

**PROYECTO INTERNO SIN FINANCIAMIENTO PII-DIM-2019-04**

**"Desarrollo de métodos numéricos para predecir la formación de la microestructura durante la solidificación de aleaciones en crecimiento libre."**

En la ciudad de Quito D.M., a los diez días del mes de noviembre del año dos mil veinte y uno, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto Interno Sin financiamiento **PII-DIM-2019-04: "Desarrollo de métodos numéricos para predecir la formación de la microestructura durante la solidificación de aleaciones en crecimiento libre"**, por una parte, la **Dra. Alexandra Patricia Alvarado Cevallos** en calidad de **Vicerrectora de Investigación, Innovación y Vinculación** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **Dr. Roberto Carlos Rojas Molina** en calidad de **Director del Proyecto Interno sin financiamiento PII-DIM-2019-04**, al tenor de lo siguiente:

**1. ANTECEDENTES:**

- Mediante Memorando EPN-DIM-2019-0550-M del 12 de junio de 2019, La Jefatura del Departamento de Ingeniería Mecánica remite el aval del proyecto "Desarrollo de métodos numéricos para predecir la formación de la microestructura durante la solidificación de aleaciones en crecimiento libre" del Dr. Roberto Rojas al Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación para registro y asignación de código.
- Mediante Memorando EPN-DIPS-2019-0373-M del 17 de junio de 2019, la Dirección de Investigación y Proyección Social, notifica al Dr. Roberto Rojas la asignación de código y registro del proyecto **PII-DIM-2019-04: "Desarrollo de métodos numéricos para predecir la formación de la microestructura durante la solidificación de aleaciones en crecimiento libre"** con fecha de inicio 24 de junio de 2019 y fecha de fin 23 de junio de 2020.
- Mediante Oficio EPN-DIM-2020-0198-O del 19 de junio de 2020, el Dr. Roberto Rojas, director del proyecto PII-DIM-2019-04, solicita al Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Vinculación la prórroga del proyecto PII-DIM-2019-04 por seis meses.
- Mediante Memorando EPN-DI-2020-0562-M del 11 de agosto de 2020, la Dirección de Investigación, notifica al Dr. Roberto Rojas, la aprobación de la prórroga del proyecto de investigación PII-DIM-2019-04 hasta el 23 de diciembre de 2020.

**2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:**

<b>Código del proyecto</b>	PII-DIM-2019-04
<b>Título del proyecto</b>	Desarrollo de métodos numéricos para predecir la formación de la microestructura durante la solidificación de aleaciones en crecimiento libre.
<b>Director</b>	-ROJAS MOLINA ROBERTO CARLOS
<b>Colaborador</b>	-SOTOMAYOR GRIJALVA MARIA VERONICA
<b>Unidad ejecutora</b>	Departamento de Ingeniería Mecánica
<b>Líneas de investigación</b>	-Modelización, Simulación, Y Optimización de Procesos de Física Térmica
<b>Objetivo</b>	Desarrollar métodos numéricos exactos para predecir la formación de la microestructura de materiales durante la solidificación de aleaciones en crecimiento libre.
<b>Duración del proyecto</b>	-Fecha de Inicio: 2019-06-24 -Fecha de Fin Planeada: 2020-06-23 -Fecha de Fin Prórroga Ordinaria: 2020-12-23 -Fecha de Fin Real: 2020-12-23 -Duración total: 18 meses
<b>Presupuesto aprobado</b>	0,00 USD
<b>Fecha entrega informe final</b>	26 de febrero de 2021

*Por la da:  
15-11-2021  
12:39  
Rojas*

### 3. INFORME FINAL:

Mediante Memorando EPN-DIM-2021-0323-M del 26 de febrero de 2021, el Dr. Roberto Rojas, director del proyecto, envía el Informe Final del proyecto PII-DIM-2019-04, el cual es revisado por la Dirección de Investigación y forma parte integrante de la presente Acta de Finalización, cuyas conclusiones y productos generados son:

#### CONCLUSIONES:

- a) Se implementó un método numérico alternativo para predecir el movimiento de un flujo multifásico líquido-sólido. El método implementado combina el método de "phase-field", PFM, y una discretización por diferencias finitas de la ecuación de Lattice-Boltzman, FDLBM.
- b) Para simplificar la formulación de FDLBM, se utilizó el modelo de tiempo con relajación simple en el análisis del término de colisión; y, se incluyó el término de viscosidad negativa para mejorar la estabilidad numérica. Este método se puede implementar con mallas convencionales y no-convencionales para aprovechar los recursos computacionales.
- c) La evaluación de la precisión numérica del método se realizó considerando flujos bidimensionales alrededor de un cilindro circular y con diferentes números de Reynolds.
- d) Se desarrollaron simulaciones del crecimiento dendrítico en condiciones de convección forzada para estudiar el efecto del movimiento del fluido.
- e) La evaluación de la eficiencia del método presentado, implicó considerar incrementos del tiempo de relajación dentro de un rango amplio, hasta el orden de dos. Con esto se llegó a las siguientes conclusiones principales: (1) los patrones de flujo y los coeficientes de arrastre fueron estimados incluso para flujos con números de Reynolds bajos, donde comúnmente, las fuerzas viscosas deterioran la estabilidad numérica; (2) se desarrollaron computaciones más rápidas al aplicar mallas no-uniformes para flujos con números de Reynolds bajos; (3) se predijo acertadamente el crecimiento asimétrico de los extremos de la dendrita debido al efecto de convección en el fluido e incorporando el valor actual de la viscosidad cinemática de la aleación fundida; (4) fue posible realizar cálculos más rápidos y estables gracias al incremento del tiempo de relajación y la incorporación del término negativo de la viscosidad. Además, la implementación de cálculos en paralelo mejora la eficiencia del método propuesto.

#### PRODUCTOS:

- Artículo en formato revista politécnica: "*A phase field-finite difference lattice Boltzmann method for modeling dendritic growth solidification in the presence of melt convection*"; Roberto Rojas, Veronica Sotomayor, Tomohiro Takaki; Kosule Hayashi; Akio Tomiyama.
- Presentación a la comunidad politécnica: "*Predicción de la formación de la microestructura durante la solidificación de aleaciones metálicas por el método de "Lattice Boltzmann"*"; Roberto Rojas; 27 de agosto de 2020 – Ciclo de conferencias 2020-A – DIM.
- Proyecto de mayor alcance: "*Eliminación de contaminantes emergentes usando tecnologías de biofiltración basadas en compuestos desarrollados a partir de materiales de bajo costo y nanopartículas*"; Proyecto de Investigación Grupal aprobado en la Convocatoria 2019.

#### 4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El proyecto Interno PII-DIM-2019-04 no conto con asignación presupuestaria.

#### 5. FINALIZACIÓN:

Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto Interno sin financiamiento o autogestionado PII-DIM-2019-04: "*Desarrollo de métodos numéricos para predecir la formación de la microestructura durante la solidificación de aleaciones en crecimiento libre*".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los diez días del mes de noviembre del año dos mil veinte y uno.



---

Dra. Alexandra Alvarado  
Vicerrectora de Investigación,  
Innovación y Vinculación

cc/np



---

Dr. Roberto Rojas  
Director del Proyecto  
PII-DIM-2019-04

