

Memoria de Ejecución del Proyecto

**PROYECTO DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE
CURSO 2022/2023**

Título del proyecto:

**TRABAJOS DE FIN DE GRADO ENFOCADOS A
LA MEJORA DE LAS COMPETENCIAS
DOCENTES EXPERIMENTALES**

Código del proyecto: ID2022/144

Coordinador del proyecto:

Marcelino Zazo Rodríguez

Facultad de Ciencias
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

ÍNDICE

I.- Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto	1
II.- Introducción.....	1
III.- Cumplimiento de objetivos	2
Anexo I.- Ejemplo de TFG experimental propuesto.....	3
Anexo II.- Guion de Práctica desarrollado a partir del TFG experimental propuesto	6

I. Relación de los miembros de la Universidad de Salamanca participantes en el proyecto

Víctor Javier Raposo Funcia

Luis López Díaz

Marcelino Zazo Rodríguez

II. Introducción

El presente documento es la Memoria de Ejecución del Proyecto titulado “Trabajos de Fin de Grado enfocados a la mejora de las competencias docentes experimentales”, concedido dentro de la convocatoria de Proyectos de Innovación Docente 2022/2023.

El objetivo principal de este proyecto ha sido proponer un conjunto de TFG con mayor carácter experimental, que permitirán al alumno emplear muchas de las habilidades adquiridas en el desarrollo del grado. Por otro lado, al egresado de Grado en Física conseguiría un mayor bagaje experimental, de manera que pueda aumentar su rango de empleabilidad, ya que en muchas ocasiones son solicitados por empresas más relacionadas con la ingeniería, de carácter más aplicado.

Por tanto, el objetivo principal de este proyecto de innovación ha sido la propuesta de algunos TFG, en los cuales esencialmente se intenta implementar un conjunto de experimentos prácticos y/o simulación, que sirviesen para actualizar principalmente la docencia de las asignaturas “Ondas electromagnéticas guiada” y “Radiación y propagación electromagnéticas” del Grado en Física. De esta forma se conseguiría que el alumno adquiriera ciertas habilidades en el uso de equipos más sofisticados y software de simulación específico, que le permitirían mejorar sus competencias tecnológicas para su utilización en ingeniería y que le podrían servir para su actividad laboral futura.

III. Cumplimiento de objetivos

El desarrollo del proyecto se ha realizado de forma satisfactoria teniendo en cuenta el plan de trabajo propuesto.

En primer lugar se ha realizado una revisión bibliográfica de posibles trabajos experimentales que se podrían realizar teniendo en cuenta el material de laboratorio que tenemos a nuestra disposición o que se pudiera adquirir con un desembolso no muy elevado. También se ha considerado la posible utilización el software con licencia de la universidad de Salamanca y que está a disposición del alumno.

A parte de las premisas anteriores, en la selección de los trabajos también se ha tenido en cuenta que tienen que permitir mejorar las competencias tecnológicas del alumno, así como su posible inclusión en la parte experimental de algunas asignaturas impartidas en el Grado en Física.

A lo largo del proyecto se han realizado los desarrollos teóricos, se ha planificado el conjunto de experiencias y se han llevado a cabo las medidas y simulaciones necesarias, considerando una serie de etapas que han permitido al alumno abordar el trabajo de forma adecuada.

En conclusión, podemos indicar que se han alcanzado los objetivos propuestos al inicio del proyecto, con la presentación de una serie de trabajos experimentales y su adaptación cómo práctica de laboratorio para los alumnos del Grado.

Algunas de las experiencias propuestas son las siguientes:

1. Estudio del diagrama de radiación y parámetros característicos de antenas de microondas
2. Estudio de materiales a frecuencias de microondas
3. Estudio del campo electromagnético en materiales conductores sometidos a un campo magnético armónico

En el anexo I se presenta brevemente el TFG propuesto sobre la experiencia 1.

En el anexo II se considera el guion de una práctica realizada en el laboratorio por los alumnos de 4º de Grado en Física desarrollada a partir del trabajo de fin de grado “Estudio del diagrama de radiación y parámetros característicos de antenas de microondas”, que será presentado en julio.

