



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

APRUEBA SEMINARIO Y CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

Buenos Aires, 28 de febrero de 2019

VISTO las Resoluciones N° 8/19, 9/19 y 10/19 del Decano Ad-Referendum del Consejo Directivo de la Facultad Regional Concordia, a través de las cuales solicita la aprobación y autorización de implementación del Seminario de Actualización de Posgrado "Introducción a la mecánica de fluidos computacional", y de los Cursos "Mecánica de fluidos computacional con plataforma open-source Salome/ Code_Saturne con aplicaciones en interacción fluido estructura y microfluidica" y "Computación de propósito general en unidades de procesamiento gráfico (GPGPU)", respectivamente, y,

CONSIDERANDO:

Que el Seminario y los Cursos propuestos responden a la necesidad de brindar a docentes y graduados de la Universidad, conocimientos científicos actualizados en el uso de herramientas y métodos para la resolución de problemas.

Que la Facultad Regional Concordia 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,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1º.- Aprobar el currículum del Seminario de Actualización de Posgrado "Introducción a la mecánica de fluidos computacional", y de los Cursos "Mecánica de fluidos computacional con plataforma open-source Salome/ Code_Saturne con aplicaciones en interacción fluido estructura y microfluídica" y "Computación de propósito general en unidades de procesamiento gráfico (GPGPU)" que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTICULO 2º.- Autorizar el dictado de los mencionados Cursos y Seminario en la Facultad Regional Concordia y avalar la propuesta del Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 3º.- 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 4º.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1703

UTN
SCTYP
l.p.
f.c.r.

ING. PABLO ANDRÉS ROSSO
Secretario del Consejo Superior

ING. HÉCTOR EDUARDO AIASSA
RECTOR



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

ORDENANZA N° 1703

ANEXO I

SEMINARIO Y CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO

1. INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

A. FUNDAMENTACIÓN

El término CFD proviene de las siglas del inglés "Computational Fluid Dynamics", lo cual se traduce al español como "Mecánica de Fluidos Computacional". Es una rama de mecánica de fluidos que utiliza procedimientos numéricos por ordenador para resolver ecuaciones de conservación como las ecuaciones de los flujos fluidos. En el mercado existen numerosos softwares de CFD tales como Code_Saturne, OpenFOAM, Fluent, etc. El riesgo reside en su manejo como una caja negra donde se introduce información y se extraen resultados sin conocer unos mínimos fundamentos o sin la capacidad de interpretar su validez. Las técnicas de CFD son complementarias a la teoría y los experimentos, no los sustituyen.

La idea de calcular soluciones aproximadas de ecuaciones diferenciales que describen flujos de fluidos y transferencia de calor es relativamente antigua, incluso más antigua que la aparición de los ordenadores. Sin embargo, el desarrollo de las técnicas numéricas no ha podido ser posible sin el desarrollo de la computación, que hace posible el desarrollo de millones de operaciones en un tiempo del orden de segundos, propiciando una rápida expansión de los métodos numéricos. Las primeras aplicaciones del CFD se remontan a aplicaciones militares. En los años 60 se realizaban estudios de CFD para analizar casos como ondas de choque producidas por una explosión o flujo que circula alrededor de un avión, y más tarde se aplicó a la industria aeroespacial y automoción. Sin embargo, no es



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



hasta la década de 1980 cuando comenzaron a hacerse estudios tridimensionales. En esta misma década es cuando aparecieron los primeros softwares comerciales. En los últimos años la CFD se ha implementado en el campo de la ingeniería de diseño. Las simulaciones ahorran tiempo y dinero en cuanto a la elaboración de prototipos y otras pruebas experimentales. Esto ha provocado que la CFD se aplique a muchas disciplinas en el ámbito del desarrollo, la tecnología.

B. JUSTIFICACIÓN

La utilidad de las herramientas modernas en el modelado y simulación con programas informáticos de simulación CFD son actualmente indiscutibles, permitiendo ensayar de manera virtual diferentes modelos o diseños, esto implica enormes ventajas y beneficios por ahorro de costes de fabricación de prototipos y acortamiento de los tiempos en el desarrollo del producto, dando lugar como consecuencia a una forma de trabajo más competitiva en el ámbito científico y profesional.

A través de este seminario se busca que el alumno comprenda las fortalezas y debilidades de los modelos numéricos y que aprenda a identificar los fenómenos fluido-mecánicos y de transferencia de calor.

C. OBJETIVOS

Objetivo General: introducir al estudiante en el uso de los métodos computacionales y métodos numéricos de aproximación para la solución de problemas de la dinámica de fluidos computacional.

Objetivos Específicos: brindar las herramientas mínimas necesarias para poder usar y desarrollar software relacionado con la resolución de modelos matemáticos muy usados en



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



la Mecánica de fluidos.

D. CONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad I: Introducción: Introducción a modelos. Métodos de discretización. ¿Qué es la dinámica de fluidos computacional (CFD)? ¿Cómo trabaja un código de CFD? Preproceso, solver y postproceso.

Unidad II: Leyes de Conservación de Magnitudes Escalares y Vectoriales: Descripción matemática del fenómeno físico. Ecuación general de transporte. Ecuaciones de conservación de masa y de cantidad de movimiento. Conservación de la energía.

Unidad III: Métodos de Discretización: Breve descripción de los métodos de diferencias finitas y elementos finitos. Método de los volúmenes finitos - *Discretización espacial:* Discretización de los diferentes términos de la ecuación. Condiciones de borde. Mallas no ortogonales. Resolución de la ecuación de Poisson estacionaria - *Discretización temporal:* Término transiente. Esquema explícito: Diferencias hacia adelante o Forward Euler. Esquemas implícitos: Diferencias hacia atrás o Backward Euler, Diferencias centradas o Crank Nicolson. Solución de la ecuación de advección difusión - *Propiedades de la ecuación discretizada:* Conservación, precisión, convergencia, consistencia y estabilidad.

Unidad V: Flujos Incompresibles: Ecuaciones de Navier Stokes. Algoritmos de acoplamiento presión-velocidad: Algoritmo SIMPLE, ecuación para la velocidad y ecuación de corrección para la presión.

E. DURACIÓN

La carga horaria total del seminario es de VEINTE (20) horas.



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



F. METODOLOGÍA

El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico-expositivas y se complementará con prácticas en computadora de resolución de ejercicios.

G. EVALUACIÓN FINAL

Para la aprobación del curso será necesario cumplir con un 80 % de la asistencia, realizar las actividades prácticas en las clases y aprobar un examen final escrito e individual.

2. MECÁNICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL CON PLATAFORMA OPEN-SOURCE SALOME/ CODE_SATURNE CON APLICACIONES EN INTERACCIÓN FLUIDO ESTRUCTURA Y MICROFLUÍDICA

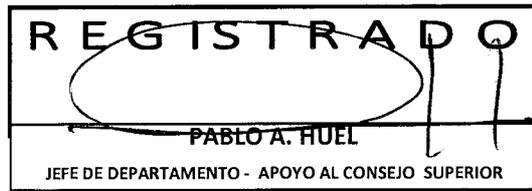
A. FUNDAMENTACIÓN

La Mecánica de Fluidos Computacional es una disciplina de amplia aplicación en muchas áreas de ingeniería (hidráulica, siderúrgica, aeroespacial, nuclear, bioingeniería). La plataforma Salome/Code_Saturne permite abordar la resolución de problemas ingenieriles formulados como sistemas de ecuaciones diferenciales parciales, de forma completa, es decir incorporando las herramientas de pre-procesamiento para definición de las geometrías y los dominios físicos de los problemas, solvers matemáticos avanzados para ensamblar y resolver los sistemas de ecuaciones resultantes de la aplicación del método numérico de resolución y el pos-procesamiento para la interpretación de los resultados obtenidos. Code_Saturne posibilita la resolución de problemas de Interacción Fluido Estructura, los cuales son un caso especial en donde además de modelar el fluido se debe

f



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



modelar los desplazamientos de un sólido inmerso en el mismo y el acoplamiento (en las dos direcciones) entre ambos medios (fluido-sólido).

En microfluídica se estudia el flujo y transporte de especies en pequeños canales y estructuras microfabricadas en dispositivos que involucran reacciones químicas y/o biológicas con aplicaciones diversas en campos como química analítica, bromatología, control ambiental, o energía.

B. JUSTIFICACIÓN

El estudio y la comprensión detallada de los fenómenos físicos, químicos y biológicos que se presentan en el estudio de las dos aplicaciones mencionadas presentan una elevada complejidad basada tanto en su naturaleza multifísica y multiescala, como también en las dificultades que implican la instrumentación y medición de parámetros físicos, que obstaculizan la obtención de información suficiente para la comprensión integral de los fenómenos y las variables que los afectan. En este marco, la complejidad de los fenómenos requiere de herramientas de modelado matemático y algoritmos de simulación numérica eficientes que permitan una mayor comprensión y un mejor aprovechamiento de dichos fenómenos en los dispositivos, para mejorar sus diseños, aumentar su rendimiento y también poder expandir así su aplicabilidad. Dichos algoritmos, requieren además su implementación en plataformas de cálculo de alto desempeño (HPC), a los fines de obtener resultados en tiempos compatibles con las etapas de I+D de los dispositivos.

