



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



## APRUEBA CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

Buenos Aires, 19 de diciembre de 2013

VISTO la presentación de la Facultad Regional Córdoba, a través de la cual solicita la aprobación y autorización de implementación del Curso de Actualización de Posgrado "Métodos Variacionales en Ingeniería", y

### CONSIDERANDO:

Que el curso propuesto responde a la necesidad de brindar a docentes y graduados de la Universidad conocimientos científicos actualizados para los doctorandos en ingeniería.

Que la Facultad Regional Córdoba 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 al propuesto.

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

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

Por ello,



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum del Curso de Actualización de Posgrado para el Doctorado en Ingeniería: "Métodos variacionales en Ingeniería" que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado del mencionado Curso en la Facultad Regional Córdoba con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 3°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1412

Ing. HÉCTOR CARLOS BROTTO  
RECTOR

A.U.S. RICARDO F. O. SALLER  
Secretario del Consejo Superior



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



ORDENANZA Nº 1412

ANEXO I

## CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO MÉTODOS VARIACIONALES EN INGENIERÍA

### 1. FUNDAMENTACIÓN

Todo desarrollo de ingeniería tiene como objetivo final el suplir una necesidad a la sociedad. Por ello es que los productos y servicios ofrecidos deben estar completamente verificados y validados, a fin de minimizar sus riesgos constructivo-operativos y su impacto socioeconómico-ambiental. La validación en laboratorio o in-situ de los productos y/o servicios ha aumentado en complejidad operativa y económica, a punto tal que los precios se ven incrementados por la necesidad de ofrecer seguridad a la sociedad que los demanda. Esta situación, junto con las restricciones económicas derivadas de la escasez de materiales y energía, obligan no sólo a una elevada precisión en los procesos de diseño y producción, sino también al análisis y comparación de múltiples alternativas durante las etapas de decisión y validación. Consecuentemente, durante las últimas décadas, se van difundiendo cada vez más las prácticas de modelado y simulación computacional, favorecidas por el crecimiento que se registra en la potencia de cálculo del hardware computacional. En este contexto, los métodos y principios variacionales tienen un papel fundamental en el Modelado y Simulación Computacional. Dado que simular un sistema es realizar experimentos sobre un modelo del mismo, evitando los costos y peligros que pudieran derivarse de una experimentación directa; resulta obvio entonces que contar con un modelo matemático del problema a analizar y



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



disponer de los conocimientos, procedimientos y capacidades requeridos para simularlo en computadora, constituye un importante apoyo a las tareas de ingeniería y del ingeniero.

Es necesario, por lo tanto, que el ingeniero, cualquiera sea su especialidad, posea los conocimientos y técnicas para poder formular y simular eficientemente los modelos matemáticos de los sistemas que analiza, junto con la capacidad para verificar y validar críticamente tanto los resultados obtenidos como el modelo empleado.

Cabe destacar que la forma variacional de las leyes físicas que gobiernan el comportamiento de los medios continuos es la manera natural y rigurosa de instituirlos. El uso de una formulación variacional permite reducir en una única expresión integral todos los elementos que participan en el modelado del problema que se está analizando, tales como: ecuaciones de equilibrio, ecuaciones constitutivas (comportamiento material), condiciones de contorno, iniciales y continuidad, por nombrar algunas.

Por ejemplo, las formas locales de las ecuaciones que gobiernan el movimiento de un cuerpo pueden ser obtenidas directamente a partir de la propia formulación variacional. A su vez, las formulaciones variacionales proporcionan de manera natural los métodos de resolución para la obtención de soluciones aproximadas. Estos métodos, llamados Métodos Variacionales, permiten determinar soluciones aproximadas muchas veces de fácil implementación computacional independientemente de la complejidad de la geometría del dominio de definición del problema.

Otro aspecto importante de los Métodos Variacionales en la Modelación y Simulación de Problemas en Ingeniería, cuando se los compara con una formulación clásica (local), es la de permitir reunir dentro de un mismo formalismo diferentes problemas aparentemente no relacionados entre sí. Este poder de síntesis, permite distinguir las hipótesis y aspectos

R



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



fundamentales de los modelos que están siendo analizados. Finalmente, los Métodos Variacionales proporcionan, a través de las herramientas del Análisis Funcional, los elementos necesarios al estudio de la existencia, unicidad y regularidad de soluciones y las estimaciones a priori y a posteriori del error de aproximación ocasionado.