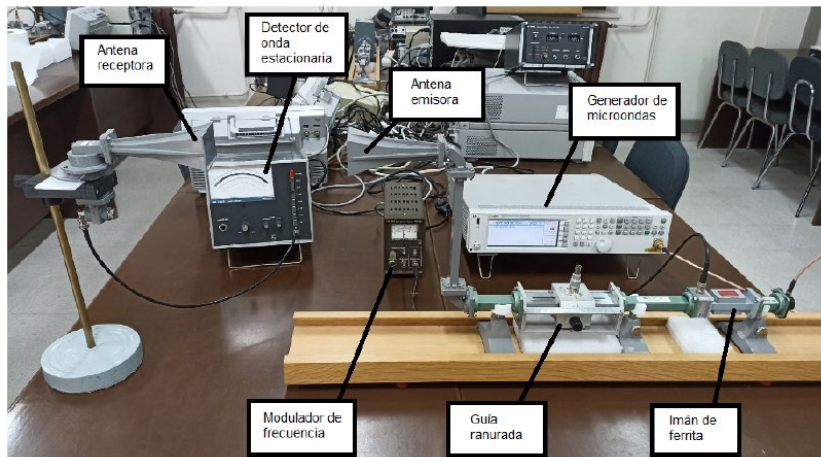
Anexo I

1. Estudio del diagrama de radiación y parámetros característicos de antenas de microondas

El objetivo del trabajo consiste en llevar a cabo un estudio experimental de diversas antenas de bocina a frecuencias de microondas utilizando el sistema de medida disponible en el laboratorio de Electromagnetismo. Se estudiarán los diagramas de radiación de campo y potencia para las antenas, así como se determinarán algunos de sus parámetros característicos (directividad, ganancia, HPWB...).

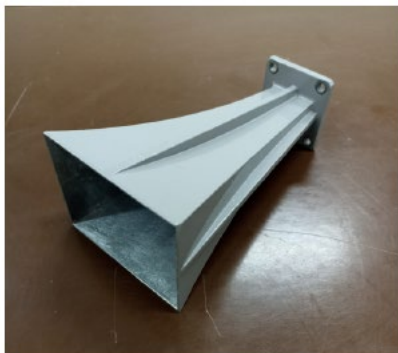
Los resultados experimentales se compararán con los obtenidos mediante simulaciones numéricas mediante MATLAB.

Sistema de medida desarrollado



Resultados

Variación de la potencia de una antena de bocina en función del ángulo a 8.5 GHz



Antena de bocina

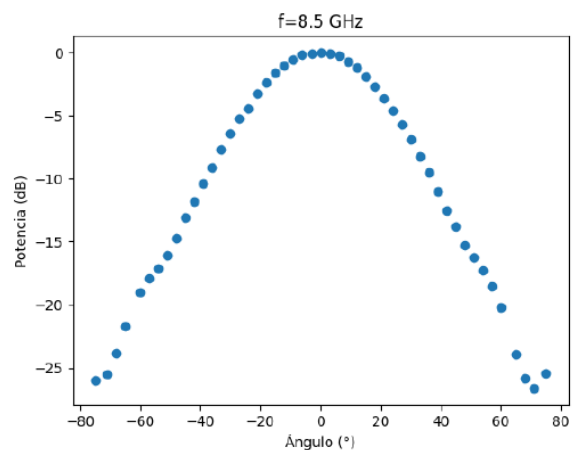
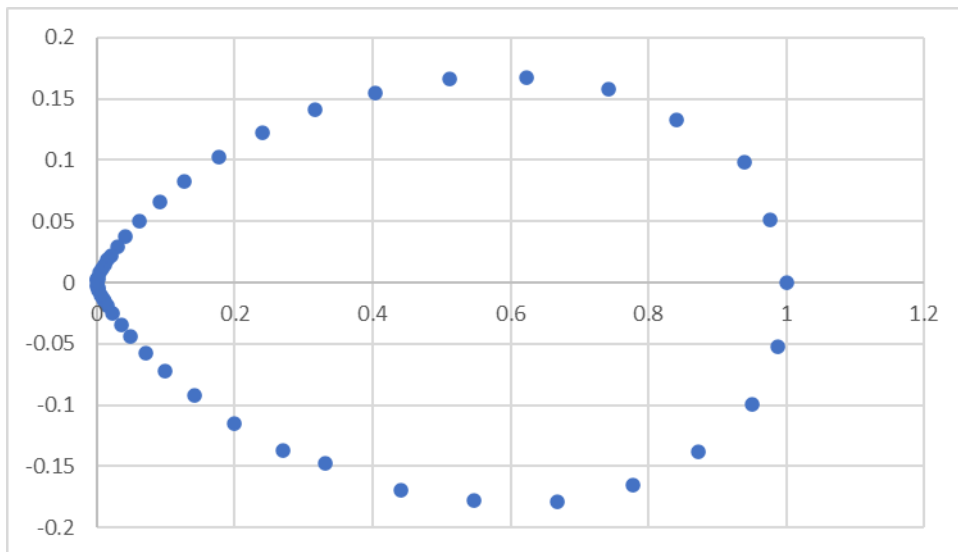


