

**SOLICITUD DE PRÓRROGA  
DE PERSONAL ACADÉMICO**

SECRETARIO GENERAL

M. EN C. Q. NORBERTO MANJARREZ ÁLVAREZ

FECHA	DÍA	MES	AÑO
	17	03	2017

CONFORME A LO PREVISTO EN EL REGLAMENTO DE INGRESO, PROMOCIÓN Y PERMANENCIA DEL PERSONAL ACADÉMICO ARTÍCULOS 151 BIS, 156, 156-12 SE SOLICITA LA SIGUIENTE PRÓRROGA:

CONCURSO DE EVALUACIÓN CURRICULAR <input type="checkbox"/>	PERSONAL ACADÉMICO VISITANTE <input checked="" type="checkbox"/>	PERSONAL ACADÉMICO QUE OCUPA CÁTEDRA <input type="checkbox"/>
No. DE CONVOCATORIA _____	FOLIO VISITANTE O CATEDRÁTICO PV.A.CBI.a.004.17	
NOMBRE DE LA CÁTEDRA _____		
APELLIDO PATERNO SIGALOTTI	APELLIDO MATERNO DIAZ	NOMBRE (S) LEONARDO DI GIROLAMO
UNIDAD AZCAPOTZALCO		División CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
DEPARTAMENTO CIENCIAS BASICAS		
CATEGORÍA Y NIVEL TITULAR "C"		TIEMPO DE DEDICACIÓN COMPLETO
HORARIO LU. A VI. DE 08:00 A 16:00 HRS.		
FECHA DE INICIO DE LA CONTRATACIÓN	DÍA 01	MES 06
	AÑO 2016	
FECHA DE TÉRMINO DE LA CONTRATACIÓN	DÍA 31	MES 05
	AÑO 2017	
FECHA DE INICIO DE LA PRÓRROGA	DÍA 01	MES 06
	AÑO 2017	
FECHA DE TÉRMINO DE LA PRÓRROGA	DÍA 31	MES 05
	AÑO 2018	
No. DE PLAZA DEFINITIVA QUE CUBRE (sólo en caso de evaluación curricular)		

ACTIVIDADES A REALIZAR

DOCENCIA: IMPARTIR UEA DE FÍSICA DEL TRONCO GENERAL, TALES COMO: INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA I, CINEMÁTICA Y DINÁMICA DE PARTICULAS, TERMODINÁMICA, FÍSICA MODERNA, CALCULO DIFERENCIAL, CÁLCULO INTEGRAL Y VARIABLE COMPLEJA, IMPARTIR UEA DE POSGRADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA DE MATERIALES Y SEMINARIOS DIRIGIDOS A ESTUDIANTES DE LICENCIATURA Y DE POSGRADO SOBRE MECÁNICA DE FLUIDOS, FLUIDOS MULTIFÁSICOS Y SISTEMAS COMPLEJOS. PUBLICAR ARTÍCULOS DE ENSEÑANZA EN FÍSICA DE SISTEMAS COMPLEJOS Y FÍSICA DE PROCESOS IRREVERSIBLES. INVESTIGACIÓN: APOYAR LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL ÁREA DE FÍSICA DE PROCESOS IRREVERSIBLES A TRAVÉS DE SUS PROYECTOS, VINCULADOS CON SU PROGRAMA DE FENÓMENOS CRÍTICOS, APROBADOS POR EL CONSEJO DIVISIONAL DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA, CON LAS ACTIVIDADES SIGUIENTES: a) COMPLETAR UN SIMULADOR DE YACIMIENTOS FRACTURADO BASADO EN LA TÉCNICA DE SIMULACIÓN NUMÉRICA SPH (DEL INGLÉS: SMOOTHED PARTICLE HYDRODYNAMICS), b) ANALIZAR EL FENÓMENO DE PRESIÓN DE BÚRBUJA, c) ESTUDIAR EL PROBLEMA MATEMÁTICO DE CONSISTENCIA EN EL MÉTODO SPH, d) ANALIZAR EL PROBLEMA DE DIFUSIÓN Y DISPERSIÓN ANISOTRÓPICA EN MEDIOS POROSOS NO SATURADOS USANDO LA TÉCNICA DE SIMULACIÓN SPU, e) ESTUDIAR LA DESCOMPOSICIÓN ESPINODAL Y EXPLOSIÓN POR VAPORIZACIÓN DE GOTAS DE AGUA EN MICROGRAVEDAD, f) COLABORAR CON EL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE INESTABILIDADES DE FARADAY EN MEDIOS LÍQUIDOS VIBRADOS, g) COMPLETAR LA ESCRITURA DE UN LIBRO CON TÍTULO: MATHEMATICAL FOUNDATIONS OF SMOOTHED PARTICLE HYDRODYNAMICS, DIRIGIDO A CURSOS DE POSGRADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA, h) PUBLICAR ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN EN REVISTAS INTERNACIONALES DE ALTO IMPACTO SOBRE LOS TEMAS EN LOS PUNTOS (a-f), i) CONCLUIR DURANTE EL TRIMESTRE 16P DOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DE DOS ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA DE INGENIERÍA FÍSICA, j) IMPARTIR SEMINARIOS DE INVESTIGACIÓN DE TEMAS DE SISTEMAS COMPLEJOS DIRIGIDOS AL PERSONAL ACADÉMICO DEL ÁREA DE FÍSICA DE PROCESOS IRREVERSIBLES Y DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA, k) FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS, A PARTIR DE LA IMPARTICIÓN DE LOS SEMINARIOS Y EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN PROPUESTA SE ESTIMULARÁ EL INTERÉS DE ALUMNOS DE LICENCIATURA Y POSGRADO Y PROFESOR

