



Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de qualitat,
innovació i investigació en docència universitària.
Convocatòria 2019-20

Memorias del Programa de Redes-I³CE de calidad,
innovación e investigación en docencia universitaria.
Convocatoria 2019-20



Rosabel Roig Vila, R. (Coord.)
Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros, Neus Pellín Buades (Eds.)

Memòries del Programa de Xarxes-I3CE de
qualitat, innovació i investigació en docència
universitària. Convocatòria 2019-20

Memorias del Programa de Redes-I3CE de
calidad, innovación e investigación en docencia
universitaria. Convocatoria 2019-20

Rosabel Roig-Vila (Coord.),
Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades (Eds.)

Memòries de les xarxes d'investigació en docència universitària pertanyent al Programa Xarxes-I3CE d'Investigació en docència universitària del curs 2019-20 / *Memorias de las redes de investigación en docencia universitaria que pertenece al Programa Redes -I3CE de investigación en docencia universitaria del curso 2019-20*

Organització: Institut de Ciències de l'Educació (Vicerectorat de Qualitat i Innovació Educativa) de la Universitat d'Alacant/ *Organización: Instituto de Ciencias de la Educación (Vicerrectorado de Calidad e Innovación Educativa) de la Universidad de Alicante*

Edició / Edición: Rosabel Roig-Vila (Coord.), Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades (Eds.)

Comité tècnic / Comité técnico: Neus Pellín Buades

Revisió i maquetació: ICE de la Universitat d'Alacant/ Revisión y maquetación: ICE de la Universidad de Alicante

Primera edició: / *Primera edición:*

© De l'edició/ *De la edición:* Rosabel Roig-Vila , Jordi M. Antolí Martínez, Rocío Díez Ros & Neus Pellín Buades.

© Del text: les autores i autors / *Del texto: las autoras y autores*

© D'aquesta edició: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / *De esta edición: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante*

ice@ua.es

ISBN: 978-84-09-24478-2

Qualsevol forma de reproducció, distribució, comunicació pública o transformació d'aquesta obra només pot ser realitzada amb l'autorització dels seus titulars, llevat de les excepcions previstes per la llei. Adreceu-vos a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necessiteu fotocopiar o escanejar algun fragment d'aquesta obra. / *Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.*

Producció: Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat d'Alacant / Producción: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de la Universidad de Alicante

EDITORIAL: Les opinions i continguts dels textos publicats en aquesta obra són de responsabilitat exclusiva dels autors. / *Las opiniones y contenidos de los textos publicados en esta obra son de responsabilidad exclusiva de los autores.*

72. Elaboración de experiencias docentes con Arduino

J. Francés Monllor¹; V. Navarro-Fuster²; A. Sedano Capellán³; Á. Soria García⁴;
J.J. Galiana Merino⁵, Fco. J. Martínez-Guardiola⁶; M. Á. Sánchez Soriano⁷

¹ Universidad de Alicante, jfmonllor@ua.es

² Universidad de Alicante, victor.navarro@ua.es

³ Universidad de Alicante, asc150@alu.ua.es

⁴ Universidad de Alicante, sg81@alu.ua.es

⁵ Universidad de Alicante, jj.galiana@ua.es

⁶ Universidad de Alicante, fj.martinez@ua.es

⁷ Universidad de Alicante, miguel.sanchez.soriano@ua.es

RESUMEN

En este trabajo se recogen los derivados de la investigación en nuevas estrategias docentes para la docencia en educación superior. En concreto, se detalla la propuesta realizada de utilizar el sistema Arduino para la elaboración de una actividad formativa experimental aplicada a dos titulaciones y asignaturas diferentes. Los grados involucrados son el Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación (GISIT) y el Grado en Física (GF). La experiencia docente diseñada se centra en la medida de la directividad de fuentes sonoras. El diseño de la actividad formativa persigue realizar una actividad experimental con enfoques diferentes para la asignatura Acústica del GISIT y de la asignatura Técnicas Experimentales IV (TEIV) del GF. La asignatura Acústica es de 2º curso mientras que TEIV es de 4º, por lo que el contexto del alumnado es muy dispar. Además, el objetivo de la actividad formativa en ambos casos también lo es. En el caso de Acústica, la actividad formativa está más enfocada al fenómeno físico de la directividad sonora de fuentes, mientras que para el caso de la actividad formativa para la asignatura TEIV el objetivo se centra más en el sistema de control y de instrumentación basado en Arduino.