Diagrama de radiación de una antena de bocina a 8.5 GHz



Resultados obtenidos para el parametro de ganancia a diferentes frecuencias

$$G = \frac{4\pi R}{\lambda_0} \left(\frac{P_r}{P_t} \right)^{1/2}$$

Expresión para obtener la ganancia

Frecuencia (GHz)	P_r/P_t	λ_0 (m)	Ganancia (dB)
8.5	0.1003	0.0353	17.5104
9.0	0.1108	0.0333	17.9758
9.5	0.1340	0.0316	18.6232
10.0	0.1086	0.0300	18.3899
10.5	0.0765	0.0286	17.8418
11.0	0.0743	0.0273	17.9787
11.5	0.0707	0.0261	18.0632
12.0	0.0450	0.0250	17.2708

Variación de la potencia de una antena de bocina en función del ángulo a 8.5 GHz mediante simulación numérica con MATLAB

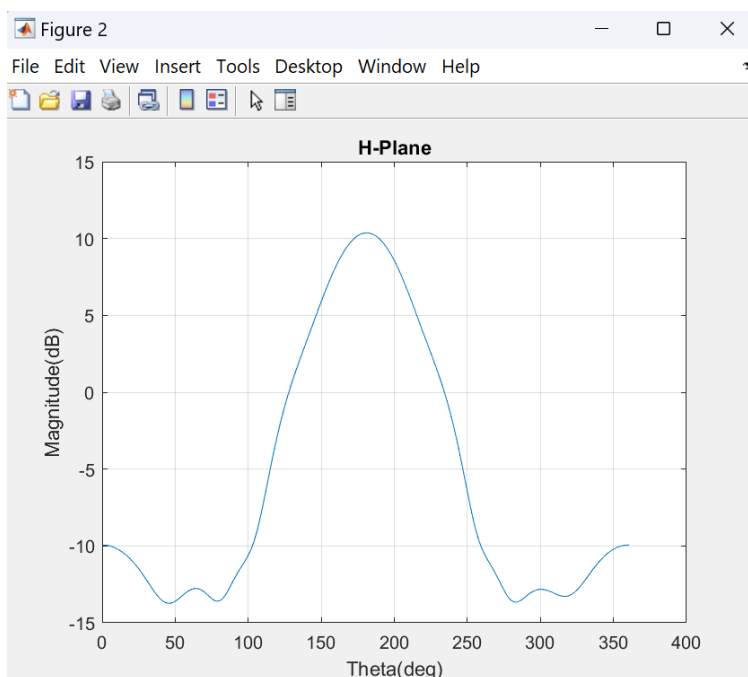
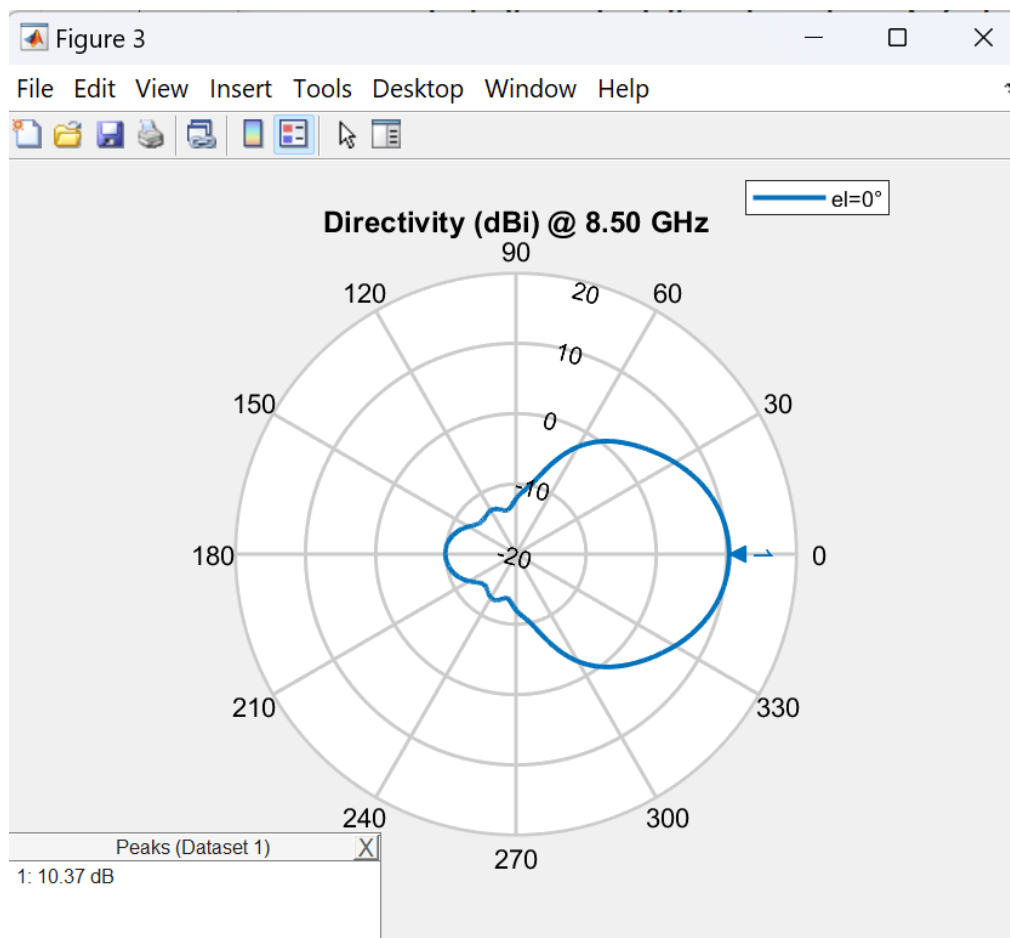