DOCUMENTOS QUE ANEXA

DOCUMENTOS PROBATORIOS DE LA SUBSISTENCIA DE LA NECESIDAD ACADÉMICA   
PROYECTO DE CONTRATO ANTERIOR

FORMA MIGRATORIA (FM)   
INFORME DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS   
PASAPORTE

DIRECTOR DE DIVISIÓN

DRA. MARÍA DE LOURDES DELGADO NÚÑEZ  
NOMBRE Y FIRMA

JEFE DE DEPARTAMENTO

DR. ALBERTO RUBIO PONCE  
ENCARGADO  
NOMBRE Y FIRMA

Para uso exclusivo de los Profesores Visitantes y de Cátedra

Aprobada en la Sesión No. \_\_\_\_\_  
del Consejo Divisional de fecha 

DÍA	MES	AÑO
-----	-----	-----

PRESIDENTE DEL CONSEJO DIVISIONAL

DRA. MARÍA DE LOURDES DELGADO NÚÑEZ  
NOMBRE Y FIRMA

DCB-207.17.  
17 de marzo de 2017.

**Dra. Ma. de Lourdes Delgado Núñez**  
Presidenta del Consejo Divisional de la  
División de Ciencias Básicas e Ingeniería  
P r e s e n t e

Por este conducto solicito atentamente a Usted, incluir en el orden del día del próximo Consejo Divisional, la solicitud de prórroga de contratación como Profesor Visitante del **Dr. Leonardo Di Girolamo Sigalotti Díaz**, por un año a partir del 01 de junio del 2017. El recurso a utilizar es:

< 2544 >.

Anexo al presente la carta de solicitud del M. en C. Carlos Alejandro Vargas, Jefe del Área de Física de Procesos Irreversibles, así como el informe de actividades, el plan de trabajo y el curriculum vitae que presenta el Dr. Sigalotti Díaz.

“Atentamente”  
<Casa Abierta al Tiempo>

( **Dr. Alberto Rubio Ponce**  
Encargado del Departamento de  
Ciencias Básicas



Ccp. Mtra. Teresa Merchand Hernández - Secretaria Académica de C.B.eI.

**Informe parcial de actividades de Leonardo Sigalotti.  
Profesor Visitante (1 de Junio de 2016 – 31 de Mayo de 2017)  
Departamento de Ciencias Básicas.  
Área de Física de Procesos Irreversibles.**

Período: 1 de Junio de 2016 - 17 de Marzo de 2017

### **Impartición de UEA**

1. Termodinámica. Trimestre 16P.
2. Introducción a la Física. Trimestre 16P.
3. Proyecto de Integración en Ingeniería Física I. Trimestre 16P.
4. Introducción a la Física. Trimestre 16O.
5. Termodinámica. Trimestre 16O.
6. Dinámica del Cuerpo Rígido. Trimestre 17I (en curso).
7. Termodinámica. Trimestre 17I (en curso).

