

PROPUESTA A para TFG Ingeniería Electrónica Industrial

Título: Generación y control de ondas elásticas convergentes en placas de pocillos para ensayos de mecanotransducción

Plazas: 1

Grado: Grado en Ingeniería Electrónica Industrial

Departamento: Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica

Tipología: Resolución de problemas en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura.

Curso: curso 2025/2026

Profesor proponente tutor: Antonio Jesús Gómez Fernández (ajgomez@ugr.es)

Cotutor de la UGR: Inas H Faris (inas@ugr.es)

Estudiante propuesto: Antonio Naranjo Jiménez (77148916Q anaranjoj@correo.ugr.es)

Descripción general (resumen y metodología):

La mecanotransducción es el proceso por el cual las células convierten estímulos mecánicos en señales bioquímicas. Cuando se aplican ondas mecánicas, como vibraciones o pulsos, estas fuerzas se transmiten a través del tejido y las células las detectan mediante estructuras como el citoesqueleto. Este proceso puede activar respuestas celulares importantes, que van desde cambios en la forma y movimiento celular hasta la activación de genes específicos. Esta capacidad de respuesta a las ondas mecánicas abre nuevas vías para aplicaciones en medicina regenerativa, tratamiento del cáncer y terapias dirigidas.

Las ondas de cizalla desempeñan un papel clave en la mecanotransducción, el proceso mediante el cual las células convierten estímulos mecánicos en señales bioquímicas. Este fenómeno es especialmente relevante en células endoteliales vasculares y miocitos cardíacos, donde la tensión por cizallamiento, generada por el flujo sanguíneo o por ondas mecánicas, activa vías de señalización que afectan la proliferación, diferenciación y movilidad celular. Por ejemplo, se ha demostrado que este tipo de estímulo activa la fosforilación de caveolina en células endoteliales, desencadenando señales de integrinas y reorganización del citoesqueleto, fundamentales en la biología.

El proyecto tiene como objetivo diseñar, prototipar y testear un sistema electromecánico capaz de generar un campo de ondas elásticas, con predominancia de ondas de cizalla volumétricas, en placas de cultivo celular, asegurando estabilidad, control y adaptabilidad a las necesidades de experimentos futuros. El sistema se basará en un actuador tipo mini-vibrador acoplado a un soporte diseñado y fabricado en 3D, optimizado para generar patrones de ondas cilíndricas convergentes. Para entender y predecir el comportamiento de la propagación de las ondas, se utilizará el método de los elementos finitos, acercándonos a soluciones realistas y factibles. Una vez prototipado, se analizará la respuesta del campo de vibraciones mediante la plataforma de ultrasonidos Verasonics Vantage, complementado con la caracterización de la fuente a través de una cámara de alta velocidad para obtener un control preciso del campo generado. Finalmente, se realizarán ensayos en substratos sin células para evaluar la factibilidad del método en una situación realista.

Objetivos planteados:

Analizar la viabilidad de la generación, control y uso de ondas elásticas convergentes para la inducción de campos dinámicos de tensión de cizalla uniformes y estables en placas de pocillos para su uso en ensayos de mecanotransducción.

Bibliografía básica:

- J. Torres; A. Callejas; A. Gomez; G. Rus. 2023. Optical micro-elastography with magnetic excitation for high frequency rheological characterization of soft media. *Ultrasonics*, 132:107021.
- A. Gomez; G. Rus; N. Saffari. 2021. Wave Propagation in a Fractional Viscoelastic Tissue Model: Application to Transluminal Procedures. *Sensors*, 21:2778.
- P. Y. Chao; W. W. Liu; S. F. You; P. C. Li. 2018. Shear Wave Elasticity Measurements of Three-Dimensional Cancer Cell Cultures Using Laser Speckle Contrast Imaging. *Scientific Reports*. 8, 14470.
- K. Yamamoto; Y. Nogimori; H. Imamura; J. Ando. 2020. Shear stress activates mitochondrial oxidative phosphorylation by reducing plasma membrane cholesterol in vascular endothelial cells. *PNAS*. 117(52): 33660:67.
- Z. D. Shi and J. M. Tarbell. 2011. Fluid Flow Mechanotransduction in Vascular Smooth Muscle Cells and Fibroblasts *Annals of Biomedical Engineering*, 39(6):1608-1619.
- J. Y. Shyy and S. Chien. 2002. Role of integrins in endothelial mechanosensing of shear stress. *Circulation Research*, 91(9):769-775.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Animamos a los estudiantes de último año del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial a embarcarse en este excitante proyecto. Puede ser particularmente atractivo a aquellos estudiantes con interés en tecnología médica. Son ya 10 los estudiantes del Grado de Ingeniería Electrónica que han realizado de forma muy satisfactoria su TFG con el Grupo de Ultrasonidos de la Universidad de Granada.

Se recomienda contactar con el profesor responsable de la propuesta antes de solicitarla (ajgomez@ugr.es). Sería relevante tener nociones en física de ondas, mecánica básica y métodos numéricos, así como destreza en programación en lenguaje Matlab y/o Python.

La presente propuesta es transversal a diversas líneas de investigación ya existentes en el Grupo de Ultrasonidos de la Universidad de Granada, por lo que, si los resultados de investigación del proyecto son positivos, surgirán sinergias para dar continuidad al proyecto, así como posibilidades de buscar financiación en planes de investigación nacionales, regionales y propios de la universidad.

Para aquellos estudiantes con interés en una carrera académica y de investigación: las ayudas para la Formación del Profesorado Universitario (FPU) son las ayudas por excelencia para realizar estudios de doctorado en España. Contribuyen con el salario y coste laboral del investigador predoctoral durante 4 años, así como con financiación para realizar estancias de investigación en otros centros. Entre los requisitos para solicitarlas se encuentra el tener una nota alta en el expediente académico del Grado, en Ingeniería >7.5. Es de vital importancia involucrarse en investigación desde una etapa temprana, apoyándose en grupos de investigación sólidos y punteros para desarrollar el TFG y el TFM, de forma que el esfuerzo puesto en estos proyectos se materialice en publicaciones científicas y actividades de divulgación que servirán para fortalecer el currículum del candidato a beca FPU. El Grupo de Ultrasonidos de la Universidad de Granada tiene, en este aspecto, amplia experiencia, habiendo formado y contribuido a la carrera académica e investigadora de más de 12 doctores y candidatos a doctor hasta la fecha, uno de ellos proveniente del Grado de Ingeniería Electrónica Industrial de la Universidad de Granada.