Diagrama de radiación de una antena de bocina a 8.5 GHz mediante simulación numérica con MATLAB



Anexo II

3.- Diagrama de radiación una antena de bocina

Objetivo

Medir el diagrama de radiación de una antena de bocina y su ganancia. Comprobar que la potencia radiada disminuye linealmente con $1/R^2$.

Sistema de medida

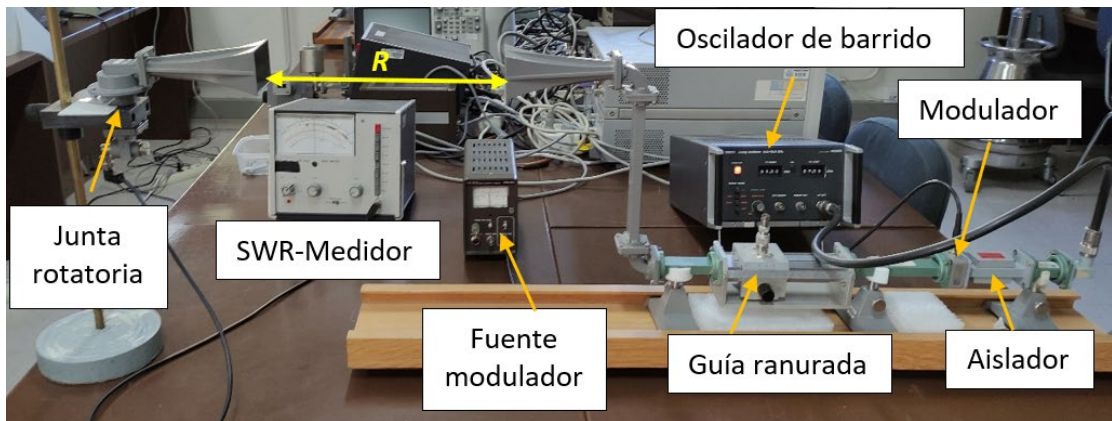
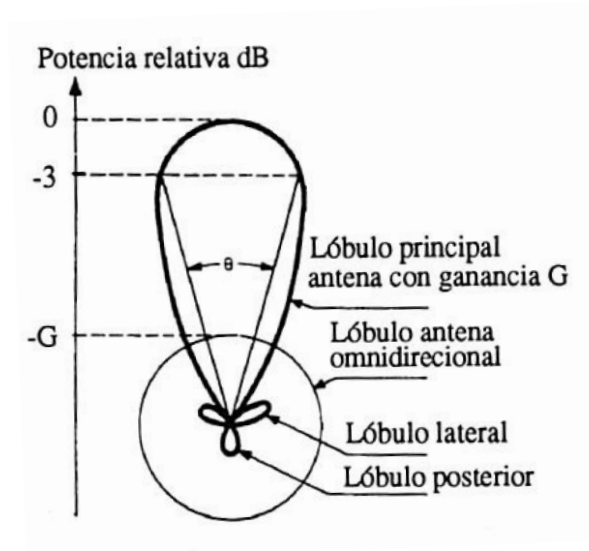


Diagrama de radiación



Para estar seguros de hallarnos en la zona de radiación, la distancia R entre las antenas debe ser $R \geq 2D^2/\lambda_0$ donde D es la dimensión del lado más grande de la abertura de la antena (78 mm) y λ_0 la longitud de onda en el medio libre a la frecuencia de operación.