### **Asesorías Proyectos de Integración en Ingeniería Física**

1. Análisis de la Consistencia y Convergencia del Método Numérico de Hidrodinámica de Partículas Suavizadas (SPH). Estudiante: Luis Ángel Pascual Hernández (en colaboración con el Prof. C. A. Vargas).
2. Colapso Gravitacional de Núcleos de Gas Proto-Estelar. Estudiante: Jazmin Jamillet Pérez Aparicio.

### **Asesorías Tesis Doctorales**

Análisis de Flujos Multifásicos en Medios Porosos Utilizando el Método SPH. Estudiante: M.I.Q. Carlos Enrique Alvarado Rodríguez. Universidad de Guanajuato (División de Ciencias Naturales y Exactas). (Febrero 2017).

## Asesoría Servicio Social

Proyecto de Servicio Social: Calibración de Códigos Numéricos Hidrodinámicos para Aplicaciones a Problemas de Ingeniería. Estudiante: Jazmín Jamillet Pérez Aparicio. (Junio-Diciembre 2016).

## Elaboración de Material Didáctico

Preparación de notas sobre los Fundamentos Matemáticos del Método SPH en el marco de la UEA de Postgrado: Modelado de Procesos Complejos (Trimestre 150). Dichas notas se están actualmente ampliando y transcribiendo en latex con el objeto de producir un libro de texto en inglés cuyo título tentativo es: **Mathematical Foundations of Smoothed Particle Hydrodynamics**. (en curso).

Colaboradores: C. A. Vargas (UAM-A), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS)

## Publicaciones

1. J. Klapp, L. Di G. Sigalotti, A. Medina, A. López, G. Ruiz Chavarría (Eds.) **Recent Advances in Fluid Dynamics with Environmental Applications** (Environmental Science and Engineering), Springer, ISBN-13: 978-3319279640, ISBN-10: 3319279645. 2016, 506 p. Julio 27, 2016. (Libro).
2. L. Di G. Sigalotti, J. Klapp, O. Rendón, C. A. Vargas, F. Peña-Polo, 2016, **On the Kernel and Particle Consistency in Smoothed Particle Hydrodynamics**, Applied Numerical Mathematics, 108, 242-255. (Corresponding author).
3. J. M. Ramírez-Velasquez, J. Klapp, R. Gabbasov, F. Cruz, L. Di G. Sigalotti, 2016, **Impetus: New Cloudy's Radiative Tables for Accretion onto a Galaxy Black Hole**, The Astrophysical Journal Supplement Series, 226(2), doi: 10.3847/0067-0049/226/2/22.

4. H. Zambrano, L. Di G. Sigalotti, F. Peña-Polo, J. Klapp, 2017, **Heavy Oil Slurry Transportation Through Horizontal Pipelines: Experiments and CFD Simulations**, *International Journal of Multiphase Flow*, 91, 130-141. (Corresponding author).
5. R. Gabbasov, L. Di G. Sigalotti, J. Klapp, F. Cruz, J. M. Ramírez-Velasquez, 2017, **Consistent SPH Simulations of Protostellar Collapse and Fragmentation**, *The Astrophysical Journal*, 835:287 (25 pp), doi:10.3847/1538-4357/aa5655. (Corresponding author).
6. J. M. Ramírez-Velasquez, J. Klapp, R. Gabbasov, F. Cruz, L. Di G. Sigalotti, 2017, **The IMPETUS Project: Using ABACUS for the High Performance Computation of Radiative Tables for Accretion onto a Galaxy Black Hole**, in *Recent Developments in High Performance Computing: Communications in Computer and Information Science*, Vol. 697 (eds. C. J. Barrios et al.), Springer-Verlag (en prensa).
7. J. Becerra-Sagredo, L. Di G. Sigalotti, J. Klapp, 2017, **A Particle Method for Fluid-Structure Interaction Simulations in Multiple GPUs**, in *Recent Developments in High Performance Computing: Communications in Computer and Information Science*, Vol. 697 (eds. C. J. Barrios et al.), Springer-Verlag (en prensa).
8. F. Peña-Polo, C. A. Vargas, B. Vásquez-González, A. Medina, L. Trujillo, J. Klapp, L. Di G. Sigalotti, 2017, **Faraday Wave Patterns on a Square Cell Network**, *Experiments in Fluids* (en prensa). (Corresponding author).

