



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



**APRUEBA ACTUALIZACIÓN DE CURSO DE POSGRADO DEL DOCTORADO EN
INGENIERÍA, MENCIÓN PROCESAMIENTO DE SEÑALES E IMÁGENES**

Buenos Aires, 27 de agosto de 2021

VISTO la Resolución N° 621/21 del Consejo Directivo de la Facultad Regional Buenos Aires, a través de la cual solicita la actualización del Curso de Posgrado “Sistemas lineales y no lineales: caos y fractales” para el Doctorado en Ingeniería, mención Procesamiento de Señales e Imágenes, y

CONSIDERANDO:

Que el Consejo Superior autorizó por Resolución N° 1200/10 el dictado de la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Procesamiento de Señales e Imágenes en la Facultad Regional Buenos Aires.

Que el Consejo Superior aprobó por Ordenanza N° 1493 el Curso de Actualización de Posgrado “Sistemas lineales y no lineales: caos y fractales”, entre otros

Que la Facultad Regional Buenos Aires plantea la necesidad de actualizar los contenidos del citado curso, contando para ello con un plantel de profesores de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados al propuesto.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación, y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar la actualización del currículum del Curso de Posgrado “Sistemas lineales y no lineales: caos y fractales”, aprobado por Ordenanza C.S. N° 1493, entre otros, que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado del mencionado Curso en la Facultad Regional Buenos Aires, para el Doctorado en Ingeniería, mención Procesamiento de Señales e Imágenes, con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 3°.- Establecer que la propuesta mencionada en el Artículo precedente quedará supeditada al cronograma de dictado de las correspondientes actividades académicas de la Facultad Regional.

ARTÍCULO 4°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1820

| |
|--------|
| UTN |
| DO |
| f.c.r. |
| l.p. |

ING. HÉCTOR EDUARDO AIASSA
RECTOR

ING. MIGUEL ÁNGEL SOSA
Secretario General



ORDENANZA N° 1820

ANEXO I

CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO
SISTEMAS LINEALES Y NO LINEALES: CAOS Y FRACTALES

1. FUNDAMENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Los modelos lineales desde la perspectiva de las ecuaciones diferenciales son motivo de una buena parte de los curriculums de las carreras de grado en ingeniería y ciencias exactas, el análisis lineal de señales y sistemas corre con igual suerte. Sin embargo, los sistemas no lineales y su formulación desde un punto de vista analítico y no meramente geométrico son poco explorados en casi la totalidad de las carreras de grado. De esta manera para complementar la formación que se recibe es que se propone un curso como el presente, que no es meramente informativo, sino que completa de una manera acabada la formación científico técnica que puede recibir un profesional vinculado con las señales y los sistemas. Corresponde mencionar que las aplicaciones de comportamientos caóticos son material cotidiano en todas las especialidades de la ingeniería desde largo tiempo atrás.

El carácter imprevisible de los sistemas no lineales bajo determinadas circunstancias, la sensibilidad a las condiciones iniciales, las sutiles precauciones que se deben implementar en las simulaciones computacionales de sistemas caóticos, son algunos de los factores que alientan a un estudiante de doctorado con mención en ingeniería, a formarse en el campo de los sistemas no lineales, caos y fractales. La respuesta difícil de predecir de un sistema dinámico, ya sea de rango macroscópico o microscópico, es habitual en los



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



estudios y análisis ingenieriles, la vinculación de diversas escalas o la raíz de la naturaleza estadística de ciertos comportamientos puede provenir tanto de conceptos que se funden en la mecánica cuántica como de la mecánica estadística, y esto no puede estar ausente en el corpus del conocimiento de un doctor cuya área de trabajo se vincule con las señales y los sistemas.

El carácter imprevisible de la naturaleza, y en particular el de los sistemas de interés tecnológico, tiene tres vertientes muy bien definidas, uno que es aportado por la no linealidad, otro que tiene su génesis en la mecánica cuántica, y el tercero que nace a partir de los procesos estocásticos. Todos ellos convergen en la imposibilidad de predecir comportamientos a largo plazo y en la necesidad de disponer de las herramientas apropiadas para estudiar sistemas complejos y permitir avanzar en el desarrollo de nuevas y promisorias tecnologías.

