



2020

Año del General
Manuel Belgrano

—

Universidad Nacional del Litoral



NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

SANTA FE, 12 de noviembre de 2020

VISTAS estas actuaciones en las que obra resolución C.D. N° 125/20 de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas vinculada con la modificación del Plan de Estudios y Reglamentos de la carrera de posgrado “Doctorado en Ingeniería” (resoluciones C.S. n°s 90/96 y 385/08 y 795/17) y

CONSIDERANDO:

Que los cambios propuestos están adecuados al Reglamento General de Cuarto Nivel de la Universidad Nacional del Litoral;

POR ELLO, teniendo en cuenta lo informado por la Secretaría de Planeamiento Institucional y Académico y lo aconsejado por las Comisiones de Ciencia y Técnica y de Extensión y de Enseñanza,

EL CONSEJO SUPERIOR

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Modificar el Plan de estudios y Reglamentos de la carrera de posgrado “Doctorado en Ingeniería” compartida entre la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, el Instituto Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC) y el Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)), con sede administrativa en la mencionada Facultad, de conformidad con el Texto Ordenado que en Anexo se adjunta.

ARTÍCULO 2°.- Inscribase, comuníquese por Secretaría Administrativa, hágase saber por correo electrónico a las Direcciones de Información y Estadística y a Diplomas y Legalizaciones y pase a la Secretaría de Planeamiento Institucional y Académico a sus efectos.

RESOLUCIÓN C.S. N°: 313



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

DOCTORADO EN INGENIERÍA

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas
Instituto de Desarrollo Tecnológico para la
Industria Química
Centro de Investigación de Métodos
Computacionales
Instituto de Investigación en Señales, Sistemas
e Inteligencia Computacional**



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313**
accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019
y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:
EXpte.Nº: FICH-1042879-20

ANEXO I

PLAN DE ESTUDIOS DOCTORADO EN INGENIERÍA

1. OBJETIVOS

La Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC) y el Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)), pertenecientes a la Universidad Nacional del Litoral (UNL), dictan en forma compartida la Carrera de Posgrado denominada "Doctorado en Ingeniería". La UNL otorga el grado académico de Doctor en Ingeniería, sin incumbencia profesional, a aquellos graduados universitarios que cumplan la totalidad de los requisitos de este Plan de Estudios.

El objetivo de este Doctorado es capacitar recursos humanos en el máximo nivel académico en disciplinas o áreas interdisciplinarias directamente relacionadas con la Ingeniería, requiriendo aportes del tesista, originales y creativos de probado valor orientados a acrecentar los conocimientos del área. Consecuentemente, se formarán investigadores científicos y tecnológicos, con el adiestramiento y preparación necesarios para el desarrollo de actividades creativas en forma independiente dentro de su especialidad.

2. MENCIONES

El Doctorado en Ingeniería cuenta con las siguientes menciones:

- Mecánica Computacional.
- Recursos Hídricos.
- Inteligencia Computacional, Señales y Sistemas.
- Ambiental.

3. PLAN DE ESTUDIOS

La carrera Doctorado en Ingeniería de la UNL es presencial, semi-estructurada y compartida entre la FICH, el INTEC, el CIMEC y el sinc(i), instituciones que actuarán indistintamente como Sedes Académicas de la misma. La oferta de cursos de apoyo



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

a la investigación del Doctorado estará compuesta por Cursos de Formación Básica y Cursos de Formación Específica.

La FICH será Sede Administrativa de la carrera y tendrá a su cargo la gestión de todas las actividades realizadas en el marco de la misma.

El Plan de Estudios comprende el cursado y aprobación de cursos de apoyo a la investigación propuesta, y el desarrollo y aprobación de una Tesis Doctoral. El alumno debe acreditar un mínimo de cien (100) Unidades de Crédito Académico (UCAs) como se indica a continuación, correspondiendo una (1) UCA a quince (15) horas de actividad comprendiendo:

- a) Un mínimo de veintiséis (26) UCAs se obtienen por la aprobación de cursos de apoyo a la investigación propuesta. Cada curso no podrá otorgar más de (4) UCAs.
- b) Un mínimo de setenta y cuatro (74) UCAs se obtienen por la aprobación del manuscrito de Tesis Doctoral y su defensa oral y pública

El Plan de Estudios a seguir por el alumno tendrá el aval de su director y será sometido a la aprobación del Comité Académico

Se describen a continuación las distintas actividades del Plan de Estudios:

3.1 Propuesta de Tesis y Tesis Doctoral

3.1.1. Propuesta de Tesis

Una vez acreditadas las veintiseis (26) UCAs requeridas por cursos de apoyo a la investigación, el alumno, con el aval de su Director de Tesis, deberá presentar una Propuesta de Tesis la que consistirá en una planificación de las tareas de investigación científica y tecnológica para el desarrollo de un tema de Tesis, con el compromiso verificable de que estarán disponibles los medios requeridos para su ejecución.

La presentación y evaluación de la Propuesta se registrará de acuerdo al procedimiento establecido en el Reglamento de la carrera.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

3.1.2. Tesis

La Tesis estará dedicada a un tema referido a la Ingeniería en alguna de las Menciones aprobadas por la UNL. Consistirá en un avance en el conocimiento científico o tecnológico, la creación de una metodología, procedimiento, proceso u otros modos de aplicación técnica del conocimiento científico. La tesis podrá tener carácter teórico y/o experimental. Sus resultados deberán significar una contribución al conocimiento en el campo de la Ingeniería.

La presentación, evaluación y aprobación de la Tesis se regirán según lo establecido en el Reglamento de la Carrera.

La orientación de los alumnos estará a cargo de los Directores de Tesis y la supervisión de las actividades, a cargo del Comité Académico y del Director de Carrera.

3.2 Cursos de apoyo a la investigación

3.2.1 Cursos dictados en el marco de la carrera

La modalidad de dictado de los cursos es presencial, organizado en 2 cuatrimestres por año académico, de acuerdo al Calendario Académico de la Sede Administrativa.

Para aprobar un curso, los alumnos deben cumplimentar en forma satisfactoria todas las instancias de evaluación previstas en la planificación del mismo, como trabajos prácticos, trabajo final, exámenes parciales y examen final.

Los cursos serán de dos tipos:

3.2.1.a. Cursos de formación básica (CFB): son cursos destinados a brindar los elementos sustanciales del conocimiento de cada Mención de la carrera.

Los alumnos deben acreditar el curso obligatorio "Matemática Aplicada" (4 UCAs), común a todas las menciones. Los alumnos de cada mención deberán acreditar, además, al menos 8 (ocho) UCAs por la aprobación de CFB ofrecidos en su mención. La Tabla N°1 muestra el listado de CFB por Mención y el símbolo (*) indica que el curso es obligatorio.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



Tabla N° 1: Cursos de formación básica (CFB) por Mención.

	Nombre del curso	CH	UCAs	Mención			
				MC	RH	ICSS	A
1	Análisis y procesamiento avanzado de señales	90	4			CFB	
2	Ciclos ambientales globales	60	4				CFB
3	Computación científica con aplicaciones en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional	90	4			CFB	
4	Distribución y transformación de contaminantes orgánicos en el ambiente	60	4				CFB
5	Estadística aplicada	90	4		CFB		
6	Fundamentos y Aplicaciones de transporte de calor y materia en ingeniería ambiental	60	4				CFB
7	Hidrodinámica de cuerpos de agua	60	4		CFB		
8	Hidrología de superficie	60	4		CFB		
9	Introducción al análisis geoestadístico	60	4		CFB		
10	Introducción al método de los elementos finitos	90	4	CFB			
11	Matemática aplicada	90	4	CFB (*)	CFB (*)	CFB (*)	CFB (*)
12	Mecánica de fluidos	75	4	CFB	CFB		CFB
13	Mecánica de sólidos	75	4	CFB			
14	Modelación ambiental	60	4				CFB
15	Tópicos selectos en aprendizaje maquinal	90	4			CFB	

CH: carga horaria. UCAs: Unidades de Crédito Académico. Cada curso no podrá otorgar más de cuatro (4) UCAs, de acuerdo al Reglamento de la Carrera. MC: Mecánica Computacional, RH: Recursos Hídricos, ICSS: Inteligencia Computacional, Señales y Sistemas, A: Ambiental. CFB: Curso de Formación Básica. (*): Curso obligatorio.

3.2.1.b. Cursos de formación específica (CFE): Son cursos destinados a profundizar conocimientos en temáticas específicas, para apoyar el desarrollo de la Tesis.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Los alumnos deben acreditar UCAs por la aprobación de CFEs afines al tema de investigación, hasta cumplimentar la cantidad total mínima de UCAs requerida.

El alumno tomará los cursos de formación básica para su mención y seleccionará, con el aval de su Director de Tesis, aquellos de formación específica optativos que permitan profundizar el tema de investigación elegido para su tesis.

El Consejo Directivo aprobará anualmente los cursos a dictarse en el marco de la carrera y asignará las correspondientes UCAs, a recomendación del Comité Académico. Las propuestas de cursos deberán incluir: título del curso, objetivos, programa sintético, bibliografía, modalidad de dictado, carga horaria, duración del dictado, sistema de evaluación, cuerpo docente, currículum vitae del cuerpo docente, conocimientos previos requeridos y cronograma de dictado.

Los cursos deberán tener una evaluación final y la duración del dictado no será mayor de quince (15) semanas. El dictado y la evaluación final de los cursos se realizará dentro de los plazos establecidos para ese período por el calendario académico de la institución, pudiéndose realizar evaluaciones parciales durante el desarrollo de los mismos.

Las calificaciones de los exámenes se establecerán de acuerdo a la escala vigente en la UNL.

El alumno podrá solicitar al Decano de la FICH, con el aval de su Director de Tesis, el reconocimiento de cursos dictados en el marco del Doctorado tomados con anterioridad a la admisión a la carrera, dentro del plazo que fije el Comité Académico

3.2.2 Otros Cursos

El alumno podrá solicitar al Decano de la FICH, con el aval de su Director de Tesis, el reconocimiento de otros cursos y actividades de posgrado realizados fuera del ámbito de la UNL. Podrán ser reconocidas hasta un máximo de ocho (8) UCAs por otros cursos y actividades de posgrado realizadas por el alumno, salvo excepción debidamente fundamentada.

Los cursos deberán reunir las mismas condiciones exigidas a los cursos dictados en el marco de la carrera y sus temáticas deberán ser afines a ésta.

El reconocimiento de UCAs deberá ser aprobado por el Decano, a recomendación del Comité Académico.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

En la Tabla N° 2 se presenta un listado sintético de los requisitos del Plan de Estudios.

Tabla N° 2: Requisitos del Plan de Estudios.

Requisitos	UCAs	Horas
Aprobación de cursos.	Mín 26	Min. 390
Aprobación de la Propuesta de Tesis.	----	
Aprobación y defensa de la Tesis Doctoral.	Mín 74	Min. 1110
Total	Min 100	Min. 1500

CURSO DE FORMACIÓN BÁSICA

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO AVANZADO DE SEÑALES

1. Objetivos

Que el alumno:

Conozca los fundamentos teóricos de técnicas avanzadas de análisis y procesamiento de señales.

Comprenda su significado a los efectos de la correcta implementación de los correspondientes algoritmos.

Identifique la utilidad de estas técnicas para su aplicación en señales reales.

Desarrolle habilidad para la lectura fluida y comprensiva de publicaciones científicas actuales sobre el tema.

2. Programa sintético

Unidad 1: Procesamiento estadístico de señales. Filtro de Wiener y principio de ortogonalidad. Aplicaciones a reducción de ruido en señales reales. Filtros adaptativos. Filtro de máxima pendiente. Algoritmo LMS. Algoritmo recursivo de mínimos cuadrados (RLS). Variantes de LMS y RLS.

Unidad 2: Representaciones tiempo-frecuencia. Frecuencia instantánea. Representaciones clásicas en tiempo-frecuencia. Transformada de Fourier de tiempo corto, distribución de Wigner, distribución Altes Q, problemas con los términos cruzados. Clases de representaciones tiempo-frecuencia. Propiedades comunes. Covariantes al desplazamiento. Afines. Hiperbólicas. k-ésimas potencias. Discretización.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Unidad 3: Transformada ondita continua. Familias de onditas. Reconstrucción integral. Función de escala y reconstrucción para un número de escalas finito. Muestreo diádico. Muestreo Crítico.

Unidad 4 Análisis multirresolución. Transformada onditas diádica. Relación con banco de filtros y transformada rápida onditas. Onditas ortogonales y biortogonales. Algoritmo á trous (o sin decimación).

Unidad 5: Paquetes de onditas. Bancos de filtros y bases estructuradas. Construcción interativa. Definición general. Árboles y espacios. Admisibilidad y número de bases. Soporte temporal y frecuencia nominal. Algoritmos de descomposición y reconstrucción. Señales finitas. Complejidad computacional. Ejemplos de bases en paquetes y bases coseno.

Unidad 6: Representaciones basadas en diccionarios. Representaciones basadas en diccionarios: ralas y/o factoriales. Planteo general. Métodos determinísticos y estocásticos. Relación con el análisis de componentes independientes.

Unidad 7: Selección de coeficientes o inferencia: caso limpio y ruidoso. Métodos de selección de subconjuntos. Búsqueda de bases y búsqueda por coincidencia. Búsqueda del diccionario o aprendizaje: Diccionarios fijos o "a medida" y óptimos

Unidad 8: Descomposición empírica en modos (EMD). Algoritmo. Transformada de Hilbert-Huang. Relación con filtros adaptativos. Versiones asistidas por ruido: EMD por conjuntos (EEMD) y EEMD completa con ruido adaptativo (CEEMDAN). EMD basado en optimización. Versiones en dos dimensiones.

Unidad 9: Aplicaciones. Onditas en el análisis por tramos. Modelado estadístico de la descomposición basada en onditas. Diccionarios discretos para análisis y reconocimiento del habla. Postfiltros de Wiener para Separación Ciega de Fuentes.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico presencial

4. **Actividades Prácticas:**

Guías de trabajos prácticos y laboratorio

5. **Modalidad de evaluación:**

Aprobación de los trabajos prácticos y de laboratorio

Aprobación de un examen final consistente en la presentación de un trabajo final mediante un informe escrito y su defensa oral.

6. **Bibliografía básica**

Therrien, Charles W.; Discrete random signals and statistical signal processing; Prentice Hall, 2004.