Palabras clave: Arduino, Instrumentación electrónica, Acústica, Directividad de fuentes sonoras

1. INTRODUCCIÓN

La motivación de este trabajo surge a raíz de la impartición durante varios años de la asignatura Acústica en el GISIT. A lo largo de las diferentes actividades prácticas una de ellas siempre ha sido un reto desde el punto de vista logístico. Esta actividad práctica es la medida de la directividad. Esta práctica se basa en medir la presión sonora de un altavoz que está situado sobre una plataforma giratoria. Mediante un micrófono se registra la variación de voltaje (proporcional a la presión) en función del ángulo de rotación del altavoz. Habitualmente, esta actividad se hace en grupos de dos a tres alumnos/as en un laboratorio de alrededor de diez puestos. Esto implica que en ocasiones habrá hasta diez fuentes sonoras al unísono interfiriendo unas a otras. Esto ocasionaba momentos de tensión y frustración ya que normalmente los resultados de la experiencia no podían ser evaluados de forma cuantitativa sino cualitativa debido a los problemas logísticos anteriormente mencionados. Por ello, en esta red se ha propuesto rediseñar esta actividad formativa tomando ciertas decisiones que varían el enfoque de la actividad. Estas decisiones se basan en los siguientes puntos:

- Situar la fuente sonora en el interior de una caja de unos 30 cm de arista aproximadamente.
- Controlar la rotación del altavoz (fuente sonora) mediante Arduino.
- Incorporar una serie de controles, pantalla LCD, etc para poder dar información al alumnado sobre el procedimiento de la medida.

El introducir la fuente sonora en el interior de la caja se debe principalmente a reducir la interferencia entre puestos de laboratorio. El hecho de introducir el altavoz en la caja afectará en cierto modo al patrón directivo pero para ello se introducirá material absorbente con el objetivo de minimizar este efecto. Dado que la fuente sonora se introduce en la caja, es necesario un sistema sencillo de control y movimiento de la fuente sonora que nos permita rotarla sin tener que manipular el altavoz más de lo debido.

Para poder realizar esta actividad es necesario programar un sistema de instrumentación que sea capaz de mover el altavoz (rotarlo), mostrar en una pantalla LCD la posición actual del altavoz, así como la medida de presión o voltaje.

Una vez planteado este problema, en esta red se ha ideado una actividad formativa basada en la medida de la directividad de una fuente sonora (Kinsler & Frey, 1962; István & Beranek, 2005). Dado que la elaboración del sistema de instrumentación mediante Arduino (Casas et al 2018, Puente et al, 2017) está fuera del temario de una asignatura como Acústica, se ha planteado proporcionar el sistema ya diseñado, implementado y configurado. Sin embargo, estos pasos, es decir, el diseño, la implementación y la configuración pueden ser muy útiles para el alumnado de la asignatura de 4º curso del GF, TEIV. De hecho, en la asignatura TEIV parte del temario se dedica al aprendizaje de Arduino enfocado a la instrumentación electrónica. Por ello, a continuación, se listan los objetivos planteados a partir del contexto aquí detallado.

2. OBJETIVOS

Los objetivos de esta investigación docente se enumeran a continuación:

- Diseñar un sistema de instrumentación basado en Arduino para la medida de la directividad sonora de altavoces.
- Implementar el sistema con las siguientes características de E/S: interruptor rotatorio que permita rotar la fuente en sentido horario y antihorario, motor paso a paso para mover la fuente, y pantalla

LCD que muestre la información sobre el ángulo actual de la fuente y la medida.

- Diseñar el sistema de instrumentación mediante un diagrama de bloques que detalle los estados de la máquina de instrumentación.
- Implementar la máquina en lenguaje Arduino.
- Adaptar la actividad a las dos asignaturas mencionadas: Acústica y Técnicas Experimentales IV.

3. MÉTODO

3.1. Descripción del contexto y de los participantes

El contexto de esta investigación tal y como se ha mencionado anteriormente se basa en dos asignaturas de 2º y 4º curso del GISIT y del GF. En particular las asignaturas involucradas serían la asignatura de Acústica del GISIT y la de Técnicas Experimentales IV. La primera de las asignaturas mencionadas forma parte de la intensificación en Ingeniería Acústica del GISIT y el objetivo de esta es la de proporcionar los fundamentos necesarios en el ámbito de la Acústica Física. Por el otro lado, la asignatura de Técnicas Experimentales IV es la cuarta y última de las asignaturas del plan de estudios con una fuerte componente de carga experimental. En particular, esta asignatura está destinada a cubrir los conceptos prácticos de la titulación en el ámbito de la electrónica analógica, digital e instrumentación electrónica.