**Trabajos enviados a publicación (en revisión):**

9. C. E. Alvarado-Rodríguez, J. Klapp, L. Di G. Sigalotti, J. M. Domínguez, F. I. Gómez-Castro, E. de la Cruz Sánchez, 2017, **Nonreflecting Outlet Boundary Conditions for Incompressible Flows Using SPH**, *Computers & Fluids*, en revisión.

10. L. Trujillo, A. Meyroneinc, K. Campos, O. Rendón, L. Di G. Sigalotti, 2017, **Autonomous Choices among Deterministic Evolution-Laws as Source of Uncertainty**, Proceedings of the Royal Society of London A, en revisión.
11. O. Rendón, L. Di G. Sigalotti, N. Hernández, J. Klapp, 2017, **An Asymptotic Expansion for the Semi-infinite Sum of Dirac- $\delta$  Functions**, Mathematical Methods in the Applied Sciences, en revisión. (Corresponding author).
12. L. Di G. Sigalotti, O. Rendón, J. Klapp, C. A. Vargas, K. Campos, 2017, **A New Insight into the Consistency of the SPH Interpolation**, SIAM Journal on Numerical Analysis, en revisión (Corresponding author).
13. L. Di G. Sigalotti, C. E. Alvarado-Rodríguez, J. Klapp, 2017, **Application of Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) to Flow Simulations in Oil Reservoir Rocks**, International Journal of Petrochemical Science & Engineering, en revisión, (Corresponding author), (Invited Review Paper).

#### Trabajos en preparación:

14. F. Peña-Polo, C. A. Vargas, J. Klapp, B. Vásquez-González, L. Di G. Sigalotti, 2017, **Faraday Wave Patterns on Cell Networks: Effects of Varying the Cell Geometry and Size**, Journal of Fluid Mechanics, en preparación.
15. L. Di G. Sigalotti, C. E. Alvarado-Rodríguez, J. Klapp, 2017, **Modeling Anisotropic Dispersion with a Consistent SPH Method**, International Journal of Numerical Methods in Engineering, en preparación.
16. L. Di G. Sigalotti, R. Gabbasov, O. Rendón, 2017, **SPH Consistency and the Jeans Mass Condition**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, en preparación.

17. J. M. Ramírez-Velasquez, L. Di G. Sigalotti, J. Klapp, R. Gabbasov, F. Cruz, 2017, **Consistent SPH Calculations of 3D Spherical Accretion onto a Black Hole**, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, en preparación.
18. J. Troconis, L. Di G. Sigalotti, J. Klapp, 2017, **Evaporation of Micrometric Water Drops**, Physical Review E, en preparación.
19. L. Di G. Sigalotti, A. Pascual Hernández, C. A. Vargas, J. Klapp, 2017, **Stability Study of SPH Approximations for Heat Conduction**, Numerical Heat Transfer, en preparación.
20. R. Gabbasov, J. J. Pérez-Aparicio, L. Di G. Sigalotti, J. Klapp, F. Cruz, J. M. Ramírez-Velasquez, 2017, **Radiation SPH Models of Protostellar Disk Fragmentation into  $\sim 100$  AU Separation Binary Protostars**, The Astrophysical Journal, in preparation.

### Conferencias Impartidas y Participación en Congresos

1. Conferencia Invitada. “El Enfoque Big Data en Algunas Aplicaciones en Ingeniería”, Seminario Big Data, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (UAM-A) (9 de junio de 2016).
2. Conferencia Invitada. “A New Insight into the Consistency of Smoothed Particle Hydrodynamics”, XXII Congreso de la División de Dinámica de Fluidos (14-16 de noviembre de 2016, Uxmal, Yucatán).

### Proyectos.

- Construcción de un Simulador para Yacimientos Fracturados basado en la Técnica de Simulación Numérica SPH

Se completó el desarrollo matemático y la derivación de las ecuaciones diferenciales y relaciones constitutivas para el tratamiento de fluidos multifásicos usando Teoría de Mezclas y Teoría de Multifluidos.

Se completó el desarrollo algorítmico referente a la discretización SPH del módulo basado en Teoría de Mezclas.

Se programó el módulo basado en Teoría de Mezclas usando como plataforma el código SPH DualSPHysics y actualmente se efectuó la calibración de este módulo.

