ASIGNATURA DE MÁSTER:

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DE FLUJOS DE FLUIDOS DE INTERÉS INDUSTRIAL

Curso 2016/2017

(Código:28801335)

1.PRESENTACIÓN

La línea de investigación *Simulación computacional de flujos de fluidos de interés industrial* en la que se encuadra el Trabajo Fin de Máster es una de las que lleva a cabo el grupo de investigación de Mecánica de Fluidos Computacional del Departamento de Mecánica. La línea se ha centrado en el estudio de la fluidodinámica de flujos interfaciales. Concretamente los estudios llevados a cabo por el grupo investigador se enmarcan en los siguientes campos:

- Proceso de llenado del molde en los procesos de fundición por inyección a alta presión,
- Impacto de gotas sobre superficies sólidas que tiene lugar en procesos de recubrimiento.

En ambos casos se trata de flujos de gran complejidad, debido entre otros factores a la forma que adopta la superficie de separación de los dos fluidos y al salto brusco de propiedades (relación de densidades del orden de 1000) que se produce a través de dicha superficie. Parte de la actividad se ha centrado en el desarrollo métodos numéricos avanzados para la simulación de flujos interfaciales Concretamente se han desarrollado métodos de tipo 'VOF' y 'level set' que se encuentran entre los más precisos de su categoría publicados recientemente.

A título de ejemplo, a continuación se presentan algunos de los proyectos de investigación y publicaciones en las que ha participado el grupo de investigación en esta línea:

Proyectos:

- *Título:* Métodos avanzados de simulación numérica del impacto de gotas sobre superficies en problemas de recubrimiento. *Entidad financiadora:* Ministerio de Educación y Ciencia, DPI2007-63275. *Duración*: 2007-2010.
- *Título:* Desarrollo de modelos de simulación de flujos interfaciales en procesos de fundición. *Entidad financiadora:* Ministerio de Educación y Ciencia, DPI2004-08198. *Duración:* 2004-2007.

Publicaciones:

- J. López, C. Zanzi, P. Gómez, R. Zamora, F. Faura, J. Hernández, An improved height function technique for computing interface curvature from volume fractions, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 198, Issues 33-36, pp. 2555-2564, 2009, doi: doi:10.1016/j.cma.2009.03.007.
- J. López, J. Hernández, "Analytical and Geometrical Tools for 3D Volume of Fluid Methods in General Grids, *Journal of Computational Physics*, 227(12), pp. 5939-5948, 2008, doi: DOI:10.1016/j.jcp.2008.03.010.
- J. López, C. Zanzi, P. Gómez, F. Faura, J. Hernández, A new volume of fluid method in three dimensions - Part II: Piecewise-planar interface reconstruction with cubic-Bézier fit, *International Journal for Numerical Methods in Fluids,* 2008, doi: 10.1002/fld.1775
- J. Hernández, J. López, P. Gómez, C. Zanzi, F. Faura, A new volume of fluid method in three dimensions - Part I: Multidimensional advection method with face-matched flux polyhedra, *International Journal for Numerical Methods in*

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
3FCF941C0025B8F90788B8786ECB84D1

Fluids, 2008, 10.1002/fld.1776

- Hernández, J., López, J., Gómez, P., Zanzi, C., “Simulation of three-dimensional incompressible two-phase flows using an improving PLIC-VOF method”, Euromech Colloquium 479 - Numerical Simulation of Multiphase Flow with Deformable Interfaces, Scheveningen, Países Bajos, 14-16 de agosto de 2006.

- Zanzi, C., Gómez, P., Palacios, J., López, J., Hernández, J., “Influence of the wave shape on the impact of shallow-water wave on vertical walls”, *ASME 2006 Joint U.S.-European Fluids Engineering Summer Meeting*, ISBN 0-7918-3783-1, Miami (Florida), USA, 17-20 de julio de 2006.

- J. López, J. Hernández, P. Gómez, F. Faura, "An Improved PLIC-VOF Method for Tracking Thin Fluid Structures in Incompressible Two-Phase Flows", Journal of Computational Physics, 208(1), pp. 51-74, 2005.

- P. Gómez, J. Hernández, J. López, "On the reinitialization procedure in a narrow-band locally-refined level set method for interfacial flows", International Journal for Numerical Methods in Engineering, 63(10), pp. 1478-1512, 2005.

- J. Hernández, B. Zamora, "Effects of variable properties and nonuniform heating on natural convection flows in vertical channels", International Journal of Heat and Mass Transfer, 48(3-4), pp. 793-807, 2005.

- Gómez, P., Zanzi, C., López, J., Hernández, J., “Visualization and numerical simulation of the impact of shallow-water waves on walls”, *2005 ASME Fluids Engineering Summer Meeting and Exhibition*, ISBN: 0-7918-3760-2, Houston (Texas), USA, 19-23 de junio de 2005.

- J. López, J. Hernández, F. Faura, P. Gómez, "A 3D Multidimensional VOF Advection Algorithm based on Edge-Matched Flux Polyhedrons", The 8th *ESAFORM Conference on Material Forming*, Cluj-Napoca, Romania, April 27-29, 2005.