3.2. Descripción del instrumento utilizado para la investigación o la evaluación de la innovación educativa

Los instrumentos utilizados para realizar esta investigación inicialmente estaban clasificados en dos partes. Una primera parte en los instrumentos de medida para llevar a cabo la actividad. La segunda serie de instrumentos serían aquellos destinados a evaluar las actividades por parte de dos de los integrantes de esta red, los cuales han sido alumnos de la asignatura TEIV durante el presente curso académico 2019-2020.

Sin embargo, debido a la COVID-19 la parte final de este trabajo de investigación no ha podido llevarse a cabo. La experiencia docente se ha diseñado y testeado por los integrantes PDI de este grupo de investigación, pero debido a las dificultades para acceder a los laboratorios y reunirnos todos para realizar una valoración desde el punto de vista del alumnado, esta última etapa de la investigación no ha podido llevarse a cabo.

3.3. Procedimiento

La directividad de una fuente sonora se define como el cociente entre la presión eficaz a una distancia r y el ángulo θ y una presión eficaz de referencia, que suele ser la máxima producida a esa distancia, en el eje de simetría. De forma analítica se expresa como:

$$D(\theta) = \frac{P_{ef}^2(\theta)}{P_{m\acute{a}x}^2} \quad (1)$$

o expresado en decibelios

$$D_{dB}(\theta) = 10 \log \frac{P_{ef}^2}{P_{m\acute{a}x}^2} \quad (2)$$

Para una fuente sonora con simetría de revolución, el factor de directividad en la dirección θ_0 se puede obtener mediante la siguiente expresión simplificada:

$$Q(\theta_0) = \frac{4\pi I(\theta_0)}{\int_0^\pi d\theta I(\theta) \sin \theta \int_0^{2\pi} d\phi} = \frac{2I(\theta_0)}{\int_0^\pi d\theta I(\theta) \sin \theta} \quad (3)$$

El índice de directividad es el factor de directividad expresado en decibelios,

$$ID(\theta_0) = 10 \log Q(\theta_0). \quad (4)$$

En el caso de tener una serie de medidas discretas la integral del denominador de la ecuación (3) se convierte en un sumatorio, resultando

$$Q(\theta_0) = \frac{2I(\theta_0)}{\sum_{i=1}^n \Delta\theta_i I(\theta_i) \sin \theta_i}, \quad (5)$$

donde $I(\theta_i)$ es la intensidad acústica para cada posición angular θ_i , n es el número de medidas e $\Delta\theta_i$ es el intervalo angular entre las mismas.

Para llevar a cabo este trabajo se ha diseñado un sistema de medida de la directividad sonora mediante el sistema Arduino, un micrófono sencillo con su preamplificador y una caja de madera de 30 cm de arista. Este montaje se muestra en la Figura 1.

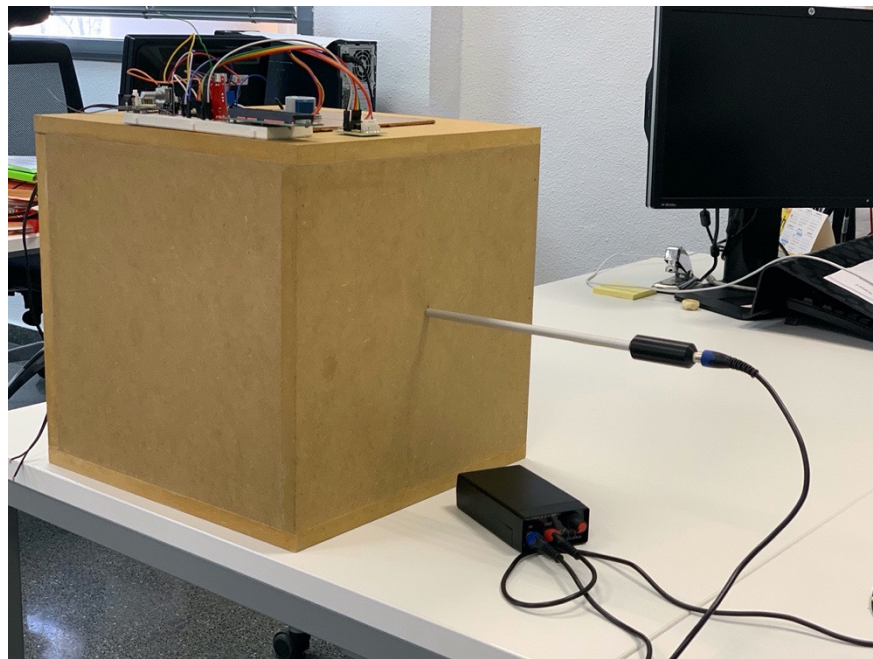


Figura 1: Fotografía de la configuración de medida donde se puede identificar la caja y la sonda microfónica que se introduce por un pequeño orificio. La caja negra es el preamplificador microfónico de la sonda y el sistema Arduino y el motor paso a paso se sitúan encima de la caja.