Benesty, J.; Huang T. (Eds.); Adaptive signal processing; Springer, 2003.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- Wickerhauser, M. V.; Adapted Wavelet Analysis from theory to software; IEEE Press, 1994.
- Boudreaux-Bartels, G.; Mixed Time-Frequency Signal Transformations, Chapter 12 en: Poularikas A. (Editor), The Transforms and Applications Handbook, CRC Press, 2000.
- Jeong, J. y Williams, W. J.; "Alias-free generalized discrete-time time-frequency distributions," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 40, pp. 2757-2765, Nov. 1992.
- Cohen, L.; "Time-frequency distributions – A review," Proc. IEEE, vol. 77, pp. 941-981, July 1989.
- Meyer Y., Wavelets, algorithms and applications, SIAM, 1993.
- Walnut D., An introduction to wavelet analysis, Birkhauser, 2002.
- Ramchandran K., Vetterli M., Herley C., "Wavelets, subband coding, and best bases," Proceedings of the IEEE, vol.84, no.4, 1996.
- Addison P., The Illustrated Wavelet Transform Handbook, IOP, 2002.
- Hess-Nielsen N., Wickerhauser M.V., Wavelets and time-frequency analysis, Proceedings of the IEEE, vol.84, no.4, 1996.
- Allen R. L., Mills D. W.; Signal Analysis, Time, Frequency, Scale and Structure, IEEE Press - John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- Mallat, S.; A Wavelet Tour of Signal Processing. Academic Press, 2nd Ed., 1999.
- Mallat S., A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way, Academic Press; 3 edition (23 Jan 2009) .
- Mertins A., Signal Analysis, Wavelets, Filter Banks, Time-Frequency Transforms and Applications, John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- Strang, G. Nguyen, T.; Wavelets and Filter Banks. Wellesley-Cambridge Press, 1997.
- Elad, M.; "Sparse and Redundant Representations", Springer, 2010.
- Starck, J-L., Murtagh, F. y Fadili, J.; "Sparse Image and Signal Processing", Cambridge University Press, 2010.
- Rufiner, H. L.; "Análisis y modelado digital de la voz: Técnicas recientes y aplicaciones", Editorial UNL, 2009.
- Huang, N. E.; Shen, S S. P.; Hilbert-Huang transform and its applications; World Scientific, 2005.
- Wu, Z., Huang, N. E.; "Ensemble empirical mode decomposition: a noise-assisted data analysis method", Advances in adaptive data analysis, Vol., 1, Number 1, 2009.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

CICLOS AMBIENTALES GLOBALES

1. Objetivos

Que el alumno comprenda los fenómenos y procesos de escala global que determinan el estado y evolución del planeta. Abordar el estudio del planeta Tierra desde un enfoque integrador que permita apreciar la dinámica planetaria como un sistema altamente complejo, no estático y de pseudo-equilibrio delicado. Proporcionar herramientas para el estudio de ciclos globales de relevancia ambiental, entre ellos, los ciclos del agua, del carbono, nitrógeno, azufre y fósforo. Indagar sobre las reacciones y procesos de transferencia interna y externa entre los compartimentos ambientales (hidrosfera, litósfera, atmósfera, biósfera, antropósfera). Analizar y comprender el cambio climático global y detectar la influencia de actividades humanas a escala planetaria

2. Programa Sintético.

Unidad 1: Fundamentos. Introducción. Fundamentos. Definiciones. El Sistema Tierra. Geo-esferas. Ciclos en Biogeoquímica. Modelos de ciclos BGQ. Orígenes y evolución: elementos, Sistema Solar, la Tierra; historia Planetaria comparada. Origen de la atmosfera y océanos. Modelado de ciclos BGQ: escalas de tiempo, flujos y stocks, transferencia, acoplamiento y feedbacks. Termodinámica, procesos de transporte. Equilibrio y reacciones en sistemas naturales.

Unidad 2: Atmósfera, litósfera e hidrosfera. La Atmosfera: composición, estructura vertical, circulación general. Transporte y dispersión. Balance radiativo. Reacciones BGQ en Troposfera y Estratósfera. La capa de Ozono. Modelos atmosféricos y cambio climático. La Litosfera. Estructura interna del planeta. Composición. Procesos y reacciones. Procesos tectónicos. Erosión. Intemperismo. Formación de suelos. Reacciones y transporte en suelos. Interacción con Atmósfera e Hidrosfera. La Hidrosfera. Océanos: composición, circulación general. Diagénesis. Reacciones minerales y biológicas. Sedimentos marinos: paleoregistros biogeoquímicos. Aguas dulces: biogeoquímica de humedales, lagos y ríos. Reacciones redox; productividad primaria. Transporte y ciclado de nutrientes. Transporte de sedimentos. Ciclo global del Agua. Balance global; variabilidad hidrológica. Agua y clima. Modelos del CGA. Agua y Ciclos BGQ. Influencia Antropogénica.

Unidad 3: Biósfera-Reacciones biológicas. La Biosfera. El origen de la vida, evolución y diversidad. Co-evolución. Fisiología vegetal. Fotosíntesis y respiración. Productividad Primaria. Organización ecológica. Destino de la NPP. Ciclado de



Valide la firma de este documento digital con el código RDCS_FICH-1042879-20_313 accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

nutrientes. Ciclos BGQ en suelos. Materia orgánica en suelos y cambio global. Reacciones biológicas. Biocatalizadores. Impacto de la vida sobre los ciclos BGQ. Biomasa global.

Unidad 4: Ciclos globales. Ciclo Global del Carbono. Introducción. Isotopos del Carbono. Reservorios mayores. Flujos. Modelos y tendencias. Compuestos orgánicos e inorgánicos. Metano y monóxido de Carbono. Acidificación de mares. Cambio climático. Relaciones con ciclo del oxígeno. Ciclo Global del Nitrógeno. Química del Nitrógeno. Transformaciones biológicas. Fijación antropogénica de N. Química del N atmosférico. Óxido nitroso. Ciclo global. Reservorios y flujos. Impactos Antropogénicos. Ciclo Global del Azufre. Estados de oxidación del S. Reservorios. Ciclo atmosférico. Ciclo Global del Fósforo. Ocurrencia del P. Transferencia sub-globales de P. Reservorios y flujos

Unidad 5: Antropósfera – Cambio climático. Integración: relaciones entre ciclos globales de carbono, nitrógeno y fósforo; dinámica del sistema; forzamientos y retroalimentación; reacciones ácido-base y óxido-reducción a escala global. Antropósfera. Actividades económicas. Extracción de materiales y generación de desechos. Recursos energéticos. Lluvia ácida. Erosión. Producción de alimentos. Apropiación de la NPP. Agotamiento del ozono estratosférico. Eutrofización. Desechos radiactivos y espaciales. Cambio climático. Balance y forzamiento radiativo. Ciclos de Milankovitch, registros paleo-climáticos. Gases de efecto invernadero. Calentamiento global. Escenarios futuros. Efectos sobre la vida. Adaptación. Efectos sobre el nivel del mar. Efectos ecológicos, económicos y políticos.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Guías de problemas, exposiciones orales, coloquios, control de lecturas, aplicación de modelos numéricos.

5. Modalidad de evaluación:

- Guías de problemas y control de lecturas (~ 4)
- Elaboración de ensayos escritos o presentación de seminarios orales
- Un (1) examen final escrito e individual de tres horas.

Criterios de aprobación: Presentación en tiempo y forma de las guías y producciones escritas indicadas, así como presentaciones orales en seminarios. Aprobación del



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

examen final con un 65%. La nota final resultará de una ponderación entre las distintas instancias de evaluación:

- Guías: 30%
- Ensayo/seminarios: 25%
- Examen: 45%

6. Bibliografía básica

Dodson J. (ed.), *Changing Climates, Earth Systems and Society*. Springer, **2010**.

Jacobson M.C., Charlson R.J., Rodhe H., Orians G.H., *Earth System: Science: From Biogeochemical Cycles to Global Change*. Elsevier Academic Press, 2nd Edition, **2000**.

Krapivin V.F., Varotsos C.A., *Biogeochemical Cycles in Globalization and Sustainable Development*. Springer, 1st Edition, **2008**.

Ruddiman W.F., *Earth's Climate: Past and Future*, W. H. Freeman Editor, 2nd edition, **2007**.

Schaub G., T. Turek, *Energy Flows, Material Cycles and Global Development. A Process Engineering Approach to the Earth System*. Second Edition. Springer International Publishing **2016**

Schlesinger W.H., Bernhardt E.S., *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Academic Press, 3rd edition, **2013**.

Smith C., *Environmental Physics*. Taylor and Francis, **2005**.

VV. AA., Publicaciones científicas en revistas especializadas

7. Carga horaria y duración

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 15 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas

COMPUTACIÓN CIENTÍFICA CON APLICACIONES A SEÑALES, SISTEMAS E INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

1. Objetivos

Python es uno de los lenguajes de programación más utilizados por la comunidad académica. En esta comunidad, gran cantidad de métodos y herramientas, tanto básicos como del estado del arte, se han desarrollado en base al ecosistema Python. El objetivo general de este curso es que el alumno adquiera las destrezas para desarrollar soluciones aplicadas a señales, sistemas e inteligencia computacional, se familiarice con el lenguaje de programación Python y adquiera los conocimientos



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

básicos para el desarrollo e implementación de algoritmos en este lenguaje. Se espera que el alumno pueda:

- a) Comprender y combinar los módulos disponibles en el estado del arte en el ecosistema Python para las tareas usuales en el manejo, análisis, procesamiento y graficación de datos.
- b) Analizar la documentación disponible para lograr autonomía y resolver rápidamente nuevos desafíos que se le presenten en el uso diario.
- c) Desarrollar sus propios módulos en su área de interés.

2. Programa Sintético.

Introducción al lenguaje Python. Tipos y estructuras de datos básicas. Estructuras de control. Funciones y clases. Errores y excepciones. Manejo de archivos. Módulos, paquetes e importación de librerías. Entornos de trabajo y manejo de proyectos. Diseño de interfaces gráficas. Documentación y sitios de consulta.

Computación numérica. Matrices, arreglos n -dimensionales y propiedades. Índices y selección. Operaciones principales. Importación y exportación de datos.

Graficación. Tipos de gráficas y sus elementos. Personalización y edición avanzada de figuras. Exportación.

Manejo de datos estructurados. Index, Series y DataFrames. Índices y selección. Operaciones básicas. Visualización de datos estructurados.

Resolución de problemas numéricos. Integración numérica, convolución, interpolación. Transformada de Fourier. Diseño de filtros. Estadística descriptiva y tests estadísticos.

Manipulación de imágenes. Manejo de archivos. Métodos básicos de procesamiento.

Optimización numérica. Problema general. Cálculo de derivadas e integrales. Tipos de problemas y optimizadores. Optimización con y sin restricciones. Algoritmos. Resolución de problemas lineales y no lineales.

Aprendizaje maquina. Algoritmos. Bloques de procesamiento en cascada. Exploración y selección de hiper-parámetros y validación de modelos. Figuras de mérito.

Aprendizaje profundo. Operaciones con tensores. Derivación automática. Arquitecturas neuronales básicas y modos de entrenamiento.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico con modalidad presencial.

4. Actividades Prácticas:

Ejercicios prácticos con entregas periódicas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

5. Modalidad de evaluación:

Entrega de trabajos prácticos y examen final mediante el desarrollo y presentación oral de un proyecto de aplicación propio.

6. Bibliografía básica

VanderPlas, J. (2016). Python data science handbook: essential tools for working with data. O'Reilly Media, Inc.

Reitz, K., & Schlusser, T. (2016). The Hitchhiker's Guide to Python: Best Practices for Development. O'Reilly Media, Inc.

Varoquaux, G., Gouillart, E., & Vahtras, O. (editores) (2017). Scipy lecture notes.

González Duque, R. (2014). Python para todos.

Mahdavan, Samir (2015). Mastering Python for Data Science. Packt Publishing.

Stevens E., Antiga L. & Viehmann T. (2020). Deep Learning with PyTorch. Manning Publications Co.

Documentación oficial en los sitios web de las librerías utilizadas.

7. Carga horaria y duración:

Teoría: 30 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 60 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

DISTRIBUCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS EN EL AMBIENTE

1. Objetivos

Objetivo general: Estudiar los procesos que sufren los compuestos orgánicos en el ambiente.

Objetivos específicos: Emplear propiedades fisicoquímicas para predecir la transferencia de los compuestos a los diferentes compartimientos ambientales (aire, agua, sedimentos y biota).

Emplear las relaciones estructura molecular-reactividad para estimar las velocidades de transformación química, fotoquímica y bioquímica y las concentraciones ambientales de los compuestos orgánicos.

2. Programa Sintético.

Compuestos orgánicos de origen antropogénico Un problema global: los contaminantes orgánicos persistentes. Hidrocarburos del petróleo. Solventes



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

orgánicos. Compuestos retardantes de llama. Compuestos fluorados. Compuestos surfactantes, blanqueadores, acomplejantes e inhibidores de la corrosión. Compuestos farmacéuticos y de cuidado personal. Pesticidas. Compuestos representativos de cada grupo.

Particionado en sistemas modelo. Interacciones moleculares que gobiernan los procesos de particionado de los compuestos orgánicos. Enfoque cuantitativo para determinar las constantes de particionado (LEFRs). Presión de vapor. Solubilidad y Coeficientes de actividad. Particionado Líquido Orgánico-Aire y Líquido Orgánico-Agua. Consideraciones termodinámicas. El sistema octanol-agua. Particionado involucrando mezclas de solvente orgánico y agua. Datos experimentales y métodos de predicción.

Sorción: Introducción y proceso de sorción de la materia orgánica. Isothermas de sorción. Coeficiente de distribución de equilibrio sólido-agua. Sorción de compuestos orgánicos neutros desde agua a materia orgánica sólida. Sorción de compuestos orgánicos neutros desde agua a materia orgánica disuelta. Sorción de ácidos y bases orgánicos desde agua a materia orgánica natural.

Procesos de transformación de contaminantes orgánicos: identificación de sitios reactivos. Termodinámica de las reacciones de transformación. Cinética de las reacciones de transformación. Hidrólisis y reacciones con otros nucleófilos: sustitución nucleofílica y eliminación. Reacciones hidrolíticas de derivados del ácido carboxílicos y ácido carbónico.