- R. Zamora, J. Hernández, J. López, F. Faura, P. Gómez, "Numerical and Experimental Study of Interface Dynamics and Air Entrapment in Diecasting Injection Chambers", The 8th *ESAFORM Conference on Material Forming*, Cluj-Napoca, Romania, April 27-29, 2005.

- J. López, J. Hernández, P. Gómez, F. Faura, "A Volume of Fluid Method Based on Multidimensional Advection and Spline Interface Reconstruction", Journal of Computational Physics, 195(2), pp. 718-742, 2004.

- P. Gómez, J. Hernández, J. López, "Simulación Numérica de la Inestabilidad de Rayleigh-Taylor Mediante un Método `Level Set' de Banda Estrecha con Refinamiento Local", *VI Congreso de Métodos Numéricos en Ingeniería*, Lisboa, Portugal, 2004.

2.CONTEXTUALIZACIÓN

La línea de investigación Simulación computacional de flujos de fluidos de interés industrial, dentro de la cual se puede realizar el Trabajo Fin de Máster, es una de las cinco líneas ofertadas desde el Departamento de Mecánica dentro del Máster Universitario en Investigación en Tecnologías Industriales.

La realización del Trabajo Fin de Máster en la línea de investigación *Simulación computacional de flujos de fluidos de interés industrial* permitirá consolidar los conocimientos adquiridos por los estudiantes en el estudio de las asignaturas del itinerario en Ingeniería Mecánica. También permitirá a los estudiantes profundizar en los conocimientos más específicos relacionados con la simulación numérica y con mecánica de fluidos adquiridos en los estudios de grado y en las asignaturas *Métodos computacionales en ingeniería* y *Simulación numérica de flujos de fluidos en ingeniería* en los Módulos I y II del Máster, respectivamente. Por otro lado, la elaboración de este trabajo permitirá al estudiante adquirir las habilidades y conocimientos necesarios para alcanzar la suficiencia investigadora.

3.REQUISITOS PREVIOS RECOMENDABLES

Para poder realizar el Trabajo Fin de Máster en la línea de investigación sobre *Simulación computacional de flujos de fluidos de interés industrial*, el estudiante ha de seleccionar las asignaturas a cursar de acuerdo a las siguientes directrices:

1. MODULO I (4 asignaturas).
   OBLIGATORIAS: Las 4 asignaturas del Módulo.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
3FCF941C0025B8F90788B8786ECB84D1

2. MODULO II del Itinerario en Ingeniería Mecánica (3 asignaturas).
   OBLIGATORIAS: Las 3 asignaturas del Módulo.

3. MODULO III del Itinerario en Ingeniería Mecánica (10 asignaturas)
   OBLIGATORIAS: Biodinámica y biomateriales
   OPTATIVAS: Una de las 9 asignaturas restantes.

Para la inicialización del Trabajo no es condición necesaria que haya tenido que aprobar previamente ninguna de las asignaturas del Máster, pero sí que es necesario en la práctica que domine muchos de los conceptos impartidos en algunas de las asignaturas asignadas a la línea de investigación, y fundamentalmente de la asignatura del MODULO II del Itinerario en Ingeniería Mecánica denominada *Simulación numérica de flujos de fluidos en ingeniería.*

Además es necesario tener conocimientos suficientes de inglés técnico.

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

La realización del Trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

- Consolidar los conocimientos adquiridos y profundizar en el estudio de la simulación numérica de flujos de fluidos en ingeniería.
- Conocer y aplicar las metodologías de investigación tecnológica en este campo de la ingeniería.
- Familiarizarse con las técnicas de simulación y experimentación empleadas en la investigación.
- Conocer y aplicar las técnicas de interpretación y validación de los resultados de la actividad investigadora.

5.CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA

Como Trabajo Fin de Máster el estudiante realizará un trabajo de investigación dentro de esta línea de investigación. El campo de trabajo puede ser alguno de los desarrollados en esta línea (ver Presentación) o bien puede elegir uno distinto.

El tema del Trabajo y sus contenidos serán acordados previamente con el Equipo Docente. Con carácter general la elaboración del Trabajo abordará los siguientes aspectos:

- Selección y definición del campo específico de estudio.
- Análisis del estado del arte mediante revisión bibliográfica.
- Descripción del problema, y definición de los objetivos del Trabajo y de la metodología que se utilizará.
- Discusión de resultados y comparación, en su caso, con los existentes en la literatura.
- Descripción y justificación de las aportaciones realizadas.
- Conclusiones.

6.EQUIPO DOCENTE

- PABLO JOAQUIN GOMEZ DEL PINO
- JULIO HERNANDEZ RODRIGUEZ
- CLAUDIO ZANZI .

7.METODOLOGÍA

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
3FCF941C0025B8F90788B8786ECB84D1

El marco en el que se desarrollará el curso será el Curso Virtual, que constituirá la herramienta principal de comunicación entre los estudiantes y el equipo docente y de los estudiantes entre sí. No obstante, dado el carácter de la presente asignatura, para fijar los distintos aspectos que han de abordarse en el Trabajo y recibir orientaciones concretas sobre el desarrollo de éste, se podrá acordar con el equipo docente la realización de seminarios y tutorías en línea o presenciales.