Se está desarrollando el algoritmo para la caracterización del flujo que debería servir de input al módulo multifásico para la simulación de yacimientos.

Se completó el desarrollo matemático para el tratamiento de las integrales de transferencia en SPH para el módulo Multifluídico.

Colaboradores: C. E. Alvarado-Rodríguez (Universidad de Guanajuato), J. Becerra (Cinvestav-ABACUS), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS), L. Trujillo (IVIC), C. A. Vargas (UAM-A), G. Odriozola (UAM-A), M. Gómez-Gesteira, A. Barreira y J. M. Domínguez (Universidad de Vigo, EPhysLab), A. Medina-Ovando (ESIME-IPN).

- Simulación Numérica de la Dinámica de Gotas Líquidas

Se completó el desarrollo del modelo termo-fluídico para el tratamiento de gotas de agua con el método SPH. Actualmente se está incorporando el modelo a un código SPH 2D para el estudio de la descomposición espinodal, nucleación homogénea y evaporación explosiva de micro-gotas de agua en condiciones de micro-gravedad con coeficientes de transporte dependientes de la temperatura. (Trabajo en curso).

Se implementó el tratamiento de las condiciones de contorno para el estudio de la interacción de líquidos con superficies sólidas calientes (nucleación heterogénea).

Colaboradores: J. Troconis (IVIC), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS), F. Peña-Polo (IVIC), G. Odriozola (UAM-A), E. Sira (IVIC).



- **Estudio Experimental de la Formación de Inestabilidades de Faraday en Reticulados de Celdas**

En este proyecto experimental se estudia la formación de patrones de Faraday para sistemas reticulados de celdas vibrados verticalmente. Se quiere determinar (a) los rangos de amplitudes y frecuencias del vibrador para los cuales se observan patrones regulares, dominios mixtos e inestabilidades no lineales, (b) los efectos de la geometría y tamaño de las celdas, y (c) los efectos del material y la influencia del menisco.

Se diseñó, se instaló y se calibró el montaje experimental en el Laboratorio de Dinámica y Vibraciones del Área de Ingeniería Mecánica de la UAM-A en colaboración con el Área de Física de Procesos Irreversibles.

Se realizaron experimentos para celdas cuadradas y triangulares usando como líquido agua destilada dopada con azul de metileno.

Se completó el análisis de resultados para el caso de celdas cuadradas.

Actualmente se está realizando el análisis para el caso de celdas triangulares.

Se procedió a la construcción de reticulados idénticos a los normales en acrílico revistiéndolas con pintura hidrofóbica (menisco negativo) y teflón (eliminación del menisco) para el estudio de los efectos del menisco sobre los patrones de Faraday.

Se repetirán las pruebas experimentales con las celdas hidrofóbicas y libres de menisco.

Colaboradores: F. Peña-Polo (IVIC), C. A. Vargas (UAM-A), B. Vázquez-González (UAM-A), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS), A. Medina-Ovando (ESIME-IPN).

- **Simulador SPH para el Estudio del Flujo en el Núcleo del Reactor Nuclear del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)**

En este proyecto se trata de extender el algoritmo termo-fluídico desarrollado para la simulación de la evaporación y nucleación de gotas líquidas con el objeto de construir un simulador numérico basado en el método SPH para el estudio de la formación de flujo cavitante (nucleación heterogénea y formación de burbujas) y visualización del flujo refrigerante en el núcleo del reactor del ININ. Se usará como plataforma numérica el código DualSPHysics.

Se completó el desarrollo de las ecuaciones y del modelo matemático.

Actualmente se encuentra en fase de desarrollo la incorporación de las condiciones de contorno para el modelado del contenedor central y su estructura interna en el código DualSPHysics.

Colaboradores: E. Mayoral-Villa (ININ), R. Luévano (UAM-A), R. (UAM-A), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS), C. E. Alvarado-Rodríguez (Universidad de Guanajuato), A. Barreira y J. M. Domínguez (Universidad de Vigo, EPhysLab), J. Troconis (IVIC), L. Trujillo (IVIC).

- **Modelos Numéricos de Formación Estelar**

Se completaron las simulaciones de colapso gravitacional en ABACUS para probar la nueva tecnología SPH desarrollada en el artículo 8 para mejorar la consistencia del método SPH e incorporada al código Gadget-2.