Reacciones de hidrólisis catalizadas por enzimas (hidrolasas). Reacciones redox: reacciones redox en sistemas naturales. Reacciones redox catalizadas por enzimas. Fotólisis directa en sistemas acuáticos. Principios de la fotoquímica. Absorción de radiación de compuestos orgánicos en agua. Rendimiento cuántico y velocidad de reacción de fotólisis directa. Efecto de la presencia de sólidos sobre la fotólisis directa. Fotólisis indirecta: reacciones con foto-oxidantes en aguas naturales y en la atmósfera. Fotólisis indirecta en aguas superficiales. Fotólisis indirecta en la atmósfera (tropósfera): reacción con radicales hidroxilos.

Biotransformaciones. Conceptos sobre los microorganismos de importancia en los procesos de biotransformación. Estrategias de los microorganismos para el inicio de las biotransformaciones. Velocidades de biotransformación.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Resolución de problemas en el aula. Uso del programa EPI SUIT (conjunto de programas de estimación de propiedades físicas / químicas y de destino ambiental desarrollado por la EPA y Syracuse Research Corp.). Uso del programa GC Solar



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

desarrollado por la EPA para estimar las velocidades de fotólisis directa y la vida media de los contaminantes en el medio ambiente acuático.

5. Modalidad de evaluación:

Resolución y aprobación de problemas de asignación individual y/o colectiva y aprobación de un examen final y/o seminario final con presentación escrita y oral. Problemas 40 %. Examen final y/o seminario final 60 %.

6. Bibliografía básica

Schwarzenbach R.P., Gschwend P.M. y Imboden D.M. Environmental Organic Chemistry (2017) Wiley & Sons- ISBN: 978-1-118-76723-8 Fames G. Speight. Environmental organic chemistry for engineers (2016) Elsevier - ISBN 978-0-12-804492-6.

Conjunto de artículos científicos.

Bibliografía complementaria

Valsaraj, K. T. Elements of environmental engineering, thermodynamics and kinetics. (1995). CRC Press - ISBN 1-56670-089-2.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 15 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

ESTADÍSTICA APLICADA

1. Objetivos

Adquirir conocimientos básicos de Estadística para el planteo de modelos y posterior manejo y análisis de datos; especialmente para el diseño de experimentos y regresión

Poder analizar datos provenientes de situaciones reales sobre los temas dictados en este curso.

Realizar informes técnicos estadísticos.

Desarrollar un pensamiento y metodología estadística que le permita enfrentarse con nuevas situaciones problemáticas no presentadas en el curso, así como también una lectura crítica de trabajos publicados.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

2. Programa Sintético.

Introducción: Modelos lineales. Diseño versus regresión.

Una introducción al diseño de un factor: Estudio de una población y de dos poblaciones. La importancia de los gráficos. Métodos no paramétricos.

Experimentos con un factor: Análisis de la varianza. Diseño de un factor con varios niveles. Efectos fijos, aleatorios, mixtos. El enfoque no paramétrico. Otros diseños.

Regresión lineal múltiple: Estimación. Predicción. Aspectos del modelado en regresión múltiple. Transformación de variables., regresores categóricos, selección de variables, multicolinealidad, componentes principales, ridge regresión

Regresión logística múltiple: Interpretación del modelado de regresión ajustado.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Las actividades prácticas consisten en una Guía de Resolución de Problemas

5. Modalidad de evaluación:

Presentación de informes. Aprobación de un examen parcial. Aprobación de un examen final.

6. Bibliografía básica

Montgomery, D. y Runger, G. (2006). Applied Statistics and Probability for Engineers. John Wiley & Son..

Weisberg, S. (2005). Applied Linear Regression, Wiley-Interscience.

Montgomery, D. (2004). Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Son.

Netter, J., Kutner, M., Nachtsheim, C. Wasserman, W. (1996). Applied Linear Statistical Models. Mc Graw Hill.

Ramsey, F y Schafer, D (2002). The Statistitical Sleuth. A Course in Methods of Data Analysis, Thomson Learning.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

FUNDAMENTOS y APLICACIONES DE TRANSPORTE DE CALOR Y MATERIA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

1. Objetivos

Brindar los conocimientos necesarios para el desarrollo de los conceptos de transferencia de calor y materia en sistemas de interés para la ingeniería ambiental, en orden de complejidad creciente. Plantear en forma racional, ordenada e integrada el tratamiento conjunto de los fenómenos de transporte, para lo cual se instrumenta una propuesta de contenidos y metodológica que incluye la revisión de los conceptos básicos y el estudio de los fundamentos del transporte de movimiento, calor y materia, su aplicación a problemas ambientales “simples”, y su posterior integración en problemas “complejos”. La complejidad vendrá dada en términos de la formulación de los modelos (estacionario-transiente, uno o varios componentes, acoplamiento de balances, 1-3-D) y en el grado de complejidad matemática de las soluciones analíticas y/o numéricas. Para este último punto se prevé, además de las actividades de resolución de problemas en forma individual, llevar a cabo el dictado de una porción de las clases en gabinete informático

2. Programa Sintético.

Introducción. Mecanismos de transporte de energía. Leyes y principios fundamentales. Balances integrales y diferenciales. Ecuaciones constitutivas. Transferencia de calor. Conducción. Convección natural y forzada. Turbulencia. Balances macroscópicos Estudio de casos aplicados a problemas ambientales. Mecanismos de transporte de materia. Sistemas con múltiples componentes. Balances integrales y diferenciales. Ecuaciones constitutivas. Transferencia de materia. Formulación de problemas. Balances macroscópicos. Coeficientes de transferencia de materia. Transferencia simultánea de calor y materia en geometrías sencillas. Efectos combinados por gradientes de composición, temperatura y/o presión. Estudio de casos aplicados a problemas ambientales

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Resolución de problemas integrados, con trabajo en Laboratorio de Computación, utilizando Matlab u otro software de cálculo

5. Modalidad de evaluación:

Dos exámenes parciales aprobados con el 60% (o sus recuperatorios), evaluación de las actividades prácticas previstas



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

6. Bibliografía básica

Bird, R.B., W.E. Steward y E.N. Lightfoot, "Fenómenos de Transporte", Limusa Wiley (2006), y/o versiones anteriores.

Whitaker, S., "Fundamental Principles of Heat Transfer", Pergamon Press (1977).

Ozisik, M.N., "Heat Conduction", J.Wiley (1980).

Logan B. "Environmental Transport Processes", John Wiley & Sons (2012).

Ramaswami A., J.B. Milford, M. J. Small, Integrated Environmental Modeling: Pollutant Transport, Fate, and Risk in the Environment, John Wiley & Sons (2005)

Datta A. "Biological and Bioenvironmental Heat and Mass Transfer", CRC Press (2002)

7. Carga horaria y duración

Teoría: 30 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

HIDRODINÁMICA DE CUERPOS DE AGUA

1. Objetivos

El curso tiene el objetivo de incorporar al alumno en los conocimientos básicos que rigen el flujo de superficie libre sobre cauces naturales y artificiales. Se examinarán los principios del movimiento de un flujo potencial, incompresible, avanzando desde los conceptos básicos de las ecuaciones de Navier-Stokes, simplificaciones de Saint Venant pasando por las promediaciones de turbulencia de Reynolds. Además se darán nociones básicas de los modelos Large Eddy Simulation, sus implicancias y aplicaciones. Todo esto con la ayuda del lenguaje de programación Python de manera interactiva mediante el uso de un entorno Notebook.

2. Programa Sintético.

Unidad 1: Introducción al lenguaje de programación Python. Entornos Notebooks (Jupyter-Lab), Librerías de Cómputo Científico: NumPy y ScyPy. Ploteo de variables. Librerías: Plotly y Matplotlib.

Unidad 2: Breve repaso de los conceptos básicos de la mecánica de fluidos. Tensores cartesianos. Cinemática de los fluidos; Teorema del transporte; Leyes de conservación; Las ecuaciones de Navier-Stokes; Escalas; Adimensionalización de las ecuaciones de movimiento; Semejanza geométrica,



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

cinemática y dinámica; Función de corriente; Interpretación física del concepto de circulación y vorticidad; Teorema de Helmholtz; Teorema de Stokes; Ecuación de Bernoulli, Dinámica de la vorticidad 2D y 3D; Familia de flujos simples. Ecuación de Laplace y Poisson.

Unidad 3: Flujos de potencial complejo: Repaso de conceptos de variable compleja; Conceptos básicos; definición potencial complejo y de la función de corriente; definición de circulación y flujo. Flujo uniforme. Flujo debido a una fuente o sumidero. Flujo por un vórtice puntual. Flujo alrededor de un cilindro. Flujo alrededor de un cilindro con circulación. Flujo alrededor de un cilindro con circulación con un ángulo de ataque dado.

Unidad 4: Aproximación de ondas largas: Aproximación hidrostática; Condiciones de borde; Derivación del Modelo de Aguas Poco Profundas o Ecuaciones de Saint Venant: Integración en la vertical de las RANS. Modelos Large Eddy Simulation (LES) sus implicancias y aplicaciones prácticas.

Unidad 5: Flujos turbulentos en canales abiertos (2D): Conceptos básicos; Ecuaciones promediadas en el sentido de Reynolds; Turbulencia isotrópica y homogénea 2D; Velocidad de corte; Distribución vertical de tensiones totales; Consideración de lechos hidrodinámicamente lisos y rugosos; Resistencia hidráulica; Concepto de longitud de mezcla; Distribución vertical del gradiente de velocidades; Ley de la pared; Viscosidad de remolino de Engelund-Hansen. Nociones básicas de Telemac 2D.

Requerimientos para el cursado: Mecánica de Fluido; Métodos Numéricos (de grado) y conocimientos básicos de lenguaje de programación, preferentemente Python (básico)

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Las actividades del curso se desarrollarán de manera individual mediante la ejecución de problemas matemáticos en clase y la concreción de Trabajos Prácticos para las unidades temáticas. Todo esto se llevará a cabo con el uso interactivo del lenguaje de programación Python en entornos notebooks (Jupyter-Lab) para una mejor interpretación y manejo de las operaciones por parte del alumno. A continuación se plantea una serie de trabajos prácticos:

· Introducción al lenguaje Python. Entorno Jupyter-Lab y Librerías de cómputo científico.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- Ecuaciones de Navier Stokes.
- Determinación de la superficie libre en rotación uniforme.
- Ecuaciones de Navier Stokes Promediadas con Reynolds.
- Resistencia hidráulica en canales.

5. Modalidad de evaluación:

Para la aprobación de la asignatura se debe cumplimentar los siguientes requisitos:

Aprobar cinco Trabajos Prácticos con un porcentaje no menor del 60%.

Aprobar un Examen Final con un porcentaje no menor al 70%. El Examen Final incluirá Teoría y Práctica.

Para aprobar el curso se requiere un mínimo de 70% según la siguiente ponderación. Trabajos Prácticos 60% y Examen Final 40%

6. Bibliografía básica

Hervouet, J.M. (2007), Hydrodynamics of Free Surface Flows: modeling with the finite element method, John Wiley & Sons.

Wu, W. (2008), Computational River Dynamics, Taylor and Francis.

VanderPlas, J. (2017), Python Data Science Handbook, O'Reilly.

Batchelor, G.K. (2000), An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press.

Stoker, J.J. (1992), Water Waves: The Mathematical Theory with Applications, Wiley Classics Library.

Whitham, G.B. (1999), Linear and Nonlinear Waves, John Wiley & Sons.

Vreugdenhil, C.B. (1994), Numerical Method for Shallow-Water Flow, Springer Science+Business Media, B.V., DOI: 10.1007/978-94-015-8354-1.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 40 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 20 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE

1. Objetivos

Que el alumno profundice el conocimiento de los principales procesos hidrológicos en una cuenca hidrográfica, en las fases atmosférica, superficial y subsuperficial en la zona no saturada del suelo. Que se capacite para el análisis y la modelización de dichos procesos.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

2. Programa sintético

Unidad 1: Conceptos hidrológicos básicos y aproximación de sistemas. El agua superficial en el ciclo hidrológico. Tiempo de residencia. Principios y ecuaciones básicas aplicadas al análisis hidrológico. Escalas espacial y temporal de procesos hidrológicos. Procesos dominantes. Cuenca hidrográfica. Tiempos de traslado y de concentración. Factores dominantes a escala de cuenca. Aproximación de sistemas. Clasificación de sistemas y modelos. Procesos de análisis y de síntesis. Incertidumbres en la simulación hidrológica.

Unidad 2: Agua atmosférica y balance hídrico. Agua atmosférica. Contenido de humedad atmosférica. Física de la precipitación. Mecanismos de elevación del aire húmedo. Variación espacio-temporal de la precipitación. Análisis temporal y areal. Aplicaciones de radar meteorológico. Física de la evaporación. Aproximaciones: balance de energía, aerodinámico y combinado. Transpiración. Evapotranspiración potencial. Métodos basados en la temperatura, radiación y combinados. Evapotranspiración real. Modelos de balance hídrico parsimoniosos.

Unidad 3: Escurrimiento. Procesos hidrológicos del ciclo de la escorrentía. Flujos de agua superficial, subsuperficial y subterráneo. Mecanismos de generación de flujo superficial Hortoniano y Dunneano. Áreas fuente variables. Escurrimiento: componentes. Análisis del hidrograma. Constantes de recesión. Separación de componentes: métodos operativos, hidroquímicos e hidroisotópicos. Factores que afectan el hidrograma. Relación entre hietogramas e hidrogramas.

Unidad 4: Infiltración y movimiento del agua en el suelo. Propiedades físicas e hidráulicas del suelo. Curvas de retención de humedad y de conductividad hidráulica de Van Genuchten y Brooks-Corey. Medición y estimación de las propiedades hidráulicas. Factores que afectan la infiltración. Ecuaciones que gobiernan el flujo de agua en suelos no saturados. Ecuaciones de Buckingham-Darcy y de Richards. Velocidad y capacidad de infiltración. Determinación experimental de la capacidad de infiltración. Modelos de infiltración: Horton, Holtan y Green-Ampt. Método operacional del Número de Curva del U. S. Soil Conservation Service. Relación CN – Precipitación en cuencas no aforadas. Aplicación en cuencas con áreas fuente.