C. OBJETIVOS

Objetivo General: familiarizar a los estudiantes con el uso de la herramienta Salome/Code-



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



Saturne en el ámbito de la resolución de problemas de interacción fluido estructura y microfluídica como aplicaciones directrices que motiven futuras exploraciones y desarrollos propios en las temáticas específicas o de interés de cada alumno y sus grupos de pertenencia académica.

Objetivos Específicos:

- Introducir a los alumnos a la utilización de la plataforma Salome/Code-Saturne, historia, metodología, instalación.
- Familiarizar a alumnos con la generación de geometrías y mallas en Salome y desarrollar habilidades básicas de manejo en dicho entorno.
- Familiarizar a alumnos con la resolución de problemas de flujo de fluidos, transporte, e interacción fluido estructura utilizando la plataforma Code-Saturne y desarrollar habilidades básicas de manejo en dicha plataforma.
- Familiarizar a los alumnos con las herramientas de pos-procesamiento de resultados, la interpretación de los mismos y diferentes procesos de validación.
- Introducir a los alumnos en la utilización de la plataforma Salome/Code-Saturne en entornos de HPC (High Performance Computing) para la resolución de problemas computacionalmente muy demandantes.

D. CONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad I: Introducción a Salome: Generación de geometrías - Módulo GEOM. Generación de mallas - Módulo MESH. Pos-procesamiento de resultados - ParaVis.

Unidad II: Introducción a Code Saturne: Capacidades del solver CFD - Interfaz de usuario (GUI). Ecuaciones de gobierno. Discretización espacial y temporal. Condiciones de contorno. Generación de un caso de estudio (Cavidad cuadrada).



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado

Unidad III: Programación de Funciones de Usuario: Acceso a datos de la malla. Definición de condiciones de contorno. Operaciones en paralelo (HPC). Operaciones adicionales de pos-procesamiento

Unidad IV: Modelos de Turbulencia: Descripción de los modelos de turbulencia disponibles. Modelo K-epsilon. Modelo K-omega. Modelo LES. Otros modelos. Ley de pared.

Unidad V: Acoplamiento Interno para la Resolución de Problemas de Interacción Fluido Estructura: Definición de la estructura para acoplamiento interno. Matrices de masa, rigidez y amortiguamiento. Generación de un caso de estudio. VIV (Vortex Induced Vibration) Cilindro.

Unidad VI: Utilizando Code Saturne en Plataformas HPC. Escalabilidad: Acceso remoto al Clúster (CIMEC). Sistema de cola SLURM. Paralelización MPI-OpenMP. Operaciones en paralelo. Medición de escalabilidad - Problema cavidad cúbica.

Unidad VII: Fundamentos de Microfluídica y Transporte a Bajos Números de Reynolds: Orígenes de la microfluídica. Aplicaciones comunes. Técnicas de fabricación y materiales. Microhidrodinámica. Diferentes aproximaciones a la conservación de la cantidad de movimiento. Modelos reducidos. Flujos capilares y en medios porosos. Nociones generales.

Unidad VIII: Modelos Acoplados Flujo – Transporte: Advección-difusión. Electromigración. Reacciones químicas y biológicas. Dispersión Mecánica. Aplicaciones

E. DURACIÓN:

La carga horaria total del curso es de CUARENTA (40) horas.

F. METODOLOGÍA:

El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico, prácticas y de coloquio, realizándose una conceptualización y aplicación inmediata por medio de estudio dirigido y trabajos prácticos sobre la computadora.



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



G. EVALUACIÓN FINAL:

Para la aprobación del curso será necesario cumplir con un 80 % de la asistencia, realizar una serie de guías de trabajos prácticos con asistencia de los docentes, en equipamiento propios (notebooks) y clusters de HPC. Dichos trabajos prácticos consistirán en la resolución de ejemplos concretos de problemas físicos relacionados a la temática mediante la utilización de la plataforma Salome/Code-Saturne. Además deberán aprobar un examen final escrito e individual.

3. COMPUTACIÓN DE PROPÓSITO GENERAL EN UNIDADES DE PROCESAMIENTO GRÁFICO (GPGPU)

A. FUNDAMENTACIÓN

En los últimos años el área de trabajo de HPC ha cambiado de manera importante. Además de los grandes supercomputadores, se ha desarrollado de manera notable el uso de plataformas paralelas altamente potentes, pero de menor costo económico y energético. Entre éstas, se destacan aceleradores de hardware como los procesadores gráficos (GPUs, por su sigla en inglés), que ofrecen capacidades de cómputo impresionantes en comparación con los procesadores tradicionales. A modo de ejemplo, la GPU NVIDIA Tesla P100 dispone del orden de 3500 cores y presenta un impactante pico de desempeño teórico en aritmética de punto flotante de doble precisión de 4.7 teraFLOPS.

