4. TOTAL ASIGNADO: (1+2+3)	6	5. DEDICACIÓN DEL ALUMNO FUERA DE CLASE:	4	6. PRESUPUESTO TOTAL: (5+4)	10
1. TEORÍA:	2												
2. PRÁCTICA:	3												
3. LABORATORIO:	1												
4. TOTAL ASIGNADO: (1+2+3)	6												
5. DEDICACIÓN DEL ALUMNO FUERA DE CLASE:	4												
6. PRESUPUESTO TOTAL: (5+4)	10												

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN EN LA CARRERA :**

**Identificación de Sistemas** puede definirse como el área de Teoría de Sistemas que estudia metodologías para la obtención de modelos matemáticos de sistemas dinámicos a partir de mediciones sobre el sistema. La identificación de sistemas se ha convertido en una herramienta fundamental en muchas ramas de la ingeniería y otras áreas tan diversas como bio-tecnología y economía, que requieren la existencia de modelos precisos del sistema que posibiliten el análisis, la simulación y el diseño e implementación de estrategias de control. En aplicaciones de Control, la obtención de un modelo matemático más o menos preciso del sistema es fundamental ya que la mayoría de los métodos de diseño de controladores parten de la hipótesis de que un modelo parametrizado del proceso está disponible. En este Curso se pretende dar un panorama general de los métodos más difundidos para la Identificación de Sistemas Dinámicos, tanto en sus aspectos teóricos como en los de implementación mediante el uso de software interactivo. Los distintos métodos se ilustrarán con ejemplos de aplicación a partir de datos reales.

La asignatura se encuentra ubicada en el **noveno** cuatrimestre.

### **OBJETIVOS: (qué debe saber el alumno al concluir el curso)**

Entre los objetivos del Curso se encuentran:

- Que el alumno adquiera un panorama general de los métodos de identificación clásicos y avanzados más importantes y difundidos en la práctica, centrándose en el denominado enfoque de Error de Predicción, pero considerando también otros métodos alternativos de identificación paramétricos y no paramétricos, a partir de datos de entrada-salida en el dominio frecuencial y temporal, y métodos recursivos y no-recursivos; así como algunas técnicas de identificación de clases de sistemas no lineales.
- Transmitir al alumno la fundamentación matemática rigurosa de los métodos mencionados que permitirá un análisis comparativo de las distintas técnicas.
- Introducir al alumno en el manejo de software interactivo para identificación de sistemas dinámicos (en particular, el *System Identification Toolbox* de **Matlab**).

### **MATERIAS RELACIONADAS:**

**Previas:** A-701 Probabilidad y Procesos Aleatorios, A-802 Control II

**Simultáneas recomendadas:**

**Posteriores:**

..... <b>Firma Profesor</b>	..... <b>Fecha</b>	..... <b>Aprob. Escuela</b>	..... <b>Fecha</b>
--------------------------------	-----------------------	--------------------------------	-----------------------

**Aprobado en reunión de Consejo Académico de fecha:** .....

## CONTENIDO TEMÁTICO

### Ordenar las unidades que integran el curso utilizando codificación decimal.

1. Introducción: Qué es Identificación de Sistemas. Etapas de un proceso de Identificación. Problema Típico de Identificación: Identificación de un modelo ARX usando el método de Mínimos Cuadrados.
2. Breve reseña de Teoría de Probabilidad, Variables Aleatorias y Procesos Aleatorios.
3. Modelos de Sistemas Lineales Estacionarios: Modelos Entrada-Salida: Caracterización de las perturbaciones. Modelos de Ecuación de Error, AR, ARX, Regresor Lineal, ARMAX, de Error de Salida, Box-Jenkins, Modelo Autoregresivo Generalizado, Modelos con Bases Ortonormales. Modelos en Ecuaciones de Estado.
4. Identificabilidad de algunas Estructuras de Modelo Lineales.
5. Modelos de sistemas no lineales: Modelos de Wiener y Hammerstein, Modelo Regresivo Lineal (con regresor no lineal), Modelos en Espacio de Estados No Lineales, Modelos tipo *Caja Negra* No Lineales.
6. Métodos de Identificación No-Paramétricos en los dominios temporal y frecuencial: Identificación a partir de la Respuesta al Escalón. Análisis de Correlación. Análisis de la Respuesta en Frecuencia. Análisis Espectral.
7. Métodos de estimación de parámetros basados en la minimización de los errores de predicción (PEM: Prediction Error Methods). Método de Mínimos Cuadrados con estructura de regresor lineal.
8. Métodos de la Variable Instrumental y de Máxima Verosimilitud.
9. Análisis Estadístico de las estimas: consistencia y convergencia. Distribución asintótica de las estimas.
10. Métodos de Subespacio: Métodos 4SID, CVA, MOESP.
11. Métodos de Identificación basados en Bases Ortonormales: FIR, Laguerre, Kautz, Bases Generalizadas.
12. Métodos de estimación recursivos: Mínimos Cuadrados Recursivos (RLS), Least Mean Squares (LMS), Filtro de Kalman.
13. Identificación de Sistemas No lineales del tipo Hammerstein y Wiener.
14. Identificación en lazo cerrado.
15. Validación del modelo: Análisis de Residuos.
16. Identificación en la práctica: Software interactivo para Identificación de Sistemas: el *System Identification Toolbox* de **Matlab**.