Unidad 5: Distribución temporal del escurrimiento con modelos lineales. Hidrograma unitario. Hipótesis simplificadoras. Hidrograma unitario de tiempo discreto (HUT). Tiempo unitario. Ecuación de convolución discreta. Hidrograma unitario instantáneo (HUI). Integral de convolución. Relación HUT-HUI. Estimación de



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

parámetros del HUI Modelos de HUI: Embalse Lineal Simple, Embalses Lineales en Cascada, del Histograma Área-Tiempo, Método Racional, Geomorfológico y combinados. Hidrogramas unitarios sintéticos (HUS) de Snyder y del Servicio de Conservación de Suelos de EEUU. Limitaciones de aplicación de hidrograma unitario.

Unidad 6: Propagación del flujo de agua superficial con modelos basados en la onda cinemática. Ecuaciones que gobiernan el flujo de agua superficial. Modelo de la onda cinemática. Simplificaciones geométrica y de procesos. Ecuaciones diferenciales para flujo superficial y en canal. Solución analítica para flujo superficial. Celeridad de la onda. Tiempo de equilibrio cinemático. Equilibrio cinemático completo y parcial. Solución analítica para flujo en canal. Solución numérica para flujo superficial y en canal. Esquemas lineal y no lineal. Modelos hidrológicos basados en la onda cinemática. Limitaciones de aplicación de la onda cinemática.

Unidad 7: Propagación hidrológica de crecidas. Modelos de propagación de crecidas. Propagación hidrológica de crecidas en canales. Ecuación general de almacenamiento. Modelos Muskingum y Muskingum-Cunge. Aplicaciones lineal y no lineal. Propagación hidrológica de crecidas en reservorios. Modelo de la Piscina Nivelada. Limitaciones de aplicación de la propagación hidrológica.

Unidad 8: Modelización hidrológica. Objetivos de la modelización. Clasificación de modelos. Modelo HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System). Métodos y componentes del modelo. Simulación continua y de eventos aislados. Extensión de modelación hidrológica geoespacial HEC-GeoHMS. Modelos distribuidos basados físicamente. Modelo MIKE-SHE (European Hydrological System). Modelos semidistribuidos basados en índices de similitud. Modelo TOPMODEL.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico presencial

4. Actividades Prácticas:

TP1: Cálculo de tiempos de residencia de subsistemas del ciclo hidrológico. Clasificación de modelos según las ecuaciones diferenciales de gobierno.

TP2: Aplicación de un modelo de balance hídrico a una cuenca rural para el cálculo de caudales mensuales.

TP3: Análisis de hidrogramas. Identificación de componentes de escurrimiento. Cálculo de constantes de recesión.

TP4: Aplicación de los modelos Green y Ampt y Número de Curva. Aplicación del segundo modelo en cuencas con áreas fuente.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

TP5: Aplicación de los modelos de HUI de Zoch, Nash y Clark.

TP6: Aplicación de las soluciones analíticas de las ecuaciones diferenciales de onda cinemática para flujo superficial y en canal.

TP7: Aplicación de los modelos de propagación hidrológica de crecidas Muskingum, Muskingum-Cunge y Puls.

TP8: Trabajo Final Integrador: aplicaciones del modelo HEC-HMS para simulación continua y de eventos aislados.

5. Modalidad de evaluación:

Aprobación de 7 (siete) trabajos prácticos y 1 (un) Trabajo Práctico Integrador

Aprobación de un examen final teórico-práctico de 2.5 horas de duración

6. Bibliografía básica

Atkinson B. W., 1981. "Dynamical Meteorology: An Introductory Selection". Methuen & Co. Ltd.

Beven K, Kirkby M. 1979. "A physically-based, variable contributing area model of basin hydrology". Hydrological Science Bulletin 24:43–69.

Beven K. J., 2001. "Rainfall – runoff modelling. The primer". John Wiley & Sons.

Blöschl G., Sivapalan M., 1995. "Scale Issues in Hydrological Modelling: A review". In Hydrological Processes, Vol. 9, John Wiley & Sons, pp. 251-290.

Brutsaert W., 2005. "Hydrology: An Introduction". Cambridge University Press.

Chow V.T. Maidment D. y Mays L., 1994. "Hidrología Aplicada". Mc. Graw Hill Interamericana S.A., Bogotá.

Dingman S. L., 2015. "Physical hydrology". Waveland Press Inc.

Dooge, J. C., 1973. "Linear Theory of Hydrologic Systems". Technical Bulletin N° 1468, U.S. Department of Agriculture.

Eagleson P., 1970. "Dynamic Hydrology". Mc. Graw Hill Book Co. New York.

Falkenmark M., Chapman T., 1993. "Hidrología comparada: una aproximación ecológica a los recursos hídricos y suelos". UNESCO.

http://www.siwi.org/downloads/Reports/Comparative/CH_Full.pdf

Haan C., 1982. "Hydrologic Modeling of Small Watersheds", American Society of Agricultural Engineers, ISBN N°0-916150-44-5.

Kirkby M.J., 1978. "Hillslope Hydrology". Ed. John Wiley & Sons. Gt. Britain.

Maidment D. R., 1993. "Handbook of Hydrology". Mc Graw Hill.

Raudkivi A., 1979. "Hydrology and Advanced Introduction to Hydrological Processes and Modelling". Pergamon Press. London.

Refsgaard, J.C., and Storm, B., 1995, MIKE SHE, in Computer Models of Watershed Hydrology: Singh, V.P., ed., Highlands Ranch, Colo., Water Resources Publications, p. 809-846.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

Singh V. P., 2017. [Handbook of Applied Hydrology, Second Edition](#). Mc Graw Hill Ed.
Stephenson D., Meadows M. E., 1986. "Kinematic Hydrology and Modelling". Elsevier.
Tucci C. E., 1993. "Hidrologia, Ciência e Aplicação". Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
Tucci C. E., 1998. "Modelos Hidrológicos". Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
U. S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2018. HEC-HMS Hydrologic Modeling System. Technical Reference Manual, User's Manual. HEC-GeoHMS. HEC, Davis, California. <http://www.hec.usace.army.mil/>
Artículos seleccionados de revistas científicas indizadas.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 35 horas.

Coloquio y/o Práctica en aula, laboratorio o campo: 25 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS GEOESTADÍSTICO

1. Objetivos

Obtener fundamentos sólidos en Geoestadística y desarrollar la habilidad para aplicar el conocimiento adquirido en la resolución de problemas prácticos en el área de Geo-Ciencias. Proveer experiencia en la evaluación geostatística mediante la aplicación de las herramientas apropiadas con datos aportados por el estudiante o por la Cátedra.

2. Programa Sintético.

Introducción. Definición de Geoestadística. Campos de aplicación y antecedentes en la temática. Software. Conceptos básicos de Estadística clásica. Variable aleatoria, funciones de distribución y de densidad, esperanza matemática y momentos de orden m , funciones aleatorias intrínsecas y no intrínsecas, distribución normal, funciones aleatorias multivariadas. Análisis exploratorio de datos en el espacio. Transformación de variables. Análisis de la continuidad espacial. Soporte y dominio de una variable regionalizada. Geoestadística de dos puntos. Modelos de regionalización y co-regionalización. Variografía y análisis estructural. Conceptos de estimación local, mínima varianza, estimación insesgada. Multiplicadores de Lagrange y ecuaciones de Krigeado. Krigeado Simple, Ordinario e Indicativo. Co-Krigeado. Evaluación paramétrica y no paramétrica de la incertidumbre local.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Validación cruzada. Limitaciones. Estimación versus simulación. Ventajas de la simulación. Realizaciones estocásticas. Ergodicidad. Simulación condicional. Simulación Secuencial Gaussiana e Indicativa. Co-simulación. Introducción a la Simulación de puntos múltiples.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Los conceptos adquiridos durante las clases teóricas servirán de base para la resolución de problemas tipo durante el transcurso de las clases prácticas utilizando grupos de datos geoespaciales aportados por la cátedra. Se asignarán trabajos teórico-prácticos para las distintos contenidos abordados durante el cursado: el análisis estadístico univariado y bivariado, la detección de valores anómalos y técnicas de transformación de variables, el análisis de continuidad espacial (variografía), técnicas de estimación y cuantificación de la incertidumbre local y la simulación geoestadística.

5. Modalidad de evaluación:

La asistencia será un requisito para la aprobación del curso, requiriéndose un mínimo de horas cursadas del total de horas presenciales del 80%.

Asimismo, el alumno será evaluado a través de trabajos prácticos semanales y dos exámenes parciales.

La evaluación final consistirá en un examen escrito de teórico-práctico.

6. Bibliografía básica

ABRAHAMSEN P., R. HAUGE and O. KOLBJORNSEM. Geostatistics Oslo 2012. Quantitative Geology and Geostatistics. Springer 2012.

BIVAND, R.S., E.J. PEBESMA, AND V. GOMEZ-RUBIO. Applied Spatial Data Analysis with R (Use R). Springer 2009 ISBN-13: 978-0387781709.

CHILÈS, J. P., P. Delfiner. Geostatistics, Modeling spatial uncertainty. Wiley 2nd Edition.2012.

DEUTSCH, C.V. AND A. G. JOURNEL, GsLib: Geostatistical software library and user`s guide. Applied Geostatistic series. Oxford University Press. 2nd ed. 1998.

GOMEZ-HERNANDEZ, J.J., J. RODRIGO-ILARRI, M.E. RODRIGO-CLAVERO, E. CASSIRAGA, J.A.VARGAS-GUZMAN. Geostatistics Valencia 2016. Springer 2017.

GOOVAERTS F. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univ. Press, New-York, 483 pages. 1997.

GRANA D. AND C. DALY. PETROLEUM GEOSTATISTICS. MATHEMATICAL GEOSCIENCES. 2017. DOI: 10.1007/S11004-017-9688-8.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- JOURNEL A. Fundamentals of Geostatistics in five lessons. Short Course in Geology. American Geophysical Union. 2000.
- JURGEN, P. Interfacing Geostatistics and GIS. Springer 2009.
- KITANIDIS P.K. Introduction to Geostatistics. Applications in Hydrogeology. Cambridge University Press. 1997.
- MATHERON, G. Traité de géostatistique appliquée. Editions Technip. 1962.
- MCBRATNEY, A., WEBSTER, R. and BURGESS, T. The design of optimal sampling schemes for local estimation and mapping of regionalized variables I. Computers and Geosciences, 7(4), 331-334. 1981.
- MERT B. A., A. DAG. A Computer Program for Practical Semivariogram Modeling and Ordinary Kriging: A Case Study of Porosity Distribution in an Oil Field. Open Geosciences, 9, 1. 2017.
- MORAL GARCÍA F. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, vol. 1, n° 13, pp. 78-86, 2004.
- SAMPER F.J y J. CARRERA. Geoestadística. Aplicaciones a la hidrología subterránea. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Barcelona. España. 1990.
- SANCHEZ VILA J., J. CARRERA, and J.J. GÓMEZ-HERNANDEZ. Geostatistics for Environmental Applications. Quantitative Geology and Geostatistics. Klumer Academic Publishers. 2004.
- SARMA D. D. Geostatistics with applications in Earth Sciences. Springer 2009.
- REMY, N., A. BOUCHER and J. WU. Applied Geostatistics with SGeMS. A user's guide. Cambridge University Press. 2009. ISBN 978-1-107-40324-6.
- [VENKATRAMANAN](#), S., [P. M. VISWANATHAN](#), and S. Y. CHUNG. GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science. Elsevier 2019. ISBN-13: 978-0128154137
- WACKERMAGEL H, F. ORS and D. RENARD. Operational monitoring of radioelectric exposure in an urban environment. Conference on Geostatistics for Environmental Applications, Valencia, Spain, 2012.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 24 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 36 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 12 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

1. Objetivos

Conocer las bases matemáticas del método de los elementos finitos para problemas de campos escalares (térmicos, difusión, flujo potencial) y vectoriales (ecuaciones de elasticidad), así como comprender los aspectos prácticos de programación involucrados en el mismo.

2. Programa Sintético.

Introducción al MEF para problemas elípticos. Formulación variacional para un problema modelo unidimensional. MEF para problema modelo con funciones lineales por tramos. MEF para la ecuación de Poisson. Espacios de Hilbert. **Formulación abstracta del MEF para problemas elípticos. Algunos espacios de elementos finitos.** Requerimientos de regularidad. Ejemplos de elementos finitos. **Estimaciones de error para problemas elípticos.** Interpolación con funciones lineales por tramos en dos dimensiones. Estimaciones de error para el MEF en problemas elípticos. **Aplicaciones para problemas elípticos.** Problema de elasticidad. Problema de Stokes. Problema de flexión de placas. **Elementos finitos curvos e integración numérica. MEF para problemas parabólicos.** Problema modelo unidimensional. Semidiscretización en el espacio. Métodos de diferencias hacia atrás de Euler y Crank-Nicolson. **Problemas hiperbólicos.** Problema de convección-difusión. Métodos numéricos para problemas hiperbólicos. Método de difusión por líneas de corriente.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Resolución de guías individuales teórico practicas
Programación del método

5. Modalidad de evaluación:

Evaluación de guías individuales teórico practicas
· Un examen parcial y un examen final escritos

6. Bibliografía básica

Numerical solution of partial differential equations by the finite element method. C. Johnson, Cambridge University Press (1995).

The finite element method, 5th ed, O.C.Zienkiewicz y R.L. Taylor, Butterworth-Heinemann (2000).



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

The finite element method, T.J.R. Hughes, Prentice-Hall Int. Editions (1987).
Numerical methods in finite element analysis, K.J. Bathe y E.L. Wilson, Prentice-Hall (1976).
[Introduction to Finite Element Methods](#), Carlos Felippa, Department of Aerospace Engineering Sciences, University of Colorado at Boulder (2011).

7. Carga horaria y duración

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 45 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

MATEMÁTICA APLICADA

1. Objetivos

La matemática aplicada vincula la matemática con la ingeniería, las ciencias naturales, las de la vida y las sociales a través de modelos matemáticos de fenómenos naturales o físicos. Teniendo en cuenta que este curso está dirigido a egresados de diversas carreras de ingeniería para diferentes menciones del Doctorado en Ingeniería es que el curso de Matemática Aplicada deberá aportar a los estudiantes conceptos, métodos de la matemática y destrezas requeridas para su uso con los fines antes mencionados proporcionando conocimientos a nivel de posgrado y desarrollando habilidades en temas específicos de matemática aplicada. Se espera que se alcance:

Conocer, emplear y relacionar conceptos básicos del Álgebra Lineal.

Conocer, plantear y resolver problemas con ecuaciones diferenciales ordinarias.

Dominar, vincular, plantear y resolver problemas con ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales.

Vincular los conceptos teóricos de la matemática aplicada con los conceptos prácticos y de ingeniería.