Se efectuaron las pruebas de calibración del módulo de transporte de radiación, el cual fue ya incorporado en el código Gadget-2. (Trabajo en curso).

Se implementó el módulo de transporte de radiación y la nueva tecnología SPH para el estudio de discos de acreción alrededor de agujeros negros masivos (Trabajo en curso).

En colaboración con el Dr. Fidel Cruz se está adecuando el código Gadget-2 modificado para el estudio de formación de planetas. (Trabajo en curso).

Colaboradores: R. Gabbasov (Universidad del Estado de Hidalgo), F. Cruz (UAM-A), Hugo Saldaña (UAM-A), J. M. Ramírez-Velasquez (IVIC), A. Avilés (Cinvestav-ABACUS), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS).

- **Otros Proyectos:**

Otros proyectos activos y en desarrollo incluyen:

- 1) Estudio de la difusión y dispersión de contaminantes en medios porosos saturados y no saturados y en medios acuosos usando el método SPH [Colaboradores: E. Mayoral-Villa (ININ), C. E. Alvarado-Rodríguez (Universidad de Guanajuato), J. Klapp (ININ-Cinvestav), M. Gómez-Gesteira (Universidad de Vigo, EPhysLab), I. Mendoza-Sánchez (ESIA-IPN)].
- 2) Fundamentos matemáticos del método SPH [Colaboradores: C. A. Vargas (UAM-A), O. Rendón (IVIC), J. Klapp (ININ-Cinvestav), L. Trujillo (IVIC)].
- 3) Estudio experimental de medios granulares en sistemas vibrados [Colaboradores: A. Medina-Ovando (ESIME-IPN), F. Peña-Polo (IVIC), C. A. Vargas (UAM-A), B. Vázquez-González (UAM-A)].
- 4) Estudio experimental de la suspensión y coalescencia binaria de gotas en superficies líquidas vibradas. [Colaboradores: F. Peña-Polo (IVIC), C. A. Vargas (UAM-A), B. Vázquez-González (UAM-A), J. Klapp (ININ-Cinvestav-ABACUS)].

- 5) Estudio experimental y simulación numérica con FLUENT de flujo monofásico y multifásico en ductos y tuberías. [Colaboradores: H. Zambrano (Tecnológico de Monterrey), L. Trujillo (IVIC), F. Peña-Polo (IVIC), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS)].
  
- 6) Simulación numérica del flujo sanguíneo a través de las malformaciones arterio-venosas del cerebro [Colaboradores: N. Weinstein (Cinvestav), K. G. Pedroza-Ríos y E. Nathal-Vera (Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Manuel Velasco Juarez), I. Gitler (Cinvestav-ABACUS), J. Klapp (ININ, Cinvestav-ABACUS)].

Ciudad de México, 17 de Marzo de 2017

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'V. K.' or similar, located below the date.

## **Proyecto de Plan de Trabajo: Mecánica de Fluidos Computacional con Aplicaciones a Flujos de Interés Industrial y Astrofísicos**

**Período: 01 de junio de 2017 – 31 de mayo de 2018**

Presenta: Dr. Leonardo Sigalotti.

### **DOCENCIA.**

**Impartición de Cursos.** Se ofrecerán UEAs tales como: Temas Selectos de Física, Cinemática y Dinámica de Partículas, Termodinámica, Dinámica del Cuerpo Rígido, Introducción a la Electroestática y Magnetostática, Física Moderna, Cálculo Diferencial, Cálculo Integral, Variable Compleja.

**Elaboración de Material Didáctico.** Libro de texto en inglés: *Mathematical Foundations of Smoothed Particle Hydrodynamics*. (Tiempo estimado para la conclusión del libro: Septiembre 2017).

- Se trata de ampliar las notas que se elaboraron durante la preparación de la UEA: Modelado de Procesos Complejos (Trimestre 150) con la finalidad de desarrollar el contenido temático del libro.

### **INVESTIGACIÓN.**

#### **Proyectos.**

- **Construcción de un Simulador para Yacimientos Fracturados basado en la Técnica de Simulación Numérica SPH**

**Objetivos:** Se trata de construir e implementar un algoritmo para la simulación de fluidos multifásicos y multicomponentes (flujos composicionales) con transferencia de calor a través de un medio poroso fracturado para aplicaciones en la industria del petróleo, usando el método de simulación numérica SPH.