Iniciados por Aristóteles, formulados por primera vez en los trabajos célebres de Bernoulli y establecidos definitivamente a partir de los trabajos de D'Alembert, podemos concluir que los Métodos Variacionales tienen un significado mucho más que accidental. De hecho, tienen una importancia fundamental en la construcción de modelos físico-matemáticos, constituyéndose en la formulación natural de los mismos. Esta última característica es debida a que estos métodos se fundamentan en la forma integral de las leyes de conservación de energía, masa y cantidad de movimiento. Por ejemplo, la ecuación variacional de un sólido elástico sometido a un proceso de deformación es obtenida simplemente a partir de establecer el equilibrio entre la potencia interna generada y la potencia externa aplicada, para luego derivar esa expresión integral y arribar a una ecuación variacional que contiene todos los elementos e hipótesis del modelo.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Durante el desarrollo de las carreras de grado en ingeniería, la temática de modelado y simulación computacional es abordada por algunas asignaturas de ciertas especialidades, su enfoque está circunscripto a objetos o problemas específicos donde el modelo matemático a resolver es presentado en su forma final, indicando solamente las hipótesis que se utilizaron en su formulación. Además, como es habitual en los cursos de grado, los modelos se presentan en su forma local, utilizando una ecuación diferencial, donde la ecuación de equilibrio, las condiciones de contorno, el comportamiento material y las condiciones de continuidad son



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



presentadas por separado como si no formaran parte del mismo modelo. En este punto se hace necesario indicar que las formulaciones variacionales permiten escribir de una forma unificada y sintética, todos los elementos constituyentes del modelo, permitiéndole al profesional distinguir claramente las hipótesis de sus consecuencias. A su vez, las materias básicas de formación matemática se enfocan en ecuaciones diferenciales, orientadas principalmente a la obtención de soluciones analíticas, y con pocas aplicaciones en la resolución numérica de tales modelos. Mediante este curso de posgrado se pretende brindar una visión general del proceso de modelado de fenómenos físicos usando Métodos Variacionales y una clara visión de los aspectos relacionados con la verificación de los resultados obtenidos y la validación de los modelos empleados (relación causa-consecuencia durante el modelado). Se pretende, además, ofrecerles a los participantes los conceptos, conocimientos y herramientas básicas necesarias para interpretar los modelos matemáticos existentes, como así también, para desarrollar nuevos. Estructurando los contenidos del curso desde lo general a lo particular, se procura brindar al cursante una visión unificadora del modelado y, en base a la misma, estimular la interacción multidisciplinaria de los participantes.

### 3. OBJETIVOS

Se establece como objetivo general a alcanzar, que el cursante adquiera los conocimientos y desarrolle las habilidades necesarias para formular modelos matemáticos de sistemas físicos basados en formulaciones variacionales y su aplicación en ingeniería.

Ello requiere el logro de los siguientes objetivos específicos:



- Comprender y dominar las técnicas matemáticas de modelación de sistemas continuos.



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



- Conocer los alcances, ventajas y riesgos asociados con la regularidad de las soluciones continuas de modelos basados en formulaciones variacionales. Extender esos conceptos a las soluciones aproximadas (discretas).
- Aplicar los métodos variacionales a la modelización de problemas específicos de ingeniería, interpretando y verificando los resultados; y analizando la validez de los modelos empleados.

#### 4. CONTENIDOS MINIMOS

- Motivación del uso de los Métodos Variacionales en la modelación de problemas de Ingeniería. Conceptos básicos de la Mecánica del Continuo. Conceptos básicos del Algebra Lineal y Análisis Funcional. El problema de la Curva Braquistócrona. Curvas Geodésicas en  $\mathbb{R}^n$ . Problemas de Control de dirección. Problemas Isoperimétricos. Problema de la Mínima Superficie.
- Formalización del Cálculo variacional. Diferencial Gâteaux de un Operador. Diferencial Gâteaux de un Funcional. Lemas de du Bois-Raymon y Lagrange.
- Ecuaciones de Euler. Extremos. Extremos locales. Ecuación de Euler. Casos Especiales de la Ecuación de Euler. Gradiente de un funcional. Problemas Variacionales con Condiciones Subsidiarias. Multiplicadores de Lagrange. Condiciones subsidiarias finitas. Funcionales dependiendo de varias variables independientes. Condiciones naturales de contorno. Variación general de un funcional. Extremos con puntos angulosos. Condiciones de Weierstrass-Erdmann.
- Aplicaciones del Cálculo Variacional a Ingeniería. Principio de Potencia Virtual. Teorema de representación. Aplicación a conducción de calor. Aplicación a sistemas elásticos.

Q



Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



## 5. DURACIÓN

El Curso tendrá una carga horaria de SESENTA (60) horas

## 6. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. Las clases tendrán una modalidad teórico-práctica, donde se expondrán los conceptos teóricos y se realizará la discusión de problemas de aplicación con el propósito de afianzar los conocimientos.

## 7. EVALUACIÓN Y PROMOCIÓN

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





Ministerio de Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



ORDENANZA N° 1412

ANEXO II

**CURSO DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO  
MÉTODOS VARIACIONALES EN INGENIERÍA  
FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA**

***Cuerpo Docente***

- GIUSTI, Sebastián

Doctor en Ciencias del Modelado Computacional, Universidad Federal de Rio de Janeiro - Brasil

Ingeniero Civil, Universidad Tecnológica Nacional

-----