



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



APRUEBA CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES

Buenos Aires, 3 de septiembre de 2020

VISTO la Resolución N° 77/20 del Consejo Directivo de la Facultad Regional La Plata, en la que solicita la aprobación y autorización de implementación de los Cursos de Actualización de Posgrado “Método de elementos finitos con software libre”, “Estimulación hidráulica de yacimientos no convencionales” y “Geomecánica de reservorios” para el Doctorado en Ingeniería, mención Materiales, modalidad de vinculación cooperativa, y

CONSIDERANDO:

Que los Cursos propuestos responden a la necesidad de brindar a docentes, investigadores y graduados de la Universidad conocimientos científicos actualizados dirigidos a doctorandos en Ingeniería.

Que la Facultad Regional La Plata cuenta con un plantel de profesores de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados a los propuestos.

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

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



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum de los Cursos de Actualización de Posgrado “Método de elementos finitos con software libre”, “Estimulación hidráulica de yacimientos no convencionales” y “Geomecánica de reservorios”, para el Doctorado en Ingeniería, mención Materiales, modalidad de vinculación cooperativa, que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado de los mencionados Cursos en la Facultad Regional La Plata, firmante del acuerdo cooperativo, y avalar la propuesta del Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza, en el marco de lo establecido por la Ordenanza N° 1313 y la Resolución N° 420/15.

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

ARTÍCULO 4°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1776

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

ING. MIGUEL ÁNGEL SOSA
Secretario General

ING. HÉCTOR EDUARDO AIASSA
RECTOR



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA Nº 1776

ANEXO I

CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO
DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES

1. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS CON SOFTWARE LIBRE

A. FUNDAMENTACIÓN

El curso busca contribuir a la formación de profesionales, docentes universitarios, y becarios de investigación en el modelado por el Método de Elementos Finitos (FEM) utilizando software libre. En el ámbito de la ingeniería es habitual la utilización de programas comerciales de un costo relativamente elevado, accesible para grandes empresas aunque no para las pequeñas y medianas. El curso presenta las aplicaciones prácticas de utilización del método en diversos problemas físicos que junto con el software utilizado, le permitirán a los estudiantes familiarizarse con los conceptos fundamentales así como también manejar las herramientas computacionales con relativa solvencia.

B. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en las carreras relacionadas con las Ciencias Exactas e Ingeniería de cualquier especialidad es indispensable manejar las herramientas computacionales. En particular en Ingeniería, el diseño con cualquier software CAD y su posterior simulación con Elementos Finitos es una práctica corriente. Sin embargo, las carreras de grado no acompañan el rápido avance de las herramientas mencionadas. En este contexto, resulta



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



importante contar con un curso actualizado y con herramientas libres que le permitan a los estudiantes profundizar los temas aprendidos en las materias de grado relacionadas, y a los profesionales poner al día su conocimiento en la temática.

C. OBJETIVOS

Brindar los conceptos que sirven de sustento a la metodología de los elementos finitos y que el alumno logre su aplicación práctica utilizando software libre en algún área de la ingeniería y las ciencias exactas.

D. CONTENIDOS

FEM en una dimensión y dos dimensiones

FEM en 1D: Espacios de polinomios continuos lineales a trozos. Interpolación lineal. La proyección L^2 . Métodos de integración. Conceptos básicos sobre el FEM. Necesidad de las formulaciones integrales y de soluciones débiles. Formulación variacional y obtención de los sistemas de ecuaciones lineales.

Introducción al software: Introducción a Python. Introducción a FEniCS (software para la resolución por FEM) y sus componentes. Resoluciones de problemas en una dimensión con solución analítica conocida.

FEM en dos dimensiones: Teorema de Green. Ecuación de Poisson. Formulación variacional. Existencia y unicidad de la solución. Estimación de error. Problema de Dirichlet. Problema de Neumann. Resolución utilizando FEniCS.

Problemas dependientes del tiempo: Método de diferencias finitas para la resolución de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y su formulación variacional. Ecuación de onda.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



Discretización en espacio y tiempo.

Métodos iterativos para grandes sistemas ralos: Sistemas de ecuaciones lineales. Métodos directos. Métodos iterativos: Jacobi, Gauss-Seidel. Gradiente conjugado. Análisis de convergencia. Métodos de proyección. Subespacios de Krylov y otros. Implementación en FEniCS

Mallado

Mallado: Métodos básicos de mallado. Mallas estructuradas y los métodos para generarlas: algebraicos, crecimiento estructurado, y otros. Mallas no estructuradas y sus métodos para generarlas: Delaunay, frente de avance, y otros.