Utilizar software específico para la simulación y/o resolución de problemas.

2. Programa Sintético.

Módulo 1. Vectores, tensores y coordenadas. Notación vectorial y notación indicial. Tensores particulares. Operaciones del cálculo vectorial y tensorial usando notación indicial. Algunos problemas del cálculo vectorial. Sistemas de coordenadas. Coordenadas en 2D y en 3D. Cambios de coordenadas. Coordenadas intrínsecas. Coordenadas generalizadas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Módulo 2. Métodos numéricos. Algebra Lineal Numérica. Solución de ecuaciones con métodos numéricos. Generalización del método de Newton para sistemas de ecuaciones no lineales. Matrices y operaciones. Aplicaciones. Sistemas de ecuaciones lineales. Métodos iterativos. Estimaciones de error. Factorización de matrices: método LU y su aplicación. Interpolación y aproximaciones. Métodos en Diferencias Finitas. Método de Elementos Finitos. Diferenciación numérica. Aproximaciones a derivadas de primer orden y de orden superior. Integración numérica. Aplicaciones.

Módulo 3. Ecuaciones Diferenciales. Repaso de ecuaciones diferenciales ordinarias. Problemas de valor inicial. Resolución de sistemas. Problemas con condiciones de borde. Problemas de valores característicos. Aplicaciones. Ecuaciones diferenciales parciales clásicas. Clasificación. La ecuación del calor. Método de separación de variables. La ecuación de Laplace y la de Ondas. Métodos de resolución. Principio del Máximo. Métodos Numéricos. Nociones sobre consistencia, convergencia y estabilidad. Aplicaciones: actividades prácticas específicas.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico.

El curso se desarrollará en base a clases teóricas y prácticas. Las teorías establecerán un marco general que deberá ser complementado y completado por las prácticas que se realizarán en forma simultánea con la teoría. Las actividades serán planeadas de manera que los alumnos puedan practicar durante esa semana de manera tal que el proceso enseñanza-aprendizaje sea realizado en forma continuada.

4. Actividades Prácticas:

Dentro de las actividades prácticas, además de las guías de la cátedra, se proponen a los alumnos problemas de aplicación de su especialidad, para los cuales deben seguir los siguientes pasos:

- Traducción de la información física dada al lenguaje matemático obteniendo un modelo matemático que puede ser una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones o alguna otra expresión matemática.
- Tratamiento del modelo obtenido por medio de métodos matemáticos, lo cual conducirá a la solución en forma analítica o numérica del problema dado.
- Interpretación del resultado matemático.
- Presentación de informe oral y escrito, y si corresponde del instrumental utilizado: PC, software específico.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

5. Modalidad de evaluación:

Se acreditará el rendimiento académico de los alumnos a través distintas alternativas de evaluación: trabajos prácticos, informes orales y escritos, y un examen final obligatorio.

6. Bibliografía básica

Kreyzig, Matemáticas Avanzadas para Ingeniería, Vol I. México: Limusa Wiley, 2003.
Arfken y Weber, Mathematical Methods for Physicists, HARCOUT-Academic Press, 2001.
Hildebrand. Advanced Calculus for Applications. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 1962.
Courant y Hilbert, "Methods of Mathematical Physics", Vols I y II, John Wiley and Sons, 1953.
Polking y Arnold. Ordinary Differential Equations using MatLab, Third Edition, Prentice-Hall, Inc 2003.
Bleecker y Csordas, Basic Partial Differential Equations, International Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.
Larsson y Thomee. Partial Differential Equations with Numerical Methods, Springer, 2009.
Chapra y Canale, Métodos Numéricos para Ingenieros, tercera edición, McGraw-Hill, 2003.
Logan. Applied Partial Differential Equations. Springer, New York, 2004.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.

MECÁNICA DE FLUIDOS

1. Objetivos

El curso está orientado a proveer una base común de transferencia de cantidad de movimiento para alumnos provenientes de distintas carreras de ingeniería. El núcleo del curso reside en el estudio de flujos newtonianos. La ecuación de Navier-Stokes se analiza en detalle, en particular, los casos límites de bajos y altos números de Reynolds que se traducen en flujos reptantes por un lado y potencial por otro



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

(solución externa) y capa límite (solución interna). Se enfatizan los principios gobernantes de la práctica ingenieril, sin embargo, también se hace uso de balances macroscópicos para obtener soluciones aproximadas.

2. Programa Sintético.

Unidad 1: Introducción. Vectores, tensores y elementos de cálculo vectorial

Unidad 2: Estática de fluidos. Tensión superficial.

Unidad 3: Cinemática. Principios de la mecánica. Sistemas no inerciales.

Unidad 4: Ecuaciones de transporte. Teorema del transporte. Ecuaciones diferenciales e integrales. Tensor de tensiones y tensión de deformaciones. Ecuación de movimiento. Fluido newtoniano. Ecuación de Navier Stokes y soluciones exactas. Vorticidad. Flujo irrotacional. Ecuaciones de la energía y entropía. Adimensionalización de ecuaciones de las Navier Stokes. Casos particulares y números adimensionales significativos.

Unidad 5: Flujos viscosos

Unidad 6: flujos a altos números de Reynolds.

Unidad 7: Flujos unidireccionales. Solución de similaridad. Flujos cuasi unidireccionales.

Unidad 8: Flujos alrededor de cuerpos sumergidos. Capa límite laminar. Solución de Blasius. Método de Karman y Pholhausen. Capa límite turbulenta. Capa límite térmica con y sin acoplamiento entre el campo de velocidades y el de temperatura.

Unidad 9: Ondas superficiales. Teoría de ondas de pequeña amplitud y solución linealizada. Trayectoria de partículas. Aproximación de aguas poco profundas.

Unidad 10: Introducción a los métodos de medición de flujos.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Se propone la resolución grupal en el aula de problemas prácticos relacionados con la temática desarrollada en clases teóricas. Dicha resolución de problemas se complementará con ejercicios numéricos en laboratorios de informática con la utilización de software CFD (basado en volúmenes finitos) para mostrar a los alumnos el cálculo de soluciones correspondientes a ciertos problemas o casos de estudio puntuales. El curso incluirá dos horas de práctica de laboratorio donde se realizará una introducción a las técnicas de medición de flujos.

5. Modalidad de evaluación:

Para aprobar el curso se deben acreditar como mínimo 60 puntos, a obtener mediante las siguientes instancias de evaluación, todas de tipo individual:



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- (a) Se tomarán dos exámenes escritos de carácter teórico-práctico, uno al promediar el cursado y otro al finalizar el mismo. Ambas evaluaciones deben aprobarse con un mínimo de 60/100 puntos. Se puede recuperar sólo uno de estos exámenes. El promedio de estas evaluaciones tendrá un peso del 70% para el cálculo de la nota final.
- (b) Se realizarán 4 guías de problemas a entregarse en fechas a determinar. Se deberán aprobar al menos 3 de las mismas con un mínimo de 60/100 puntos. El promedio de estas guías tendrá un peso del 30% para el cálculo de la nota final.
- (c) Se realizará un examen final que consistirá en la presentación escrita mediante un informe y en la defensa oral de un trabajo en donde cada estudiante proponga la solución de un problema práctico relacionado con la materia. Este problema será propuesto por el alumno en función de su especialidad en la mitad del cursado, en caso de no existir propuestas el equipo docente asignará el problema a resolver.

6. Bibliografía básica

- Kundu, P.K. and Cohen, M.I., Fluid Mechanics, 4th Edition, Academic Press in an imprint of Elsevier, 2010.
- White, F.M., Fluid Mechanics, 7th Edition, McGraw Hill Series in Mechanical Engineering, 2011.
- Durst, F., Fluid Mechanics – An Introduction to the Theory of Fluid Flows, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- Kleinstreuer, C., Modern Fluid Dynamics, CRC Press – Taylor & Francis, 2018.
- Whitaker, S., “Introduction to Fluid Mechanics”, Krieger Publishing Company, Prentice Hall, 1968.
- Schlichting, H. and Gersten, K., *Boundary Layer Theory*, 9th Edition, Springer – Verlag, 2017
- Slattery, J.C., “Momentum, Energy and Mass Transfer in Continua”, Mc Graw-Hill, 1972.
- Batchelor, G.K., “An Introduction to Fluid Dynamics”, Cambridge University Press, 1972.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 40 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 35 horas.

Total: 75 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

MECÁNICA DE SÓLIDOS

1. Objetivos

Introducción a los elementos principales de la teoría matemática de la Elasticidad, aplicación de esta teoría a la solución de problemas de valores de frontera en sólidos no lineales, y análisis de las propiedades mecánicas de materiales sólidos bajo grandes deformaciones.

2. Programa Sintético.

Unidad 1: Tensores. Tensores Cartesianos. Álgebra tensorial. Campos tensoriales.

Unidad 2: Análisis de Deformación y Movimiento. Cinemática. Deformación. Análisis del movimiento. Objetividad.

Unidad 3: Ecuaciones de Equilibrio. Conservación de la cantidad de movimiento. Tensor de Cauchy. Punto de vista Lagrangiano. Tensores de tensión conjugados.

Unidad 4: Elasticidad. Leyes constitutivas para materiales simples. Material elástico de Cauchy. Materiales de Green.

Unidad 6: Problemas de Valores de Frontera. Formulación. Teorema de Ericksen. Algunas soluciones. Principios variacionales.

Unidad 7: Método de los Elementos Finitos en Elasticidad No Lineal. Discretización de las ecuaciones de equilibrio. Formulación Galerkin. Elementos finitos isoparamétricos. Método de los elementos finitos inversos. Aplicaciones.

3. **Modalidad de dictado:** Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Las actividades prácticas acompañan el desarrollo del programa, incluyendo

Guía 1: [Tensores - Parte I](#): Tensores cartesianos.

Guía 2: [Tensores - Parte II](#): Álgebra tensorial.

Guía 3: [Tensores - Parte III](#): Campos tensoriales.

Guía 4: [Deformación y Movimiento - Parte I](#): Deformación.

Guía 5: [Deformación y Movimiento - Parte II](#): Movimiento.

Guía 6: [Leyes de Conservación, Tensión y Ecuaciones de Campo](#).

Guía 7: [Elasticidad](#).

Guía 8: Método de los Elementos Finitos en Elasticidad No Lineal – Parte I: Formulación de elementos finitos isoparamétricos.

Guía 9: Método de los Elementos Finitos en Elasticidad No Lineal – Parte II: Método de los Elementos Finitos Inversos.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

5. Modalidad de evaluación:

- Cantidad y tipo de exámenes parciales: *un examen escrito*
- Tipo y duración del examen final: *trabajo final individual y examen escrito de 3 hs.*

6. Bibliografía básica:

- R. W. Ogden, "*Nonlinear Elastic Deformations*", John Wiley & Sons (1984).
- X. Oliver y C. Agelet de Saracibar, "*Mecánica de Medios Continuos para Ingenieros*", UPC Ediciones (2002).
- M. E. Gurtin, "*An Introduction to Continuum Mechanics*", Academic Press (1981).
- K.-J. Bathe, "*Finite Element Procedures*", Prentice Hall (1996).
- R. J. Asaro y V.A. Lubarda, "*Mechanics of Solids and Materials*", Cambridge University Press (2006).
- E. A. de Souza Neto, D. Perić y D. R. J. Owens, "*Computational methods for plasticity: theory and applications*", John Wiley & Sons (2008).
- J. C. Simo, "*Topics on the Numerical Analysis and Simulation of Plasticity*", G. Ciarlet y J. L. Lions, eds., *Handbook of numerical analysis*, Vol. 3, Elsevier Science Publisher (1996).
- J. Lemaitre, J.-L. Chaboche, *Mechanics of Solid Materials*, Cambridge University Press (1990).

7. Carga horaria y duración

Teoría: 45 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 75 horas.

Duración: 15 semanas.

MODELACIÓN AMBIENTAL

1. Objetivos

Que el estudiante adquiera una formación avanzada basada en principios de la mecánica de fluidos, la fisicoquímica, la termodinámica, la química y la biología, que le permitan cuantificar el destino y el transporte de contaminantes en ambientes naturales mediante las herramientas del modelado, teniendo en cuenta sus reacciones, especiación y movimiento.

2. Programa Sintético.

- Calidad del agua: medidas físicas, químicas y biológicas. Contaminación térmica. Hidrodinámica ambiental. Leyes de conservación. Ecuaciones de Navier



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Stokes. Análisis de derrames. Ecuación advección–difusión/dispersión, soluciones analíticas. Transporte de partículas en suspensión. Transporte de sedimentos.

- Modelado de metales, oxígeno disuelto, nutrientes y patógenos en ríos. Reacciones redox y metales traza. Equilibrio y mediación microbiana. Absorción, partición e interfases. Modelos de mezcla. Métodos computacionales aplicados a modelación en ríos. Modelos sencillos de transporte en cuencas urbanas y rurales.

- Modelado de lagos y reservorios, eutrofización y temperatura. Modelos completamente mezclados, unidimensionales (verticales) y bidimensionales. Control de eutrofización, nivel de oxígeno disuelto y acidez.

- Transporte de masa en medios porosos saturados y no saturados. Soluciones analíticas a la ecuación de transporte. Retardo. Adsorción y decaimiento. Nociones de transporte reactivo. Líquidos de fase no acuosa.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico de dictado presencial.

4. Actividades Prácticas:

Resolución de problemas/estudios de casos relacionados con el destino y transporte de contaminantes en ambientes naturales. Determinación de perfiles de concentración de compuestos en el tiempo y espacio, y especiación química de los compuestos. Los estudiantes deberán resolver ecuaciones de gobierno de procesos ambientales mediante el desarrollo de sus propios códigos numéricos.

5. Modalidad de evaluación:

Aprobación de cuatro (4) Trabajos prácticos, un (1) examen parcial y un (1) examen final.

6. Bibliografía básica

Hemond H.F., Fechner E.J., “Chemical Fate and Transport in the Environment”, Academic Press, Elsevier Inc., 2015.

Clark M. M., “Transport Modeling for Environmental Engineers and Scientists”, 2nd edition, J. Wiley, 2009.

Chapra S., “Surface Water Quality Modeling”, Prentice Hall, 1996.

Chin D.A., “Water-Quality Engineering in Natural Systems, Fate and Transport Processes in the Water Environment”, J. Wiley, 2006.