## REGIMEN DE PROMOCIONALIDAD

### Modo de aprobación

- Se realizarán 3 (tres) Exámenes Parciales en fechas a confirmar.
- Se realizarán 3 (tres) Trabajos Prácticos de Laboratorio en fechas a confirmar..
- Se dispondrá de una instancia de recuperación de Exámenes Parciales.
- Se realizará un Examen Final de la Asignatura.

Para **aprobar** el Curso, el alumno deberá cumplir con los siguientes requisitos:

1. Obtener un promedio de los exámenes parciales superior al 70 %, con un mínimo de 50 % en cada Parcial.
2. Obtener un promedio de los Trabajos Prácticos superior al 70 %, con un mínimo de 50 % en cada TP.
3. Aprobar el Examen Final del Curso con un mínimo de 50 %.

## BIBLIOGRAFÍA

a) Adecuada al programa. Ordenada por temas y con su codificación de biblioteca, incluidas las publicaciones de la Cátedra con su código de publicación.

### Bibliografía General

- [1] Ljung, Lennart : *System Identification: Theory for the User*, 2<sup>nd</sup> Edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.,1999.
- [2] Söderström, T. & Stoica, P.: *System Identification*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1989.
- [3] Rivera, Daniel E.: *System Identification for Process Control: A Resource for the Industrial Practitioner*, libro en preparación, 1999.
- [4] Ljung, Lennart: *System Identification Toolbox, for use with Matlab*, User's Guide Version 4, The MathWorks, Inc, Natick, MA, 1997.
- [5] Peter Van Overschee & Bart de Moor. *Subspace Identification for Linear Systems: Theory, Implementation, Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1996.
- [6] Peter Van Overschee & Bart de Moor. "N4SID: Subspace Algorithms for the identification of combined deterministic-stochastic systems", *Automatica*, Vol 30, No. 1, pp. 75-93, 1994.
- [7] Paul M. J. Van den Hof & Peter S. C. Heuberger & J. Bokor. "System Identification with Generalized Orthonormal Basis Functions", *Automatica*, Vol 31, No. 12, pp. 1821-1834, 1995.
- [8] Gómez, Juan Carlos: *Analysis of Dynamic System Identification Using Rational Orthonormal Bases*, Ph.D. Thesis, The University of Newcastle, Australia, 1998.
- [9] Proakis, J.G. & Manolakis, D.G.: *Tratamiento Digital de Señales: Principios, Algoritmos y Aplicaciones*, Traducción de *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications*, 3<sup>rd</sup>. edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, UK., 1998.
- [10] Proakis, John G. & Manolakis, Dimitris G.. *Digital Signal Processing - Principles, Algorithms, and Applications* , Second Edition, Macmillan Publishing Company, New York, 1992.
- [11] The MathWorks, Inc.. *Matlab, The Language of Technical Computing - Getting Started with Matlab*, Version 5. - 24 Prime Park Way, Natick, MA 01760-1500, 1997.
- [12] The MathWorks, Inc.. *Matlab, Control System Toolbox - User's Guide, Version 4* - 24 Prime Park Way, Natick, MA 01760-1500, 1996.
- [13] The MathWorks, Inc.. *Matlab, Signal Processing Toolbox - User's Guide, Version 4* - 24 Prime Park Way, Natick, MA 01760-1500, 1996.
- [14] Ljung, L. & U. Forssell. "Closed Loop Identification Revisited" , Technical Report No. LiTH-ISY-R-2021, Automatic Control Group, Linköping University, Sweden, 1998.
- [15] Ljung, L. & U. Forssell. "Bias, Variance and Optimal Experimental Design: Some Comments on Closed Loop Identification" , Technical Report No. LiTH-ISY-R-2100, Automatic Control Group, Linköping University, Sweden, 1999.
- [16] Ljung, L.. "Identification in Closed Loop: Some Aspects on Direct and Indirect Approaches" , Technical Report No. LiTH-ISY-R-2101, Automatic Control Group, Linköping University, Sweden, 1999.
- [17] Gevers, M & L. Ljung & P.M.J. Van den Hof. "Asymptotic Variance Expressions for Closed Loop Identification and their relevance in Identification for Control" , Technical Report No. LiTH-ISY-R-2128, Automatic Control Group, Linköping University, Sweden, 1999.
- [18] Ljung, Lennart. "Form Data to Model: A Guided Tour of System Identification", Technical Report No. LiTH-ISY-R-1652, Automatic Control Group, Linköping University, Sweden, 1994.

### Publicaciones de la Cátedra

- [19] Gómez, J.C. (2000). **Conceptos Fundamentales de Probabilidad, Variables Aleatorias y Procesos Aleatorios**, Apunte, Departamento de Electrónica, disponible en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~isis>
- [20] Gómez, J.C. (2000). **Notas de Clase**, aprox. 100 transparencias cubriendo todos los temas del Programa, disponibles en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~isis>.
- [21] Gómez, J.C. (2000). **Guía del Trabajo Práctico No. 1: Identificación usando Análisis de Correlación y Mínimos Cuadrados con modelo ARX**, disponible en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~isis>.
- [22] Gómez, J.C. (2000). **Guía del Trabajo Práctico No. 2: Identificación de una columna de destilación batch - Estudio comparativo de diferentes métodos**, disponible en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~isis>.
- [23] Gómez, J.C. (2000). **Series de Problemas Propuestos Nros. 1 a 3**, disponibles en <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~isis>.