**Actividades:** Concluida la fase de calibración en versión paralela y multi-GPU del módulo multifásico con transferencia de calor basado en teoría de mezclas, el módulo de mecánica de sólidos para la descripción del medio poroso y su integración al módulo de multifluidos, se planea durante el período del 1 de Junio al 1 de Septiembre de 2017 implementar el módulo de caracterización de flujo que sirve como condiciones de entrada al módulo multifásico, lo que permitirá usar el simulador para aplicaciones de en la industria petrolera. Se completará, además, la construcción de interfaces para el usuario. Como resultado de este trabajo en lo que respecta al módulo mesoscópico del simulador se espera publicar varios artículos en revistas de alto impacto como *Physics of Fluids*, *Physical Review E*, *International Journal of Multiphase Flow*, *Journal of Computational Physics*, *Journal of Fluid Mechanics*, etc.

Parte de este proyecto representó el tema de tesis doctoral en Ingeniería Química de un estudiante de la Universidad de Guanajuato.

**Alcance del Proyecto:** Si bien el simulador de yacimientos fracturados estará primeramente dirigido a resolver problemas de interés en la industria petrolera como, por ejemplo, el recobro secundario y terciario de crudo a través de la inyección en el yacimiento de agua, vapor y gases como CO<sub>2</sub>, también podrá usarse para el estudio: (a) de la dispersión y difusión de contaminantes en suelos (flujos en medios no saturados), (b) de la deformación de materiales elásticos (medios deformables), (c) de la formación de fracturas y desintegración de materiales sólidos rígidos como resultado de impactos, y en general, (d) de la simulación de fluidos multifásicos en diferentes contextos.

**Metas:** Se planea realizar al menos 5 publicaciones en el área de los fluidos multifásicos y multicomponentes y ciclos de conferencias alternadas para mostrar los avances del proyecto con el objeto de atraer posibles tutorías y colaboradores.

- **Simulación Numérica de la Dinámica de Gotas Líquidas**

**Objetivos:** Estudio de la dinámica de fluidos delimitados por superficies libres (gotas líquidas) usando técnicas de simulación numérica basadas en el método SPH. La versión 2D (en dos dimensiones) de un código numérico SPH previamente construido para resolver las ecuaciones de la mecánica de fluidos para flujos monofásicos se ha usado para el estudio de la dinámica de gotas con interfaces difusas, permitiendo esto el estudio de la evaporación y explosión por super-calentamiento de gotas y la transición espontánea de fases (líquido-vapor). Se usará este código para refinar el tratamiento de superficies libres e interfaces difusas y estudiar: (a) la coalescencia de gotas por colisión, (b) la dinámica de filamentos líquidos, y la evaporación de gotas por contacto con superficies calientes (Efecto Leidenfrost).

**Actividades:** Durante el segundo trimestre del año 2017 se incorporarán en el código hidrodinámico SPH 2D (ya existente) las modificaciones necesarias para la simulación de gotas de agua, las cuales se extenderán para caracterizar otros líquidos. Durante el tercer trimestre del año 2017 se efectuarán modificaciones al código DualSPHysics para la creación de un módulo termo-fluídico para el estudio de la dinámica de gotas a alta resolución, incluyendo los efectos de la dependencia de los coeficientes de transporte con la temperatura. Se espera aplicar dicho código a la simulación (a) del calentamiento de gotas de agua (descomposición espinodal, nucleación homogénea y evaporación explosiva) y comparación con resultados experimentales para la predicción de tensión superficial, límite de supercalentamiento, estructura de la interface líquido-vapor, etc., (b) del calentamiento de gotas líquidas por contacto con superficies calientes (Efecto Leidenfrost), (c) de la adhesión de gotas líquidas a

superficies sólidas y su deformación por gravedad, y (d) de la coalescencia de gotas por colisiones.

Durante el primer trimestre del año 2018 se planea aplicar el código termo-fluídico a la formación de flujos cavitantes en el núcleo del reactor nuclear del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) en el marco de un proyecto de colaboración entre dicho instituto, la UAM-A y Abacus-Cinvestav. Como resultado del proyecto termo-fluídico se planea publicar una serie de artículos en revistas de alto impacto como *Physics of Fluids*, *Physical Review E*, *Journal of Computational Physics*, *Journal of Fluid Mechanics*, etc.