Gunnar Nützmann G., Viotti P., Aagaard P. (Editores). “Reactive Transport in Soil and Groundwater”, Springer, 2005.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

7. Carga horaria y duración

Teoría: 40 horas.

Coloquio y/o Práctica en el aula, laboratorio o campo: 20 horas.

Total: 60 horas.

Duración: 15 semanas.

TÓPICOS SELECTOS EN APRENDIZAJE MAQUINAL

1. Objetivos

Que el alumno: Conozca los fundamentos teóricos de las técnicas más utilizadas y los avances recientes en el área del aprendizaje maquinal. Comprenda su significado a los efectos de la correcta implementación de los algoritmos. Identifique la utilidad de estas técnicas para su aplicación en problemas reales. Desarrolle habilidad para la lectura fluida y comprensiva de publicaciones científicas actuales sobre el tema.

2. Programa sintético

INTRODUCCIÓN. Revisión de Probabilidad, Nociones de Teoría de la Información y Teoría de la Decisión. Clasificación estadística de patrones y regresión: aprendizaje supervisado paramétrico, no paramétrico y no supervisado. Minería de datos y agrupamiento de patrones.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS. Análisis de componentes principales, formulación probabilística. Análisis de componentes independientes: formulaciones alternativas, funciones objetivo y funciones de contraste. Modelos de mezclas no lineales y convolutivas. Métodos de proyección y reducción dimensional. Factorización de matrices nonegativas.

APRENDIZAJE BASADO EN REDES Y TÉCNICAS CLÁSICAS Revisión de redes neuronales "clásicas": Perceptrón simple y multicapa, redes con Funciones de Base Radial, Mapas Auto-organizativos. Naive Bayes, k-vecinos cercanos, Análisis Discriminante Lineal, Mezclas de gaussianas, k-medias. Aprendizaje por refuerzo. Ensamble de clasificadores, Bagging, Boosting. Aprendizaje profundo.

APRENDIZAJE BASADO EN ÁRBOLES Y REGLAS DE DECISIÓN. Métodos que no utilizan métricas. Generación de árboles de decisión: CART, ID3, C4.5. Reglas para separación, crecimiento y podado. Tratamiento de atributos con valores faltantes. Relación y equivalencias con redes neuronales.

APRENDIZAJE BASADO EN NÚCLEOS. Construcción de núcleos y aprendizaje basado en núcleos. Teoría estadística del aprendizaje: clasificadores de riesgo empírico mínimo. Máquinas de soporte vectorial. Máquinas multi-clase.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

APRENDIZAJE DE DATOS SECUENCIALES Revisión de redes neuronales dinámicas: redes de Hopfield, redes neuronales con retardos temporales, redes de Elman y Jordan. Modelos ocultos de Markov discretos y continuos. Algoritmos hacia adelante y hacia atrás. Algoritmo de Viterbi. Entrenamiento por maximización de la esperanza.

VALIDACIÓN Y SELECCIÓN DE CARACTERÍSTICAS Figuras de mérito en aplicaciones de clasificación y regresión. Capacidad de generalización y sobre-entrenamiento. Métodos de estimación del error: partición simple, validación cruzada, particiones múltiples, Bootstrap, 0.632-bootstrap. Análisis ROC. Métodos de selección de características.

APLICACIONES Aplicaciones de aprendizaje maquina a problemas con datos reales.

3. Modalidad de dictado: Curso teórico-práctico presencial

4. Actividades Prácticas:

TP N°1: Desarrollo e implementación de algoritmos selectos de aprendizaje maquina

TP N°2: Resolución de problemas de clasificación y regresión con datos reales.

Guías de trabajos prácticos y laboratorio

5. Modalidad de evaluación:

Aprobación de las guías de trabajos prácticos y laboratorio a través de un coloquio

Aprobación de un examen final.

6. Bibliografía básica

K. P. Murphy, Machine Learning: A Probabilistic Perspective, MIT Press, 2012.

Zhi-Hua Zhou, Ensemble Methods: Foundation and Algorithms, CRC Press, 2012.

Ethem Alpaydin, Introduction to Machine Learning. MIT Press: Adaptive Computation and Machine Learning series, 2010.

Stephen Marsland, Machine Learning: An Algorithmic Perspective. Chapman & Hall/CRC: Machine Learning & Pattern Recognition Series, 2009.

Y. Bengio, Learning Deep Architectures for AI, Now Publishers, Canadá, 2009.

S. Theodoridis and K. Koutroumbas, Pattern Recognition, Academic Press, Elsevier, 2009.

R. S. Sutton and A. G. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, MIT Press, Cambridge MA, 1998.

Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning. Springer: Information Science and Statistics, 2006.

V. Cherkassky, F. Mulier, Learning from Data: Concepts, Theory and Methods. Wiley-International Science, 1998.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:
EXPTÉ.Nº: FICH-1042879-20

- A. Cichocki and S. Amari, Adaptive Blind Signal and Image Processing. John Wiley & Sons, 2002.
- R. O. Duda, P. E. Hart, D. G. Stork, Pattern Classification. Wiley-Interscience, 2001.
- X. D. Huang, Y. Ariki, M. A. Jack, Hidden Markov models for speech recognition. Edinburgh University Press, 1990.
- Hyvärinen, J. Karhunen, E. Oja, Independent Component Analysis. John Wiley & Sons, 2001.
- D. J. C. MacKay, Information Theory, Inference, and Learning Algorithms. Cambridge University Press, 2003.
- B. D. Ripley, Pattern Recognition and Neural Networks, Cambridge University Press, 1999.
- J. R. Quinlan, C4.5: Programs for Machine Learning. 1993.
- R. P. N. Rao, B. A. Olshausen, M. S. Lewicki (Eds.), Probabilistic Models of the Brain: Perception and Neural Function. MIT Press, 2002.
- V. N. Vapnik, The Nature of Statistical Learning Theory, Springer, 2000.
- Yoshua Bengio, "Learning Deep Architectures for AI", Foundations and Trends in Machine Learning archive, Vol. 2 Issue 1, pp 1-127, 2009.

7. Carga horaria y duración

Teoría: 60 horas.

Coloquio y/o Práctica en aula, laboratorio o campo: 30 horas.

Total: 90 horas.

Duración: 15 semanas.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano

—



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

ANEXO II

REGLAMENTO DE LA CARRERA DOCTORADO EN INGENIERÍA

1. OBJETIVOS

La Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC) y el Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)), pertenecientes a la Universidad Nacional del Litoral (UNL), dictan en forma conjunta la carrera de posgrado denominada “Doctorado en Ingeniería”. La UNL otorga el grado académico de Doctor en Ingeniería, sin incumbencia profesional, a aquellos graduados universitarios que cumplan con el Plan de Estudios y hayan aprobado la Tesis Doctoral, especificados en el presente Reglamento y sus Normas Complementarias.

El objetivo de este Doctorado es capacitar recursos humanos en el máximo nivel académico en disciplinas o áreas interdisciplinarias directamente relacionadas con la Ingeniería, requiriendo aportes del tesista, originales y creativos de probado valor orientados a acrecentar los conocimientos del área. Consecuentemente, se formarán investigadores científicos y tecnológicos, con el adiestramiento y preparación necesarios para el desarrollo de actividades creativas en forma independiente dentro de su especialidad.

II. ORGANIZACIÓN GENERAL

La carrera Doctorado en Ingeniería de la UNL es presencial, semi-estructurada y compartida entre la FICH, el INTEC, el CIMEC y el sinc(i), instituciones que actuarán indistintamente como Sedes Académicas de la misma.

La oferta de cursos del Doctorado estará compuesta por Cursos de Formación Básica y Cursos de Formación Específica.

La FICH será Sede Administrativa de la carrera y tendrá a su cargo la gestión de todas las actividades realizadas en el marco de la misma.

El Cuerpo Académico de la Carrera estará conformado por los miembros del Comité Académico, el Director y Codirector de Carrera, el Cuerpo Docente y los Directores y Codirectores de Tesis.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano

—



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Los aspectos científicos y académicos de la Carrera así como su desenvolvimiento estarán a cargo del Comité Académico de la Carrera (CA), el cual contará para ello con el apoyo de la Secretaría de Posgrado y del Departamento Alumnado de la FICH.

El Consejo Directivo de la FICH (CD) aprobará los cursos de formación básica y de formación específica para cada una de las Menciones y asignará las correspondientes Unidades de Crédito Académico (UCAs), a recomendación del CA.

Los objetivos, composición y funciones del CA son establecidos en el respectivo Reglamento. En dicho reglamento se establece asimismo la modalidad de elección del Director y Codirector, como así las funciones que habrán de desempeñar.

El CD enviará copia de cada resolución relativa a la Carrera a las otras Sedes Académicas, para su conocimiento.

III. PLAN DE ESTUDIOS

El Plan de Estudios comprenderá la realización y aprobación de una Tesis Doctoral, y el cursado y aprobación de cursos de apoyo a la investigación propuesta.

El conjunto de las actividades a realizar deberá contemplar un mínimo de cien (100) UCAs, correspondiendo una (1) UCA a quince (15) horas de actividad comprendiendo:

- un mínimo de veintiséis (26) UCAs se obtendrán por aprobación de los cursos de apoyo a la investigación propuestos. Cada curso no podrá otorgar más de cuatro (4) UCAs.
- un mínimo de setenta y cuatro (74) UCAs se obtendrán con la aprobación del manuscrito de la Tesis Doctoral y de su defensa oral.

El Plan de Estudios a seguir por el alumno tendrá el aval de su director y será sometido a la aprobación del CA.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

Se describen a continuación las distintas tareas del Plan de Estudios:

1. **Propuesta de Tesis.** Una vez acreditadas las veintiseis (26) UCAs requeridas por cursos de apoyo a la investigación, el alumno, con el aval de su Director de Tesis, deberá presentar una Propuesta de Tesis la que consistirá en la planificación de las tareas de investigación científica y tecnológica para el desarrollo de un tema de Tesis, con el compromiso verificable de que estarán disponibles los medios requeridos para su ejecución. La presentación y evaluación de la Propuesta se registrará de acuerdo al procedimiento establecido en el presente Reglamento de la carrera

2. **Tesis:** estará dedicada a un tema referido a la Ingeniería en algunas de las Menciones aprobadas por la UNL. Consistirá en un avance en el conocimiento científico o tecnológico, la creación de una metodología, procedimiento, proceso u otros modos de aplicación técnica del conocimiento científico. La Tesis podrá tener un carácter teórico y/o experimental. Sus resultados deberán significar una contribución al conocimiento en el campo de la Ingeniería.

La presentación, evaluación y aprobación Tesis se registrarán según lo establecido en el presente Reglamento de la Carrera

3. **Realización de cursos de apoyo a la investigación.** Los cursos serán de dos tipos:

a) Cursos de formación básica (CFB): son cursos destinados a brindar los elementos sustanciales del conocimiento de cada Mención de la carrera. Los alumnos deben acreditar el curso obligatorio "Matemática Aplicada" (4 UCAs), común a todas las menciones. Los alumnos de cada mención deberán acreditar, además, al menos 8 (ocho) UCAs por la aprobación de CFB ofrecidos en su mención.

b) Cursos de formación específica (CFE): Son cursos destinados a profundizar conocimientos en temáticas específicas, para apoyar el desarrollo de la Tesis. Los alumnos deben acreditar UCAs por la aprobación de CFE afines al tema de investigación, hasta cumplimentar la cantidad total mínima de UCAs requerida.

El CD aprobará anualmente los cursos a dictarse en el marco de la carrera y asignará las correspondientes UCAs, a recomendación del Comité Académico. Las propuestas de cursos deberán incluir: título del curso, objetivos, programa sintético,



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

bibliografía, modalidad de dictado, carga horaria, duración del dictado, sistema de evaluación, cuerpo docente, currículum vitae del cuerpo docente, conocimientos previos requeridos y cronograma de dictado.

Podrá reconocerse al alumno cursos y actividades de posgrado realizados fuera del ámbito de la UNL hasta un máximo de ocho (8) UCAs. Dicho reconocimiento será aprobado por el Decano a recomendación del CD.

4. *Formación del investigador.* El CA podrá exigir el cumplimiento de actividades formativas del doctorando, las cuales podrán incluir cursos, seminarios, lecturas u otros.

IV. CONDICIONES PARA LA ACEPTACIÓN DE LA PROPUESTA DE TESIS

Las condiciones para la aceptación de la Propuesta de Tesis son las siguientes:

1. Tesis original e inédita, que represente un avance en el conocimiento científico o tecnológico. Deberá ser consistente teóricamente, de acuerdo a los antecedentes y a una satisfactoria fundamentación.
2. Metodología definida con el detalle necesario para dejar en claro que su aplicación permitirá obtener resultados pertinentes a la investigación propuesta.
3. Factibilidad de ejecución de la investigación, de acuerdo a una probada disponibilidad de medios humanos, materiales, financieros, de datos, etc. La factibilidad de ejecución de la investigación deberá estar avalada por el director de tesis. El responsable (Decano o Director) del lugar de trabajo del doctorando deberá también avalar la presentación.

La evaluación y aprobación de la Propuesta de Tesis se regirá por los procedimientos establecidos en el artículo 1.4 del Apéndice I de este Reglamento.

V. MENCIONES

Las Propuestas de Tesis deberán encuadrarse en algunas de las Especialidades de la Ingeniería oportunamente aprobadas por el Consejo Superior de la UNL, las que se denominan "Menciones".



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPTE.N°: FICH-1042879-20

La aprobación de una nueva Mención dependerá de la capacidad de dirección de Tesis existente en la UNL en una determinada especialidad. Para la aprobación de una nueva Mención, se deberá presentar una propuesta especificando título, antecedentes en la disciplina y la disponibilidad de recursos humanos e infraestructura existentes en la UNL. La aceptación de una nueva Mención deberá ser aprobada, en última instancia, por el Consejo Superior de la UNL.

VI. LUGAR DE REALIZACIÓN DE LA TESIS

El lugar de realización de la Tesis será el ámbito de los Grupos de Investigación de la FICH, del INTEC, del CIMEC o del sinc(i). Ello implica la realización de tareas de investigación que llevan a la concreción de la Tesis Doctoral con asistencia efectiva y constante del doctorando a alguna de las Sedes Académicas mencionadas, durante el desarrollo de su trabajo de investigación. Con carácter de excepción podrán realizarse dichas tareas en Instituciones de Investigación de la región, con las cuales se establezcan convenios con ese fin específico.