Software: Introducción al software Gmsh. Instrucciones para importar mallado de superficies. Formatos de archivos de mallado (por ejemplo: STL). Métodos CAD para construcción de mallas. Herramientas de visualización.

Aplicaciones

Análisis mecánico: Análisis estático. Análisis dinámico. Ecuación de balance del momento. Formulación variacional. Aproximación de Rayleigh. Resolución con FEniCS.

Ecuación de calor: Ecuación de Poisson. Ecuación de Poisson no lineal. Coeficientes variables con la temperatura. Análisis dinámico (variable en el tiempo). Esfuerzo térmico. Termo-elasticidad lineal. Resolución con FEniCS.

Fluidos: Fluidos Newtonianos incompresibles. Sistema de Stokes estacionario. Ecuaciones de Navier-Stokes. Discretización del tiempo. Discretización del espacio. Resolución con FEniCS.

E. DURACIÓN

El curso tendrá una carga horaria de CIEN (100) horas.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



F. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. El cursado prevé la combinación de clases teóricas - expositivas y actividades prácticas. Esto incluye demostraciones durante la clase del funcionamiento de los softwares utilizados en aulas informatizadas.

G. EVALUACIÓN

Para la aprobación del curso se requerirá, además del 80% de asistencia, la ejecución de los trabajos prácticos y la aprobación de un examen final individual.

2. ESTIMULACIÓN HIDRÁULICA DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

A. FUNDAMENTACIÓN

El curso nace como resultado del espacio de Innovación Tecnológica “Soluciones tecnológicas para yacimientos no convencionales”, con el objetivo de profundizar y perfeccionar la oferta de cursos de las carreras de Doctorado ofrecidos en la Universidad, en temáticas específicas de alto interés para el sector público y privado, contribuyendo a la formación de excelencia de profesionales independientes y en relación de dependencia, docentes universitarios, y becarios de investigación de distintas universidades y organismos de ciencia y técnica.

B. JUSTIFICACIÓN

La estimulación hidráulica es una técnica que permite la extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales. Este tipo de hidrocarburos constituyen actualmente una reserva de energía estratégica en Argentina. Forma parte de los temas estratégicos de



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



estudio a nivel nacional e industrial.

C. OBJETIVOS

- Introducir al estudiante en los principios básicos de la estimulación hidráulica, mediante el entendimiento de las características específicas de los sistemas petroleros, los principios básicos de conservación de la mecánica de los fluidos y la importancia de la capacidad de transporte del agente de sostén.
- Brindar formación teórica y práctica en técnicas y herramientas para la resolución de problemas de fluidodinámica aplicada a la industria petrolera; así como formación práctica en utilización de herramientas informáticas vinculadas a la especialidad.

D. CONTENIDOS

Sistemas Petroleros: Definición. Elementos y procesos que lo componen. Características especiales. Migración primaria y secundaria. Yacimientos convencionales y no convencionales. Reservorios tipo Shale-oil / Shale- gas.

Porosidad y Permeabilidad: Características de la roca. Concepto de porosidad y porosidad eficaz. Concepto de permeabilidad. Ley de Darcy. Flujo en medios porosos.

Fluidos de Fractura: Mecánica de los Fluidos. Desarrollo de la ecuación de la conservación de la masa, cantidad de movimiento y energía. Fluidos newtonianos. Tensión de corte y viscosidad. Fluidos no newtonianos. Tensión de corte. Viscosidad y viscosidad relativa. Fluidos de fractura: Base agua, gel lineal y gel activado.

Agente de Sostén: Funcionalidad en la fractura. Tipos de agente de sostén y sus características. Implementación de la práctica recomendada API RP 19 C para la



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



caracterización de las propiedades físicas de los agentes de sostén.

Conductividad en Fractura: Incidencia del empaquetamiento de agente de sostén en la conductividad de la fractura. Monocapa parcial, monocapa total y multicapa. Concentración superficial del agente de sostén. Determinación de conductividad en la fractura. Práctica recomendada API RP 61. Problemáticas actuales en la disposición del transporte del agente de sostén.

Estimulación: Estimulación hidráulica. Pozos verticales y horizontales. Equipamiento de operación: Magnitud de una operación de campo. Blenders. Unidades de hidratación. Bombas desplazamiento positivo. Transporte y almacenamiento de agente de sostén. Cisternas. FracVan.