2. OBJETIVOS

- Introducir al alumno en conceptos formales de la dinámica de sistemas, tanto lineales como no lineales, que usualmente están ausentes en las carreras de ingeniería.
- Establecer la diferencia entre el indeterminismo cuántico y los procesos estocásticos clásicos, tanto micro como macroscópicos.
- Vincular aspectos de la termodinámica en relación con el concepto de caos y sistemas complejos.
- Sintetizar todos los conceptos anteriores mediante su aplicación al análisis de sistemas no lineales y el análisis de señales con herramientas de procesamiento no lineal.
- Aproximar el estado del arte en el estudio de los sistemas dinámicos no lineales a los cursantes.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



3. CONTENIDOS

1. **Sistemas Lineales.** Conjuntos, grupos, espacios vectoriales y funcionales. Operadores lineales. Operadores diferenciales, integrales e integrodiferenciales. Sistemas de autovalores y autovectores. Análisis de la dinámica de sistemas oscilatorios en coordenadas propias. Sistemas conservativos y disipativos. Operadores y conmutadores. Sistemas ergódicos.
2. **Lógica Cuántica.** Hamiltoniano de un sistema. Función de onda. Realización y representación de un sistema físico. Álgebra operacional. Definición de medida cuántica. Probabilidad cuántica y clásica. Operador matriz densidad. Evolución temporal de los observables físicos.
3. **Termodinámica:** equilibrio térmico, variables de estado de equilibrio. Entropía termodinámica. Paradoja de Gibbs. Entropía informacional. Entropía de Shannon. Mecánica estadística. Concepto de ensamble de microsistemas. Irreversibilidad de Sistemas. Caracterización de sistemas termodinámicos en el espacio de fases.
4. **Ecuaciones no lineales.** Ecuaciones diferenciales y en diferencias finitas. Mapas y flujos. Dimensión fractal, Hausdorff. Interpretación de las dimensiones generalizadas. Exponente de Liapounov. Rutas al caos: Sistemas disipativos y sistemas conservativos. Generación de números al azar y su relación con los sistemas considerados estadísticos. Azar y determinismo. Sensibilidad a las condiciones iniciales. Reconstrucción de atractores: Lorenz, Henon, Van del Pol. Coordenadas retrasadas y otros esquemas. Estudio y caracterización de sistemas no lineales en el espacio de fases: ejemplos variados de aplicaciones en tecnología y ciencia.
5. **Dinámica de sistemas no lineales auto-organizados.** Ejemplo hormiga de Langton y el juego del caos. Diferenciación de la dinámica caótica, determinista y estocástica de



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



sistemas no lineales. Ejemplos en la cinética química (reacción de Belusov Zabortinsky), flujos turbulentos, intercambio de calor, dinámica de poblaciones (modelo de Holling Tanner) y propagación de fallas en sólidos.

- 6. Conceptos de la teoría de la información para el estudio de sistemas no lineales:** complejidad y entropía. Entropía de Permutación. Definiciones. Divergencia de la información. Medida de información de Fisher.

4. DURACIÓN

El curso tendrá una carga horaria de SETENTA (70) horas.

5. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. El dictado del curso está centrado en tres ejes: clases teórico prácticas, prácticas de laboratorio, y empleo de recursos multimediales. Se proveerá a los estudiantes de una importante cantidad de códigos computacionales desarrollados en entorno Matlab®. Las prácticas de laboratorio consistirán en la exploración computacional de las propiedades y conceptos de los sistemas dinámicos, tanto lineales como no lineales.

6. EVALUACIÓN

Para la aprobación del curso se requerirá, además del 80% de asistencia, la ejecución de los trabajos prácticos de laboratorio y la aprobación de dos exámenes parciales escritos e individuales.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA N° 1820

ANEXO II

CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO
“SISTEMAS LINEALES Y NO LINEALES: CAOS Y FRACTALES”
DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN PROCESAMIENTO
DE SEÑALES E IMÁGENES
FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES

Cuerpo Docente

- Dr. Walter LEGNANI (DNI 18.149.279)