VII. DIRECTOR DE TESIS

El Director de Tesis es el responsable de asesorar, dirigir y evaluar la planificación y el desarrollo del trabajo de Tesis. Tiene como funciones:

1. Avalar científica y técnicamente la solicitud de admisión del postulante al Doctorado. El Director avalará el tema de Tesis, su consistencia teórica, pertinencia metodológica y factibilidad práctica; en particular el lugar de ejecución de las investigaciones. El Director propondrá al CA el plan de cursos de apoyo a la investigación de Tesis y las Instituciones donde se dicten.
2. Guiar al doctorando durante los estudios e investigaciones que realice en cumplimiento de la Propuesta de Tesis aceptada por el CA y cooperar para asegurar la disponibilidad de medios durante su ejecución.
3. Presentar al CA los Informes de Avance del doctorando, con su propia evaluación.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

4. Considerar el desarrollo de los trabajos, proponer y avalar la presentación de la Tesis para su defensa ante el Jurado de Tesis.

Se podrá proponer la designación de un Codirector, quien colaborará con el Director de Tesis. Al menos uno de los dos deberá ser profesor de la UNL o ser investigador de CONICET con lugar de trabajo en una Unidad Ejecutora de Doble Dependencia UNL-CONICET o en alguna Facultad de la UNL.

Ambos deben poseer antecedentes en el campo disciplinario de que se trate, y capacidad acreditada en la formación de recursos humanos especializados. Deben ser investigadores formados, con antecedentes curriculares que evidencien su grado de actividad. Dicho grado de actividad en la disciplina deberá ser puesta de manifiesto por indicadores tales como:

1. Publicación regular en revistas con referato de circulación internacional;
2. Constancia de obtención de patentes y desarrollos verificables de tecnología;
3. Publicación de libros por editoriales reconocidas a nivel internacional.

De preferencia, deberán ser doctores en la disciplina, diplomados de una Universidad de reconocido prestigio o Investigadores de CONICET o equivalente de un Instituto de Investigaciones, y aceptable a juicio del CA.

El Director además deberá ser un investigador activo en la especialidad en la que se inscriba la Tesis propuesta.

Cuando las circunstancias lo justifiquen se podrá proponer como Director un profesor o investigador de otra Institución que reúna los requisitos antes mencionados. En tal caso será obligatorio designar un Codirector local, profesor de la UNL, que cumpla los requisitos antedichos.

VIII. ADMISIÓN

La postulación al Doctorado en Ingeniería consiste esencialmente en la presentación ante la Sede Administrativa de los antecedentes del Postulante y del Director de Tesis, el Plan de Estudios y los avales correspondientes.

Los postulantes deberán cumplir con los requisitos que se exigen en la UNL. En particular deben ser:



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA Nº:
EXPT.E.Nº: FICH-1042879-20

1. Graduados de la UNL, con título profesional correspondiente a una carrera no terciaria: Ingeniero, Licenciado, o título similar.
2. Graduados de otras Universidades Nacionales, Provinciales y Privadas reconocidas por las autoridades competentes, con título equivalente a los descriptos en el párrafo anterior (numeral 1).
3. Graduados de Universidades extranjeras reconocidas por las autoridades competentes de su país con título equivalente a los descriptos en el párrafo anterior (numeral 1) donde se aplicarán las condiciones establecidas en el Reglamento de Cuarto Nivel de la UNL.

Luego de presentada la Solicitud de Admisión y cumplidos los demás requisitos establecidos por este Reglamento y sus Normas Complementarias, el CA propondrá al Decano de la FICH la aceptación del Postulante como Aspirante al Grado de Doctor en Ingeniería; la designación de su Director de Tesis y de su Codirector si lo hubiere; el Plan de Estudios y lugar de trabajo del Doctorando.

Una vez aprobado el Plan de Estudios del postulante, toda modificación sustancial del mismo deberá ser aprobada por el Decano de la FICH, a recomendación del CA. Las modificaciones de un Plan original aprobado que no alteren su esencia podrán ser avaladas por el CA.

Excepcionalmente, se podrá admitir postulantes que carezcan de título de grado pero cumplan con los siguientes requisitos adicionales: a) el postulante deberá acreditar haber desarrollado actividades laborales y/o académicas que resulten calificadas por el CA como válidas para el perfil de la Carrera; b) el postulante deberá aprobar una evaluación de suficiencia implementada por el CA; c) si el CA lo considera necesario, el postulante deberá aprobar cursos de grado universitario en temáticas afines a la Carrera. El cumplimiento de estos requisitos será certificado por la Secretaría de Posgrado. En caso de que el postulante satisfaga la totalidad de los requisitos adicionales, el CA elaborará un acta explicitando y fundamentando todos los elementos de juicio considerados y recomendará al Decano de la FICH la admisión de aquél, en carácter de excepción.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

IX. PLAZO DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE ESTUDIOS

El cumplimiento de todos los requisitos exigidos para la aprobación y defensa pública de la Tesis Doctoral deberá llevarse a cabo en un lapso igual o inferior a seis (6) años corridos, a partir de la fecha de admisión.

Cada Director de Tesis propondrá el plazo de ejecución particular del Plan de Estudios de su Tesista, el cual sólo podrá ser prorrogado por decisión del Decano de la FICH, a recomendación del CA.

X. JURADO DE TESIS

El Jurado de Tesis juzga si la Tesis presentada por el Doctorando ha desarrollado satisfactoriamente el tema propuesto y decide su aceptación, su perfeccionamiento o su rechazo definitivo.

Sus decisiones son sólo apelables en relación con las formalidades del proceso, en primera instancia ante el CA y en última instancia ante el CD. En lo científico y académico sus decisiones son inapelables.

El Jurado de Tesis se integrará en ocasión de juzgar una Tesis presentada por un Doctorando. Estará compuesto por al menos tres (3) miembros designados por el CD, a propuesta del CA. Sus miembros serán profesores o investigadores de reconocido prestigio en el área de especialidad de la Tesis y deberán cumplir con los requisitos de idoneidad exigidos para el Director de Tesis, indicados en el título VII; al menos dos (2) de ellos deben pertenecer a otra Universidad Argentina o extranjera o Instituto de Investigación vinculado al tema, externos a las Sedes Académicas del Doctorado. El Director de Tesis y el Codirector, podrán asistir a las reuniones del Jurado de Tesis y, en tal caso, tendrán voz pero no voto.

La recusación y excusación de miembros del Jurado se ajustará a lo normado por el Reglamento de Concursos de Profesores Ordinarios de la UNL.

XI. ACEPTACIÓN Y DEFENSA PÚBLICA DE LA TESIS

A su finalización, con el aval del Director y Codirector, si lo hubiere, el doctorando elevará la Tesis para su evaluación por el Jurado y su posterior defensa pública.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

A los efectos de dicha evaluación cada integrante del Jurado recibirá un ejemplar y emitirá un dictamen individual fundamentado, dentro de los treinta (30) días de recibido el mismo.

Por mayoría de votos de los integrantes del Jurado, la Tesis podrá resultar:

1. Aceptada para su defensa pública.
2. Devuelta para modificación o complementación, luego de la cual deberá ser nuevamente sometida a consideración de los miembros del Jurado.
3. Rechazada.

Una vez aceptada la Tesis, el doctorando deberá hacer su defensa pública dentro de los sesenta (60) días. Esta presentación tendrá la categoría de acto académico. El Jurado redactará el Acta de Evaluación de la Tesis y de la defensa pública. Su dictamen será fundado y no recurrible.

XII. OTORGAMIENTO DEL GRADO DE DOCTOR

Cumplidos todos los requisitos establecidos en el presente Reglamento y sus Normas complementarias, el CD dará por finalizado los estudios del Candidato, a recomendación de la Secretaría de Posgrado.

Luego de resuelta la finalización de estudios, el Candidato podrá solicitar su diploma en el Departamento Alumnado. Como consecuencia de este trámite, el CD otorgará el certificado habilitante para que la UNL expida el título de Doctor en Ingeniería.

En el diploma constará el título conferido y el área disciplinaria de la Ingeniería en la cual se inscriben los estudios realizados. Al dorso se consignará la fecha, el número de la resolución del Consejo Superior aprobatoria de la Carrera y el tema de tesis.

XIII. ARANCELES DE LA CARRERA

El costo de la matrícula y aranceles correspondientes a los estudios de Doctorado, serán establecidos por el CD a propuesta del CA.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.

2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

El cobro de los mismos, se regulará de acuerdo a los procedimientos administrativos que prevé la UNL para la realización de Servicios Educativos a Terceros.

Los docentes de la UNL, becarios de la UNL, del CONICET y de otros organismos de Promoción de Ciencia y Técnica reconocidos que se postulan como aspirantes a la Carrera de Doctorado, podrán solicitar al CD la exención al pago de matrícula y aranceles. Tal situación se regirá de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Becas de Posgrado de la FICH.

XIV. NORMAS COMPLEMENTARIAS Y PRECEDENCIAS

Las Normas Complementarias se conformarán con las propuestas normativas del CA que resulten aprobadas por el CD y que no se encuentren especificadas en el presente Reglamento.

El Reglamento General de Cuarto Nivel de la UNL tiene precedencia sobre el presente Reglamento. El presente Reglamento tiene precedencia sobre las Normas Complementarias.

Cuando una situación no se encuentre contemplada por el Reglamento General de Cuarto Nivel, el presente Reglamento o sus Normas Complementarias, podrá aplicarse en su reemplazo el Reglamento de Concursos para Profesores Ordinarios de la UNL. Toda situación no prevista en la normativa previamente mencionada, será resuelta por el CD a propuesta del CA.

APENDICE I - Procedimientos administrativos y académicos que deberá seguir el postulante para alcanzar el grado de Doctor en Ingeniería de la UNL.

A continuación se establecen los pasos administrativos y académicos que deberá seguir el postulante para alcanzar el grado de Doctor en Ingeniería de la UNL.

1.1. Solicitar la Admisión al Doctorado, para lo cual presentará la documentación establecida por las normativas vigentes de la UNL, a la cual se sumarán:

- a) Certificado analítico de los estudios universitarios de grado (incluyendo los insuficientes).
- b) Breve Curriculum Vitae (no más de una página)



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

- c) Breve Curriculum Vitae del Director de Tesis, si lo tuviera (no más de tres páginas).
- d) Breve descripción de la propuesta de investigación (no más de una página).
- e) Plan tentativo de cursos elegidos, entre los reconocidos para el Doctorado en Ingeniería.
- f) Breve descripción de los recursos disponibles (equipamiento, beca, datos, etc.) que sustentarán la viabilidad de la investigación propuesta (no más de 250 palabras).

Los puntos *d* y *e* pueden originarse a partir de una propuesta y/o inquietud personal del postulante, o por el Director de Tesis elegido en caso de existir un contacto previo. En el primer caso, el CA le sugerirá al postulante los potenciales Directores de Tesis que mejor se encuadren con su formación y aspiraciones, pudiendo ser admitido como *Estudiante condicional de Doctorado* hasta tanto comunique quien será su Director de Tesis con el correspondiente aval. El punto *f* podrá ser completado luego de acordar quien será su Director. La solicitud de Admisión al Doctorado será evaluada por el CA y elevada con un informe al Decano para su aprobación. El status de *Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la UNL*, o en su defecto el de *Estudiante condicional de Doctorado en Ingeniería de la UNL*, lo obtendrá el estudiante a partir de la fecha de la respectiva resolución del Decano. El status de *Estudiante condicional* no podrá prolongarse más allá de un semestre.

1.2. Completar un Plan de Cursos mencionado en el punto 1.1.e. El Plan de Cursos es propuesto por el Director de Tesis y constituido por cursos seleccionados, según lo estipulado en el Artículo III del presente Reglamento.

1.3. Iniciar en paralelo con el punto 1.2, las actividades de investigación previstas.

1.4. Someter a evaluación la Propuesta de Tesis, la cual debe cumplir con lo estipulado en el Artículo IV del Reglamento de Doctorado en Ingeniería, en los plazos establecidos en el presente artículo, ante un Jurado fijado por el CA y constituido por al menos tres miembros, preferentemente elegidos entre aquellos Profesores y/o Investigadores de la UNL y/o del CONICET que acrediten una reconocida actividad en investigación. Al menos uno de ellos debe demostrar antecedentes en la temática objeto de la Tesis; además, al menos uno de los miembros del jurado deberá ser un integrante del CA.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

1.4.1. El objetivo de la **Evaluación de la Propuesta de Tesis** será estimular la capacidad creativa individual del Estudiante de Doctorado, a la vez que buscará impedir la prolongación innecesaria en el tiempo de un trabajo de dudoso aporte al estado actual del conocimiento. La evaluación deberá basarse primordialmente en el tópico de investigación de la Tesis, evaluando los conocimientos adquiridos durante la etapa preparatoria y la capacidad del candidato para ejecutar el plan de trabajo propuesto con los medios disponibles al momento de la defensa de la Propuesta de Tesis.

1.4.2. El Estudiante de Doctorado que haya completado una Maestría, debidamente reconocida por el CA al momento de la admisión al programa de doctorado, deberá rendir la evaluación de la Propuesta de Tesis en un plazo no mayor a los dos (2) semestres posteriores a la admisión. Para aquellos estudiantes de doctorado que no hayan completado una Maestría, el plazo podrá extenderse no más allá de los cinco (5) semestres a partir de la admisión al programa de doctorado.

1.4.3. Para inscribirse para la evaluación de la Propuesta de Tesis, el estudiante deberá presentar un plan de trabajo proponiendo la ejecución de una investigación original en un tópico de la Ingeniería con una extensión no mayor a las 8 páginas (A4, Times New Roman 12, simple espacio), señalando claramente los objetivos, los antecedentes del tema, la relevancia y/o vinculación del estado del arte con el tema propuesto, la metodología a emplear para alcanzar los objetivos buscados, un cronograma tentativo de actividades, y una debida justificación del encuadre de la propuesta en alguna de las Menciones existentes en el Doctorado en Ingeniería, indicadas en el Apéndice II del presente Reglamento.