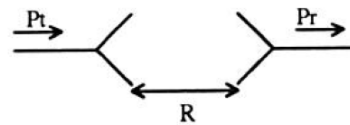
En esta experiencia se trata de calcular el diagrama polar de radiación de la antena transmisora mediante una antena receptora de las mismas características y calcular su ganancia.

En el primer caso lo que se hace es, utilizando la escala en decibelios y normalizando a cero el máximo de señal recibida (cuando las dos antenas están enfrentadas), medir la indicación en dB para intervalos de 10° a derecha e izquierda de movimiento de la antena receptora. Dibujar el diagrama polar y determinar HPWB (ángulo que existe entre las direcciones para las cuales la potencia se reduce a la mitad, que corresponde a 3 dB, en el lóbulo principal).

En lo que respecta a la ganancia, ésta se define como la relación entre la densidad de potencia radiada por la antena según las direcciones θ y φ y la densidad de potencia que radiaría la antena isotrópica, sin pérdidas, alimentada con la misma potencia de entrada.

A efectos de cálculo de este parámetro, la relación de potencias recibida y transmitida por las antenas respectivas es:

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{A_{er} A_{et}}{R^2 \lambda_0^2}$$



(Kraus, "Electromagnetismo" cap. 14, donde A_{er} y A_{et} son las aberturas eficaces de las antenas receptora y transmisora, respectivamente).

Teniendo en cuenta que la ganancia G cumple que

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda_0^2}$$

(aplicable en general a aberturas grandes con iluminación uniforme), se puede poner:

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G^2 \lambda_0^2}{(4\pi R)^2}$$

de donde

$$G = \frac{4\pi R}{\lambda_0} \left(\frac{P_r}{P_t} \right)^{1/2}$$

Expresar el valor de G en dB.

Realización práctica

Dibujar el diagrama polar de radiación siguiendo las indicaciones consideradas anteriormente y obtener HPWB para dos frecuencias.

Los parámetros R y λ_0 se determinan fácilmente, y para calcular P_r/P_t tenemos el procedimiento siguiente:

1.- Cuando las antenas están alineadas, es decir, obteniendo el máximo del lóbulo principal, se adjudica a esta situación el valor de 0 dB (fondo de escala) en el medidor, utilizando para ello el mando

variable de ganancia y la atenuación en la guía si fuese preciso. Tomar nota del alcance (escala) del medidor y de la atenuación.

2.- Simulación de la antena isotrópica: Sustituir la antena transmisora por el diodo detector y, en el medidor, determinar el valor de la potencia en dB. Habrá que cambiar de escala, lógicamente, pero no deben tocarse ni el mando variable de ganancia ni la atenuación de la guía.

La diferencia en decibelios entre las situaciones 1 y 2 es la relación P_i/P_r , en dB. Para aclararlo un poco más: supongamos que la situación de 0 dB en 1 se consigue en el alcance de 50 dB y que cuando realizamos el apartado 2 ha sido necesario pasar al alcance de 30 dB y la aguja en este caso indica 5 dB. La diferencia a la que aludimos será:

$$50-(30+5) = 15 \text{ dB} = 10 \log(P_i/P_r)$$

Obtener el valor de G en dB para dos frecuencias y dos distancias.

Para medir la dependencia de la potencia radiada con la distancia R hay que seguir el siguiente procedimiento:

1.- Para una determinada distancia de separación alinear las antenas. Se adjudica a esta situación el valor de 0 dB (fondo de escala) en el medidor, utilizando para ello el mando variable de ganancia y la atenuación en la guía si fuese preciso. Tomar nota del alcance (escala) del medidor y de la atenuación.

2.- Medir la potencia en dB cuando vamos separando la distancia entre las antenas. Podría ser necesario cambiar de escala, pero no deben tocarse ni el mando variable de ganancia ni la atenuación de la guía.

Representa la potencia en dB en función de $1/R^2$ para dos frecuencias.

Medir la razón de onda estacionaria mediante el medidor SWR y obtener el módulo del coeficiente de reflexión:

Es necesario detectar un máximo de voltaje en la guía ranurada y luego un mínimo adyacente para hallar la relación entre ellos: Si normalizamos el valor del máximo a la unidad en la escala del medidor (ayudados por el mando de ganancia y la atenuación en la guía, si fuese preciso), la lectura en el medidor para la posición del mínimo es S. Hacer esta operación para todos los mínimos que se puedan detectar a la misma frecuencia y obtener su valor medio.

Realizar la experiencia para dos frecuencias.