E. DURACIÓN

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

F. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. El cursado prevé la combinación de clases teóricas - expositivas y actividades prácticas.

G. EVALUACIÓN

Para la aprobación del curso se requerirá, además del 80% de asistencia, la ejecución de los trabajos prácticos y la aprobación de un examen final individual.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



3. GEOMECÁNICA DE RESERVORIOS

A. FUNDAMENTACIÓN

El curso forma parte de los objetivos de la Universidad para profundizar y perfeccionar la oferta de posgrado de la institución, en temáticas específicas de alto interés para el sector público y privado, contribuyendo a la formación de excelencia de profesionales independientes y en relación de dependencia, docentes universitarios, y becarios de investigación de distintas universidades y organismos de ciencia y técnica.

B. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años las rocas generadoras de hidrocarburos han despertado gran interés por su potencial como reservorios no convencionales en Argentina. En la cuenca neuquina uno de estos reservorios, la formación Vaca Muerta, está siendo intensamente explotado en la actualidad. El desarrollo de estas rocas generadoras requiere conocer tanto las propiedades petrofísicas clásicas (porosidad, permeabilidad, saturación de agua, entre otras), como las propiedades mecánicas (módulos elásticos, resistencia, etc.), ya que éstas afectan la manera en que se explotan estos reservorios y el potencial productivo de los mismos. Esto se debe, principalmente, a que estos reservorios poseen muy baja permeabilidad y requieren ser estimulados hidráulicamente para producir de manera rentable. En este contexto, la geomecánica ha tomado preponderancia y es fundamental para lograr un desarrollo eficiente de este tipo de reservorio.

C. OBJETIVOS

- Presentar las características generales de las rocas, buscando las relaciones entre las



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



características formacionales (textura, composición, etc.) y las propiedades mecánicas destacando principalmente las aplicaciones industriales con foco en reservorios no convencionales.

- Brindar los conceptos más importantes de la física y la mecánica de las rocas, incorporando también fundamentos de la mecánica de fractura.
- Proveer de las herramientas y el entrenamiento necesario para llevar adelante de manera independiente proyectos relacionados con la Geomecánica de Reservorios.

D. CONTENIDOS

Geomecánica: Campos de aplicación. Modelos geomecánicos.

Aspectos Geológicos de la Geomecánica: Tipos de rocas: Ígneas, Sedimentarias y Metamórficas. Tectónica de placas y deriva continental. Soterramiento y erosión. Tensiones en el subsuelo. Presión poral. Composición-textura y propiedades mecánicas.

Elasticidad y Plasticidad: Física y mecánica de rocas. Tensiones y deformaciones. Leyes constitutivas. Poro-elasticidad y termo-poro-elasticidad. Anisotropía. Efectos dependientes del tiempo.

Mecanismos de Falla: Tipos de falla. Criterios de falla en 3 dimensiones. Otros efectos.

Estado tensional alrededor de pozos: Estado tensional alrededor del pozo. Solución general alrededor del pozo. Criterios de falla

Determinación de Propiedades Mecánicas y Esfuerzos: Equipamiento de laboratorio. Tipos de ensayos de laboratorio. Determinación de esfuerzos insitu. Estimación de propiedades elásticas en campo (perfiles). Ensayo leak-off. Ensayo mini-frac.

Modelo Geomecánico: Modelo geomecánico 1D. Modelo geomecánico 3D. Campos de



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

aplicación de cada tipo de modelo.

Aplicaciones: Estabilidad de pozo. Fracturamiento hidráulico. Subsistencia. Colapso de casing.

E. DURACIÓN

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

F. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. El cursado prevé la combinación de clases teóricas - expositivas y actividades prácticas.

G. EVALUACIÓN

Para la aprobación del curso se requerirá, además del 80% de asistencia, la ejecución de los trabajos prácticos y la aprobación de un examen final individual.



Ministerio de Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA N° 1776

ANEXO II

**CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO
DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES,
MODALIDAD DE VINCULACIÓN COOPERATIVA
FACULTAD REGIONAL LA PLATA**

Cuerpo Docente

1. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS CON SOFTWARE LIBRE

- Dr. Ariel MEYRA (DNI 23.818.927) *Responsable*
- Dr. Ramiro IRASTORZA (DNI 26.384.476)

2. ESTIMULACIÓN HIDRÁULICA DE YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

- Dr. Matías FERNÁNDEZ (DNI 33.850.527)

3. GEOMECÁNICA DE RESERVORIOS

- Dr. Martín SÁNCHEZ (DNI 28.868.080)
-