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9780070016859
Título: COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS: THE BASICS WITH APPLICATIONS (1995)
Autor/es: John D., Anderson, Jr. ;
Editorial: McGraw Hill

Buscarlo en libreria virtual UNED

Buscarlo en bibliotecas UNED

Buscarlo en la Biblioteca de Educación

Buscarlo en Catálogo del Patrimonio Bibliográfico

9.BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Comentarios y anexos:

- Aris, R., Vectors, Tensors, and the Basic Equations of Fluid Mechanics, Dover, 1962.
- Baker, A.J., Finite Element Computational Fluid Dynamics, Hemisphere, 1983.
- Batchelor, G.K., An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, 1967.
- Crespo, A., Mecánica de fluidos, Sección de Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 1997.
- Cuvelier, C., Segal, A. y Van Steenhoven, A.A., Finite Element Methods and Navier-Stokes Equations, Reidel, 1986.
- Ferziger, J.H., y Peric, M., Computational Methods for Fluid Dynamics, Segunda edición, Springer-Verlag, 1999.
- Fletcher, C.A.J., Computational Techniques for Fluid Dynamics, Vols. I y II, Springer-Verlag, 1991.
- Gresho, Ph.M., The Finite ElementMethod in Viscous Incompressible Flows, Lecture Notes in Engineering, Vol. 43, pp. 148-190, Springer, 1989.
- Hirsch, C., Numerical Computation of Internal and External Flows, John Wiley and Sons, Vols. 1 y 2, 1988.
- Hoffmann, K.A., y Chiang, S.T., Computational Fluid Dynamics, 4a Edición, Vols. I a III, Engineering Education Systems, 2000.
- Liñán, A., Mecánica de Fluidos, Publicaciones de la ETS de Ingenieros Aeronáuticos, 1967.
- Peyret, R., and Taylor, T.D., Computational Methods in Fluid Flow, Springer- Verlag, 1983.
- Pironneau, O., Finite Element Methods for Fluids, John Wiley and Sons, 1989.
- Wendt, J.F. (Editor), Computational Fluid Dynamics. An Introduction, Springer- Verlag, 1992.
- Wilcox, D.C., Turbulence Modeling for CFD, CDW Industries, Inc., La Cañada, California, 1994.

A continuación se presenta un listado de revistas científicas, dentro de las que se puede acceder desde la UNED, que el estudiante puede consultar:

- Annual review of fluid mechanics.
- Computers & fluids.
- Journal of computational physics.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
3FCF941C0025B8F90788B8786ECB84D1

- Journal of fluid Mechanics.
- Journal of fluids engineering.
- International journal for numerical methods in fluids.
- International Journal of Computational Fluid Dynamics.
- International journal of heat and fluid flow.
- International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow.
- Physics of Fluids.

10.RECURSOS DE APOYO AL ESTUDIO

En el Departamento de Mecánica se dispone de medios de cálculo que pueden utilizarse para llevar a cabo simulaciones numéricas, para lo que deberá contactarse con el equipo docente.

11.TUTORIZACIÓN Y SEGUIMIENTO

La tutorización y el seguimiento de los aprendizajes se realizarán a través del curso virtual. También se pueden realizar consultas presenciales a los profesores del Equipo Docente en el siguiente horario:

D. Julio Hernández Rodríguez
Lunes, de 16,00 a 20,00 h.
Depto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.45
Tel.: 91 398 64 24
Correo electrónico: jhernandez@ind.uned.es

D. Pablo Gómez del Pino
Miércoles, de 16 a 20 h.
Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.39
Tel.: 91 398 79 87
Correo electrónico: pgomez@ind.uned.es

D. Claudio Zanzi
Lunes, de 16 a 20 h.
Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales. Despacho 1.42
Tel.: 91 398 89 13
Correo electrónico: czanzi@ind.uned.es

12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

Se llevará a cabo una evaluación continua del Trabajo del estudiante mediante un seguimiento por parte del Equipo Docente de las distintas fases de elaboración del Trabajo. Una vez acabado el Trabajo, el estudiante realizará una exposición presencial de su contenido.

En la evaluación final del Trabajo se tendrán en cuenta los siguientes aspectos generales:

- Interés del tema del Trabajo;
- Relevancia y actualidad de la bibliografía consultada;
- Complejidad del problema físico objeto de estudio;
- Coherencia, claridad y precisión de los objetivos planteados;
- Adecuación y justificación de las hipótesis planteadas y de la metodología utilizada
- Otros criterios relacionados con la claridad formal y expositiva y la coherencia global del proyecto, tanto en su presentación escrita como en su defensa presencial.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
3FCF941C0025B8F90788B8786ECB84D1

13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.

Ámbito: GUI - La autenticidad, validez e integridad de este documento puede ser verificada mediante el "Código Seguro de Verificación (CSV)" en la dirección https://sede.uned.es/valida/
3FCF941C0025B8F90788B8786ECB84D1