1.4.4. **La defensa de la Propuesta de Tesis** se deberá materializar a los treinta (30) días de su presentación escrita, previa conformidad del Jurado designado al efecto por el CA. La defensa se iniciará con una exposición oral y pública, que no deberá superar los 30 minutos. La exposición oral se complementará con una entrevista privada, en la cual el Jurado podrá realizar preguntas y/o pedidos de aclaraciones vinculadas al plan presentado y/o a la exposición oral del estudiante. Ambos, Director y Codirector del Estudiante de Doctorado, no podrán participar bajo ningún concepto ni de la entrevista privada ni de las deliberaciones posteriores del Jurado a cargo de la evaluación de la Propuesta de Tesis. En caso de un dictamen desfavorable por parte del Jurado, el cual será fundado y no recurrible, el Estudiante de Doctorado tendrá la opción de defender la Propuesta de Tesis dentro de los seis (6) meses siguientes.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

1.5. Aprobada la evaluación a que hace referencia el punto 1.4, el estudiante tendrá el status de **Candidato a Doctor en Ingeniería de la UNL**, debiendo finalizar su trabajo de Tesis en los plazos establecidos en el Artículo IX del Reglamento.

1.6. Cuando el Director de Tesis lo considere adecuado, solicitará el nombramiento del Jurado de Tesis, debiendo para ello haber cumplido:

- a) El *Candidato* ha cumplido con el Plan de Cursos propuesto (Artículo III del Reglamento de Doctorado en Ingeniería), y
- b) Depositar los ejemplares de la Tesis necesarios para ser enviados a los miembros del Jurado, de acuerdo a lo estipulado en el Artículo XI del Reglamento.

1.7. Dentro de los treinta (30) días de recibido el ejemplar de la Tesis por cada uno de los miembros del Jurado, estos emitirán un dictamen escrito de acuerdo a lo estipulado en el Artículo XI del Reglamento, el cual comunicarán a la Secretaría de Posgrado

1.8. De ser aceptada la Tesis para su Defensa por parte de la mayoría de los integrantes del Jurado, el *Candidato a Doctor* deberá proceder a su defensa pública dentro de los sesenta (60) días de la fecha de aceptación. Como mínimo, deberá mediar un plazo de doce (12) meses entre las fechas de aprobación de la Propuesta de Tesis y de la *Defensa Pública de la Tesis*. La fecha, hora y lugar de la exposición serán publicitados en los medios de prensa. La defensa consistirá en:

1.8.1. Una exposición pública de no más de una (1) hora de duración. En la misma, el candidato deberá resumir su Tesis, explicando cuáles son los aspectos originales de la misma que la diferencian de los trabajos anteriores realizados en ese tema.

1.8.2. El candidato deberá responder a una serie de preguntas realizadas por los miembros del Jurado. Esta instancia deberá tener efectivamente el espíritu de una defensa de la Tesis por parte del candidato

1.8.3. Finalmente, el candidato deberá responder a posibles preguntas de parte del público presente, a las cuales deberá responder con igual dedicación y esmero que las formuladas por el Jurado.

1.8.4. Finalizada la defensa, el jurado deliberará a puertas cerradas para determinar la aprobación o no de la Tesis. Una vez concluida esta sesión, se procederá a la



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



lectura pública del resultado de la deliberación, que por otra parte será fundada y no recurrible. El Jurado deberá entregar por escrito al Doctorando todas las correcciones o modificaciones necesarias a ser introducidas en la Tesis antes de su publicación. Las instancias posibles de evaluación de la Tesis son:

- a) **Aprobada sin modificaciones**, y debidamente calificada.
- b) **Aprobada con modificaciones menores**, y debidamente calificada, en cuyo caso bastará el aval del Director de Tesis ante el CA para la aprobación definitiva de la Tesis, una vez que dichas modificaciones hayan sido efectivamente incorporadas en la versión final de la Tesis.
- c) **Aprobada con modificaciones mayores**, y debidamente calificada, en cuyo caso se requerirá la lectura de la versión corregida de la Tesis y el posterior dictamen de al menos uno de los miembros del jurado, designado al efecto entre sus pares, además del correspondiente aval del Director de Tesis, como paso previo a la aceptación definitiva de la Tesis por parte del CA.
- d) **Rechazada**, en cuyo caso el Estudiante de Doctorado tendrá la opción de otra presentación de la Tesis al cabo de seis (6) meses, para una nueva evaluación que se regirá por lo estipulado en el Artículo XI del presente Reglamento.

1.9. Finalizada la defensa pública y aprobada la Tesis, el *Candidato* tendrá un plazo máximo de treinta (30) días para introducir, de ser necesario, todas las correcciones solicitadas por el Jurado y entregar tres (3) versiones finales impresas de la Tesis y una (1) en soporte digital (formato sólo lectura) a la Secretaría de Posgrado.

Previa autorización del autor, el manuscrito de Tesis será divulgado en versión electrónica a través de la Biblioteca Digital de la UNL. El autor, por razones de oportunidad de publicación de los trabajos derivados de la realización de la Tesis, podrá solicitar diferir la publicación de la misma en forma completa o parcial hasta un máximo de dos (2) años.

1.10. Cumplido el punto 1.9, el CD avalará la actuación del Jurado de Tesis y dará por finalizado los estudios del Candidato, a recomendación de la Secretaría de Posgrado.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

1.11. Cumplido el punto 1.10, el Candidato podrá solicitar su diploma en el Departamento Alumnado. Como consecuencia de este trámite, el CD otorgará el certificado habilitante para que la UNL expida el título de Doctor en Ingeniería.

APENDICE II - Menciones del Doctorado en Ingeniería de la UNL

2.1. Mecánica Computacional: consiste en la aplicación de métodos computacionales y métodos numéricos de aproximación para la solución de problemas en Ingeniería y Ciencias Aplicadas. El núcleo de la actividad involucra la Mecánica Computacional de Sólidos y la Dinámica Computacional de Fluidos. Sin embargo, mecánica de cuerpos rígidos, termodinámica, electromagnetismo, flujo de plasma y muchos otros problemas cuya expresión matemática se da en forma de un sistema de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales, generalmente demasiado complejas como para permitir una solución analítica, caen naturalmente dentro de los alcances de la disciplina. El egresado en esta mención debe tener familiaridad con:

- a) La variedad de procedimientos numéricos y aproximaciones disponibles;
- b) La naturaleza física y la comprensión del problema en estudio;
- c) Los experimentos necesarios para llegar a determinar los datos del problema.

Todo ello diferencia en forma clara sus alcances de los de un analista numérico. El desarrollo de hardware influencia en forma directa la disciplina, al decidir sobre la factibilidad de realización de ciertos cálculos y los métodos numéricos a utilizar.

2.2. Recursos Hídricos: el área temática cubierta por la especialidad es muy vasta, y podría decirse que combina aspectos propios de la Ingeniería Civil en un ámbito cada vez más interdisciplinario. Así, un Estudiante de Doctorado en Ingeniería de la UNL en la mención Recursos Hídricos debe esperar involucrarse en problemas de alta complejidad que incluyan el estudio del agua en cantidad y/o calidad, cualquiera sea su estado, en un ambiente físico determinado (subterráneo, superficial, atmosférico, oceánico, etc.) y que utilice tanto técnicas experimentales (de laboratorio y/o de campo), como analíticas y/o computacionales, para la obtención de resultados útiles a los fines perseguidos en la propuesta de investigación.

2.3. Inteligencia Computacional, Señales y Sistemas: la inteligencia computacional es una disciplina que en las últimas décadas ha emergido de la tradicional inteligencia artificial. La principal separación surge a partir de nuevos



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

paradigmas que, basados en modelos conexionistas, se adaptan automáticamente a partir de los datos utilizando estrategias más relacionadas con los métodos numéricos que con el procesamiento simbólico. El procesamiento de señales surge originalmente con el desarrollo de las comunicaciones en los años '40. Los conceptos de señal y sistema han permitido agrupar las bases formales detrás de todos estos desarrollos, sustentándose en las ciencias de la computación, la matemática y la electrónica, y aprovechando herramientas provenientes de los métodos numéricos, la teoría de la información y las comunicaciones, la teoría de decisión, la estadística y otras.

2.4. Ambiental: Los doctorandos en esta mención investigarán el impacto de los principales contaminantes, como agentes químicos generados como subproductos o consecuencias de la actividad industrial o agropecuaria, agentes químicos de origen humano y animal, agentes patógenos, residuos sólidos urbanos e industriales, ruido en ambientes urbanos o laborales, calor, radiación electromagnética o nuclear en ambientes urbanos e industriales, microorganismos genéticamente modificados, agentes liberados en accidentes tecnológicos o naturales y otros, sobre el medio ambiente (aire, suelo, aguas superficiales y subterráneas, ambientes domiciliarios, urbanos y rurales, flora, fauna y el paisaje) y las técnicas, procesos y procedimientos para su prevención, monitoreo, control y remediación.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano

—



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

ANEXO III - REGLAMENTO DEL COMITÉ ACADÉMICO DOCTORADO EN INGENIERÍA

Artículo 1: Objetivos

El Comité Académico (CA) de la Carrera Doctorado en Ingeniería es el órgano que entiende en todos los aspectos científicos y académicos de la misma y controla su desenvolvimiento con el apoyo administrativo de la Secretaría de Posgrado de la Sede Administrativa.

Artículo 2: Composición del CA

El CA estará integrado por seis (6) miembros titulares y cuatro (4) suplentes. La representación de las distintas instituciones será la siguiente: tres (3) miembros titulares y un (1) suplente por la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH); un (1) miembro titular y un (1) suplente por el Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC), un (1) miembro titular y un (1) suplente por el Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC) y un (1) miembro titular y un (1) suplente por el Instituto de Investigación en Señales, Sistemas e Inteligencia Computacional (sinc(i)).

Los miembros del CA deberán ser profesores investigadores de la Universidad Nacional del Litoral (UNL) y acreditar el máximo título académico en las disciplinas afines a la Carrera.

Los miembros del CA serán propuestos por las autoridades de las respectivas instituciones: el Decano de la FICH y las estructuras de dirección del INTEC, CIMEC y sinc(i). El CD de la FICH designará a los miembros del CA propuestos. Las designaciones serán por un período de dos (2) años, pudiendo ser reelegidos.

Artículo 3: Director y Co-Director

Los miembros titulares elegirán entre ellos, por simple mayoría, al Director y al Co-Director de la Carrera, quienes serán designados por el CD de la FICH, a recomendación del CA. Las designaciones serán por un período de dos (2) años, pudiendo ser reelegidos.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano

—



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXPT.E.N°: FICH-1042879-20

El Director presidirá el CA, supervisará y coordinará la ejecución académica de las actividades de la Carrera con apoyo administrativo de la Secretaría de Posgrado y elevará al CD, cuando éste lo requiera, un informe anual sobre las tareas llevadas a cabo.

El Co-Director apoyará al Director en la realización de estas actividades y lo reemplazará en caso de ausencia.

Artículo 4: Coordinador Académico por Mención

A efectos de promover y facilitar el desenvolvimiento armónico de las diferentes menciones, se establece la figura del Coordinador Académico por Mención.

Los Coordinadores Académicos serán designados por el CD de la FICH, a propuesta del CA. Durarán en sus funciones 2 (dos) años, pudiendo ser reelegidos. Los Coordinadores Académicos deberán formar parte del cuerpo docente de la Mención que habrán de coordinar.

El coordinador colaborará con el CA y con el Director y Codirector de la Carrera en todas las actividades académicas del Doctorado relacionadas con la Mención bajo su coordinación. Colaborará con el Director, en todo aquello relacionado con su Mención, en la elaboración del Informe Anual de las tareas llevadas a cabo.

Artículo 5: Funcionamiento del CA

El CA funcionará ininterrumpidamente durante el año académico. El CA se reunirá en forma periódica convocado por el Director cada vez que sea necesario tratar temas de su responsabilidad, o a solicitud escrita de al menos dos (2) de sus integrantes. Como mínimo se reunirá una vez por cuatrimestre y otra vez al cierre del año académico, previo al Informe Anual del Director. La fecha y hora de cada reunión deberá ser notificada fehacientemente con 48 hs de anticipación.

El quórum para el funcionamiento del CA será de cuatro (4) miembros.

Las sesiones serán presididas por el Director (o, en su ausencia, por el Co-Director) de la Carrera.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano



Universidad Nacional del Litoral

NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

Las decisiones se aprobarán por mayoría simple. En caso de empate, la decisión quedará a cargo del Director de la Carrera (o del Co-Director en caso de ausencia del Director).

Las opciones rechazadas por votación, cuando así lo soliciten sus proponentes, serán elevadas como despacho de minoría.

Artículo 6: Inasistencias de los miembros del CA

La inasistencia de un miembro sin justificativo a tres (3) reuniones consecutivas o a seis (6) alternadas en el año calendario, será motivo de su separación del CA. En tal caso, la institución que lo había propuesto como representante, deberá proponer un miembro alternativo. En el caso de licencia prolongada (más de tres meses) otorgada a uno de los miembros del CA, la institución a la cual éste representa deberá proponer el reemplazo pertinente por el período que dure la licencia, de manera de mantener su representación correspondiente en el CA.

Artículo 7: Funciones del CA

El CA coordinará y supervisará las actividades de la carrera. Sus funciones son:

- Efectuar recomendaciones sobre la aprobación de cursos en el marco de la carrera y la asignación de las correspondientes Unidades de Crédito Académico.
- Evaluar los antecedentes de los aspirantes al ingreso, así como los planes de cursos y de tesis y equipos de dirección de tesis presentados por aquéllos.
- Recomendar la admisión y readmisión de postulantes a la carrera y la baja de alumnos.
- Recomendar la designación de Directores y Codirectores de Tesis y de miembros de Jurados de Propuestas de Tesis y Jurados de Tesis.
- Emitir opinión acerca de las solicitudes de reconocimiento de Unidades de Crédito Académico por cursos aprobados con anterioridad al ingreso a la carrera o fuera del ámbito de la UNL.
- Proponer los mecanismos que se juzguen pertinentes para el normal desenvolvimiento administrativo de las actividades de la carrera.
- Efectuar recomendaciones de cualquier otra índole orientadas a mejorar el desarrollo de las actividades de la carrera.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.



2020

Año del General
Manuel Belgrano

—

Universidad Nacional del Litoral



NOTA N°:
EXpte.N°: FICH-1042879-20

- Proponer modificaciones de reglamentos y disposiciones relativas a la Carrera
- Coordinar actividades con otras Instituciones.



Valide la firma de este documento digital con el código **RDCS_FICH-1042879-20_313** accediendo a <https://servicios.unl.edu.ar/firmadigital/>

*Este documento ha sido firmado digitalmente conforme Ley 25.506, Decreto reglamentario Nro. 182/2019 y a la Ordenanza Nro. 2/2017 de esta Universidad.