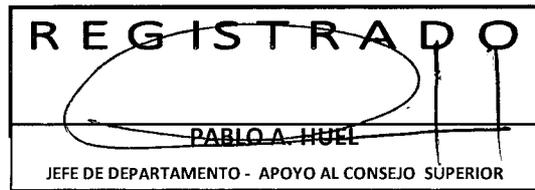
La importancia creciente del uso de GPUs para el cálculo científico fundamenta la importancia de avanzar en la formación académica de esta nueva tecnología.

B. JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó anteriormente, el tema del uso de GPUs se ha difundido en la



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



comunidad de forma vertiginosa. Teniendo en cuenta, además, la importancia del desarrollo de herramientas numéricas eficientes, es clara la importancia de la temática.

C. OBJETIVOS

Objetivo General: introducir al estudiante en el uso de los procesadores gráficos para la resolución de problemas de propósito general.

Objetivos Específicos: apuntan al desarrollo de habilidades para la aplicación de nuevas estrategias de cómputo basadas en plataformas de hardware heterogéneas que incluyen tarjetas gráficas:

- Desarrollar programas masivamente paralelos capaces de ejecutar en GPUs NVIDIA.
- Paralelizar programas secuenciales utilizando GPUs.
- Aplicar distintos conceptos de computación paralela sobre GPUs.
- Explotar de forma eficiente las características de los procesadores gráficos.
- Evaluar y optimizar el desempeño de los programas utilizando las herramientas adecuadas

D. CONTENIDOS MÍNIMOS

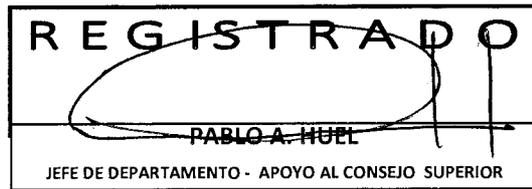
Unidad I: Evolución Histórica de las Tarjetas Gráficas: Breve repaso de la evolución histórica de las tarjetas gráficas. En especial diferentes la evolución en las características relacionadas a capacidad de cómputo, almacenamiento y paradigmas de ejecución y programación.

Unidad II: Aspectos de Arquitectura de las GPUs: Descripción de las principales características de hardware de las GPUs actuales.

Unidad III: Introducción a CUDA: Presentación de CUDA, el framework propuesto por NVIDIA para explotar las GPUs para la resolución de problemas de propósito general. Incluye, entre



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



otros, los conceptos de kernel, grilla, bloque, warp, jerarquía de memoria, divergencia.

Unidad IV: Conceptos Básicos de Paralelismo: Conceptos básicos de paralelismo necesarios para abordar el uso de GPUs. Ramificación, scheduling, división de datos y de tarea, balance de carga, overhead, condición de carrera

Unidad V: Programación CUDA Básico: Desarrollo de los primeros kernels. Abordaje del problema del dimensionado de los kernels-bloques. Estudio de las condiciones de divergencia. Acceso coalesced a memoria global. Memoria compartida, conflictos de banco.

E. DURACIÓN:

La carga horaria total del curso es de TREINTA (30) horas.

F. METODOLOGÍA:

El régimen de cursado previsto es presencial. El curso se desarrollará a través de clases teórico-expositivas, y se complementará con prácticas en computadora de resolución de ejercicios prácticos para favorecer el análisis individual y grupal de problemas.

F. EVALUACIÓN FINAL:

Para la aprobación del curso será necesario cumplir con un 80 % de la asistencia, y aprobar un examen final escrito e individual.



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado



ORDENANZA N° 1703

ANEXO II

**SEMINARIO Y CURSOS DE ACTUALIZACIÓN DE POSGRADO
FACULTAD REGIONAL CONCORDIA**

Cuerpo Docente

1. INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

- Dr. Ing. Pablo Andrés GAMAZO RUSNAC (Pasaporte C584666)

**2. MECÁNICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL CON PLATAFORMA OPEN-SOURCE
SALOME/ CODE_SATURNE CON APLICACIONES EN INTERACCIÓN FLUIDO
ESTRUCTURA Y MICROFLUÍDICA**

- Dr. Ing. Luciano GARELLI (DNI 28.583.851)
- Dr. Bioing. Pablo Alejandro KLER (DNI 27.461.855)

**3. COMPUTACIÓN DE PROPÓSITO GENERAL EN UNIDADES DE PROCESAMIENTO
GRÁFICO (GPGPU)**

- Dr. Ing. Pablo Maximiliano EZZATTI INFANTE (Pasaporte C950880)
- Dr. Ing. Martín Nicolás PEDEMONTE QUINTAS (Pasaporte D201103)
- Dr. Ing. Ernesto DUFRECHOU LASCA (Pasaporte C929184)
