



Propuesta de Trabajo Fin de Grado en Física

Tutor/a:	Juan Francisco Gómez Lopera
Departamento y Área de Conocimiento:	Departamento de Física Aplicada
Correo electrónico:	jfgomez@ugr.es
Cotutor/a:	Andrés Roldán Aranda
Departamento y Área de Conocimiento:	Departamento de Electrónica y Tecnología de computadores
Correo electrónico:	amroldan@ugr.es

Título del Trabajo: *Desarrollo de técnicas de ajuste dipolar y cuadrupolar de campos magnéticos creados por equipos aeroespaciales.*

Tipología del Trabajo: (Segun punto 3 de las Directrices del TFG aprobadas por Comisión Docente el 10/12/14)	(Marcar con X)	1. Revisión bibliográfica		4. Elaboración de nuevas prácticas de laboratorio	
		2. Estudio de casos teórico-prácticos		5. Elaboración de un proyecto	
		3. Trabajos experimentales	X	6. Trabajo relacionado con prácticas externas	

Breve descripción del trabajo:

En general la determinación de las características de inercia de un sistema electrónico es muy necesaria cuando el sistema ha de desplazarse. Esta labor de determinación es aún más importante cuando se trata de una parte de un satélite que sufre la acción del campo magnético del objeto celeste que va a orbitar o con el que va a interactuar [1]. Así, el satélite debe soportar el boom donde se realiza la medida del campo magnético exterior (proveniente por ejemplo de un planeta alrededor del que va a orbitar). Los subsistemas del satélite deben estar caracterizados para que a partir de la medida 3D del campo exterior y descontando lo aportado por el satélite, se pueda medir con precisión el campo magnético existente en un punto del espacio.

Para modelizar el sistema, se simplifica el comportamiento del producto mediante un conjunto de dipolos y cuadrupolos magnéticos que se caracterizan mediante medidas sistemáticas en el laboratorio, figura 1. Se usará la técnica de caracterización basada en dos magnetómetros 3D del tipo [fluxgate](#) y MEMS existentes en el laboratorio.

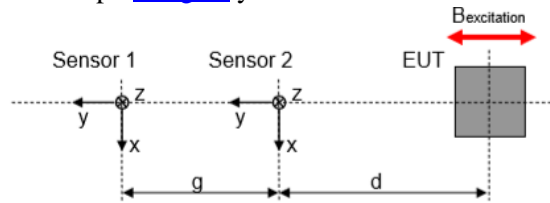
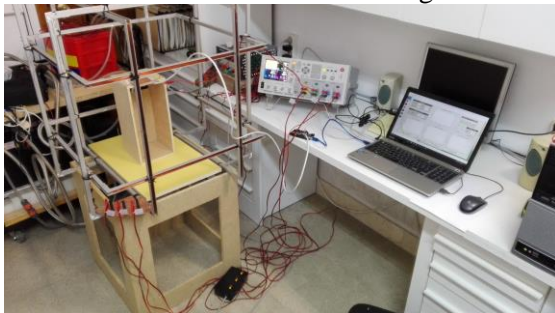
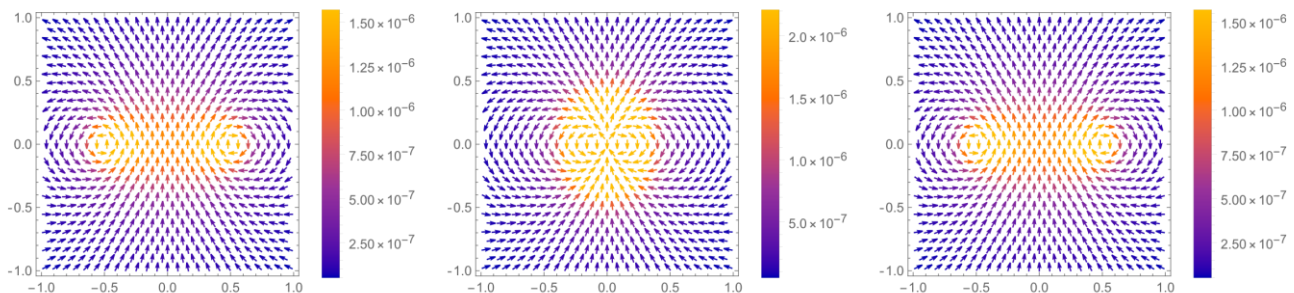


Figura 1. Sistema de medida del momento magnético. Configuración con dos magnetómetros 3D.

