



## Propuesta de Trabajo Fin de Grado del Doble Grado en Física y Matemáticas (curso 2020-2021)

*Responsable de tutorización:* Jorge Andrés Portí Durán

*Departamento:* Física Aplicada

*Área de conocimiento:* Física Aplicada

*Responsable de cotutorización:*

*Departamento:*

*Área de conocimiento:*

*(Rellenar sólo en caso de que la propuesta esté realizada a través de un estudiante)*

*Estudiante que propone el trabajo:*

*Título:* Modelado numérico de problemas de propagación con el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo. Estudio de diferentes condiciones de contorno para sistemas abiertos.

*Tipología del trabajo (marcar una o varias de las siguientes casillas):*

- 1. Revisiones y/o trabajos bibliográficos sobre el estado actual de aspectos específicos relacionados con la titulación
- 2. Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática de la titulación, a partir del material disponible en los centros
- 3. Trabajos experimentales, de toma de datos de campo, de laboratorio, etc.
- 4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio
- 5. Elaboración de un informe o un proyecto en el ámbito del grado de naturaleza profesional
- 6. Trabajos relacionados con las prácticas externas

*Descripción y resumen de contenidos:*

Se abordan en este TFG los aspectos fundamentales de la simulación numérica de un problema de propagación (acústica, electromagnética,...) mediante un método numérico de baja frecuencia: el método de Diferencias Finitas en el Dominio del Tiempo (FDTD).

El trabajo hace un recorrido sobre los distintos aspectos necesarios en este tipo de simulaciones. Así, en el caso electromagnético se aborda la discretización de las ecuaciones de Maxwell o las ecuación de ondas que de ellas se desprende, comparando ventajas e inconvenientes de ambas opciones. La actividad se divide en dos bloques:

- 1) En primer lugar se aborda lo esencial sobre como implementar la alimentación, la estabilidad, el comportamiento en frecuencia y la importancia de la comprensión de la Transformada de Fourier.
- 2) En segundo lugar se dedica atención especial a la implementación de diferentes condiciones de contorno para el estudio numérico de sistemas abiertos: las conocidas como condiciones absorbentes. Se compararán varios tipos, desde las iniciales condiciones de adaptación de impedancias, las condiciones discretas, las condiciones del tipo "One-way equation" (ecuación de una dirección) hasta modelar alguna versión de las condiciones del tipo Perfectly Matching Layer (PML) en casos de sencillos.

*Actividades a desarrollar:*

Estudio e implementación del método FDTD a un problema de propagación electromagnético o acústica. El campo sobre el que se aplica el método (acústico o electromagnético) se deja a la elección del estudiante y se abordará un problema bidimensional. La opción 3D es opcional pues añade gran dificultad práctica pero no conceptual.

Se hará un estudio del comportamiento cumpliendo o incumpliendo las condiciones de estabilidad. Tras una breve revisión bibliográfica del concepto de dispersión numérico en el método, se simulará la propagación de un pulso Gaussiano, detectando los efectos de dicha dispersión.

Se analizarán las técnicas de implementación de la alimentación de la señal.

Todo lo anterior se conectará con el uso de la transformada de Fourier

Se hará una revisión bibliográfica de diferentes condiciones absorbentes para estudio de problemas abiertos, implementándose al menos una del tipo "one-way direction" y una del tipo PML. Se compararán los resultados del estudiante con los de la bibliografía especializada al respecto.

*Objetivos planteados*

Familiarización del estudiante con el método numérico FDTD

Familiarización con aspectos concretos: alimentación, dispersión numérica, estabilidad.

Familiarización del estudiante con el uso de condiciones de contorno en métodos numéricos

Comprensión más profunda sobre la utilidad de la transformada de Fourier y el manejo de información en los dominios duales del tiempo y la frecuencia.

Primera aproximación al estudiante a las técnicas de investigación en métodos numéricos

***Bibliografía***

- The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics. K.S. Kunz, R.J. Luebbers, CRC Press, 1993
- "Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media", K.S. Yee. IEEE Transactions on Antennas and Propagation 14 (3): 302-307. Bibcode:1966ITAP...14..302Y. doi:10.1109/TAP.1966.1138693, 1966.
- J. Berenger (1994). "A perfectly matched layer for the absorption of electromagnetic waves." J. Comput. Physics. 114(2): 185–200, doi:10.1006/jcph.1994.1159.
- J. Fang, Z. Wu (1996), "Generalized perfectly matched layer for the absorption of propagating and evanescent waves in lossless and lossy media." IEEE Trans. Microwave Theory and

Techniques, vol. 44, issue 12, pp. 2216-2222, doi: 10.1109/22.556449

- Kinsler Lawrence, E. "Fundamentos de acústica." Editorial Limusa, Noriega Editores (1988).
- Matthew N. O. Sadiku, "Elementos De Electromagnetismo" - 3ra Edición - Ed. Oxford University Press, 2003
- G. Mur, "Absorbing boundary conditions for the finite-difference approximation of the time-domain electromagnetic field equations," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 23, pp. 377–382, Nov. 1981.[3]
- B. Enquist and A. Majda, "Absorbing boundary conditions for the numerical simulation of waves," Mathematical Computat., vol. 31, pp. 629–651, 1977

Firma del estudiante  
(solo para trabajos propuestos por alumnos)

Firma del responsable de tutorización

Firma del responsable de cotutorización (*en su caso*)

En Granada, a      de      de 2020