**Metas:** Se pretende validar el método SPH para el tratamiento de interfaces comparando los resultados de los modelos numéricos directamente con experimentos y se planea realizar al menos 4 publicaciones en el área de la dinámica y termodinámica de gotas líquidas en revistas de alto impacto.

- **Modelos Numéricos de Formación Estelar**

**Objetivos:** Incorporar el transporte de radiación en el código paralelo GADGET-2 para el estudio: (a) de la formación de sistemas proto-estelares binarios con separaciones de  $\sim 100$  AU (unidades astronómicas) y (b) la formación de asociaciones ( $\sim 100$  estrellas) y cúmulos estelares ( $> 1000$  estrellas) con el objeto de comparar las propiedades estadísticas de los sistemas producidos con observaciones recientes.

**Actividades:** Durante el segundo trimestre del año 2017 se usará el módulo computacional que resuelve el transporte de radiación en el código paralelo GADGET-2 desarrollado y calibrado durante el último trimestre del año 2016 para el estudio de flujos astrofísicos. En particular, las observaciones indican que las estrellas se forman a partir del colapso gravitacional de núcleos densos de gas interestelar con muy baja rotación. Dicho proceso conduce a la formación de un núcleo proto-estelar (estrella primaria) con un disco alrededor de diámetro  $\sim 100$  AU. En particular, durante el primer trimestre del período en cuestión se simulará el colapso gravitacional de nubes proto-estelares con baja rotación inicial a muy alta resolución espacial para estudiar la evolución del disco proto-estelar y su posible fragmentación en un objeto secundario, dando así lugar a la formación de sistemas binarios cercanos con separación de  $\sim 100$  AU. Durante el segundo y tercer trimestres se propondrán modelos de formación de asociaciones y cúmulos y estelares con el objeto de comparar las propiedades estadísticas de los sistemas producidos con las observaciones. Este proyecto podrá dar origen a varias tutorías de tesis doctorales y formará parte del programa impulsor del Proyecto de Supercómputo Abacus-Cinvestav en el Estado de México.

**Metas:** Se planea realizar diferentes publicaciones en revistas de alto impacto como *The Astrophysical Journal*, *MNRAS*, *Astronomy & Astrophysics*, etc. El proyecto prevé

además aglomerar varios colaboradores que aplicarán el código a problemas de formación de planetas (en colaboración con el Dr. Fidel Cruz)

## **DIVULGACIÓN Y DIFUSIÓN**

### **Seminarios**

Se programará una serie de seminarios especializados en el área de la mecánica de fluidos computacional y experimental con ponentes de distintas instituciones.

Seminarios de investigación sobre los fundamentos matemáticos de la técnica de simulación SPH.

Seminarios de investigación sobre las aplicaciones del método SPH a los fluidos complejos: Aplicaciones del Proyecto de Construcción de un Simulador para Yacimientos Fracturados basado en la Técnica de Simulación Numérica SPH.

### **Cronograma de Actividades Período 2017/2018**

El siguiente cronograma corresponde a las actividades referentes al Proyecto principal sobre la Construcción de un Simulador para Yacimientos Fracturados basado en la Técnica de Simulación Numérica SPH:

- Implementación del módulo para la caracterización de flujo en yacimientos petroleros (01 de junio – 01 de septiembre de 2017)
- Publicación de artículos referentes a modelos de flujo multifásico en núcleos de rocas extraídos de yacimientos petroleros (año 2017/2018)
- Implementación del módulo mecánica de sólidos en GPU y multi-GPU (30 de diciembre de 2017)
- Desarrollo algoritmo de fracturas (primer trimestre del año 2018)
- Integración del modulo de fracturas del medio poroso al simulador de yacimientos (primer trimestre año 2018)
- Aplicaciones del simulador de yacimientos a problemas de interés industrial (primer trimestre año 2018)

**Nota:** Las actividades referentes a los proyectos secundarios sobre la Simulación Numérica de la Dinámica de Gotas Líquidas y Modelos Numéricos de Formación Estelar forman parte del desarrollo de técnicas SPH aplicadas a la construcción del simulador de yacimientos fracturados y por lo tanto se ejecutarán simultáneamente al desarrollo de éste último. El cronograma referente a estas actividades se encuentra especificado en la sección de actividades de cada uno de los proyectos de investigación.

Ciudad de México, 17 de marzo de 2017