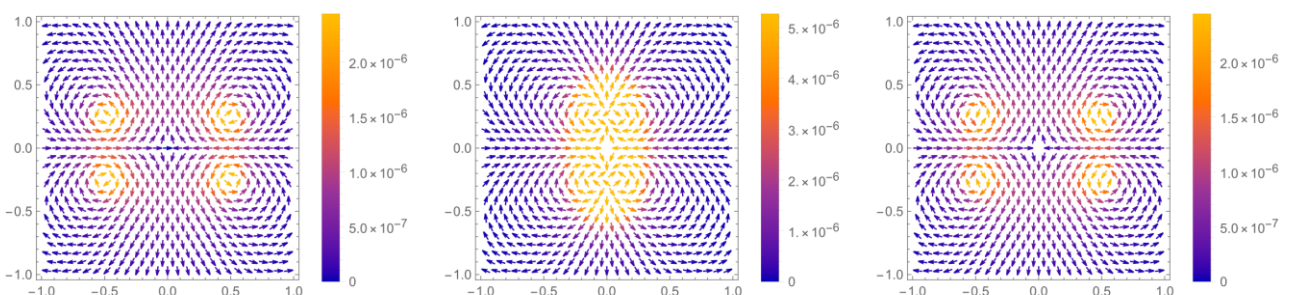
Una vez medido el campo magnético del equipo en un conjunto de puntos del espacio, se procederá mediante técnicas de ajuste numérico avanzado a determinar el conjunto de dipolos y cuadrupolos que mejor ajustan las medidas del campo creado por el dispositivo electrónico en un conjunto de puntos del espacio.

En las figuras 2 y 3 se muestran los campos magnéticos creados por un dipolo y un cuadrupolo.



Datos del gráfico x (m) = 0 a (m) = 0.5 I (A) = 1
 Izquierda: ley Biot-Savart Centro: aproximación dipolar Derecha: funciones elípticas

Figura 2: campo de una espira (dipolo) con la ley de Biot-Savart, con la aproximación dipolar y con cálculo directo mediante funciones elípticas.





Datos del gráfico x (m) = 0 a (m) = 0.5 I (A) = 1
Izquierda: ley Biot-Savart Centro: aproximación dipolar Derecha: funciones elípticas
Figura 3: campo de dos espiras en configuración de Hemholtz con corrientes en sentidos contrarios (cuadrupolo) con la ley de Biot-Savart, con la aproximación dipolar y con cálculo directo mediante funciones elípticas.

Objetivos planteados:

Se medirá el campo magnético creado por un equipo aeroespacial de interés desarrollado por Granat mediante 3 o 4 sensores magnéticos 3D (B_x , B_y , B_z) del tipo fluxgate. Posteriormente, usando un programa realizado en Python con interfaz gráfico en QT se aplicarán funciones espaciales y se desarrollarán técnicas numéricas para el obtener la distribución de dipolos y cuadrupolos magnéticos que mejor ajustan los datos de los magnetómetros.

También se realizarán medidas para la caracterización de la inducción generada por un campo externo producido por unos carretes de Helmholtz y una fuente de corriente de 3 salidas controlada mediante Python.

Metodología:

El alumno comenzará el trabajo leyendo la documentación que el tutor tiene preparada donde se describen las técnicas de cálculo de campos magnéticos de dipolos y cuadrupolos, el modelado, la simulación y la medida de campos. Para el análisis y ajuste del vector campo magnético se usarán los [notebook de Jupyter en Python](#) [2]. Las simulaciones y medidas de los magnetómetros 3D (fluxgates) se realizarán con Arduino y el control de las bobinas con Python o similar

Bibliografía:

- [1] ECSS-E-ST-20-07C-Rev1 - 7 February 2012.
- [2] Magnetic Moment easy measurement. Serviciencia, S.L. - Application Note: NAS01-i

A rellenar sólo en el caso que el alumno sea quien realice la propuesta de TFG

Alumno/a propuesto/a: SIN ASIGNAR

Granada, 18 de mayo de 2023

Sello del Departamento