El micrófono junto con el preamplificador proporciona una lectura de voltaje eficaz (v_{ef}) proporcional a la presión sonora eficaz (p_{ef}^2). Realizando un razonamiento sencillo se puede llegar a la conclusión que $I \propto p_{ef}^2 \propto v_{ef}^2$, por lo que los valores obtenidos a partir del sistema de instrumentación pueden introducirse en la ecuación (5) para obtener el factor de directividad Q .

El procedimiento de medida sería el siguiente, se introduciría la fuente sonora en la caja mostrada

en la Figura 1, se ajusta el sistema para que la normal del altavoz apunte a la sonda microfónica (que estén a la misma altura). Esta será la referencia de 0° . Se configurará el salto en grados para cada medida (este aspecto se detallará en las siguientes secciones). El micrófono debe estar conectado a un preamplificador y éste al sistema Arduino. El altavoz se conectará al generador de audio disponible en el laboratorio y se excitará con diferentes frecuencias armónicas.

Para obtener las medidas experimentales es necesario seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar una frecuencia de 2000 Hz con el generador de funciones.
- Seleccionar un ángulo de 0° para el altavoz.
- Medir durante varios segundos la amplitud de la tensión registrada en el osciloscopio y anote el valor mínimo observado. Repetir la medida dos veces más para tener un total de tres medidas por ángulo.
- Repetir los pasos anteriores para cada ángulo en intervalos de 20° y para las frecuencias de 40000 y 8000 Hz.
-

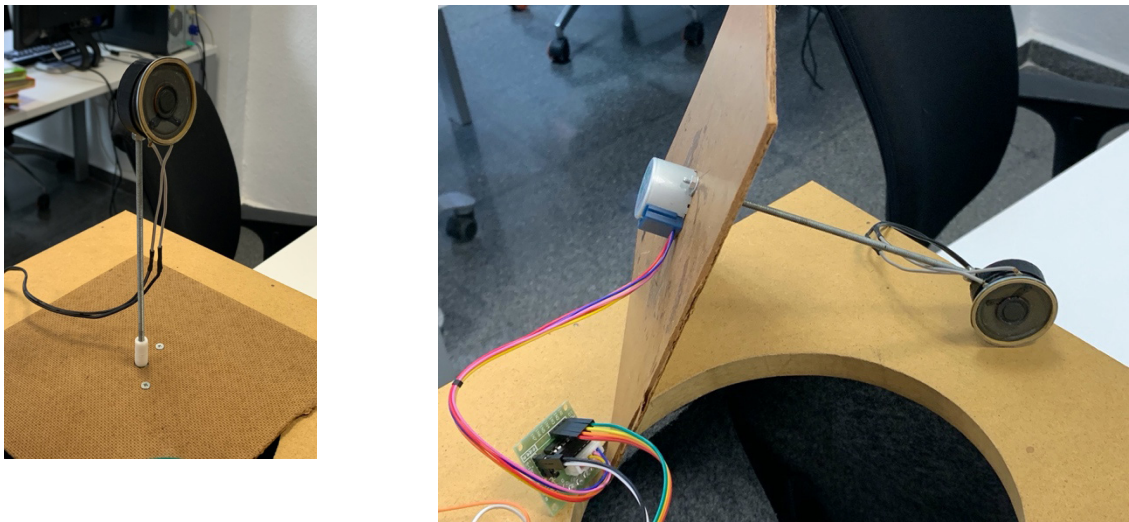


Figura 2: (Izquierda) Detalle del altavoz empleado. (Derecha) Fotografía donde se aprecia el motor paso a paso con su controlador y el anclaje al altavoz.

El altavoz bajo estudio estará conectado a un motor paso a paso como el que se muestra en la Figura 2. El motor paso a paso está disponible en el kit de Arduino disponible en el laboratorio. En la Figura 3 y Figura 4 se muestran el detalle del transductor adherido al motor paso a paso y el interior de la caja. También se ha recurrido a una pantalla LCD tipo 16x2 a través del bus I2C. Este protocolo permite simplificar la comunicación a través de Arduino y la pantalla a través de una comunicación basada en un par de hilos. El esquema empleado se muestra en la Figura 5.

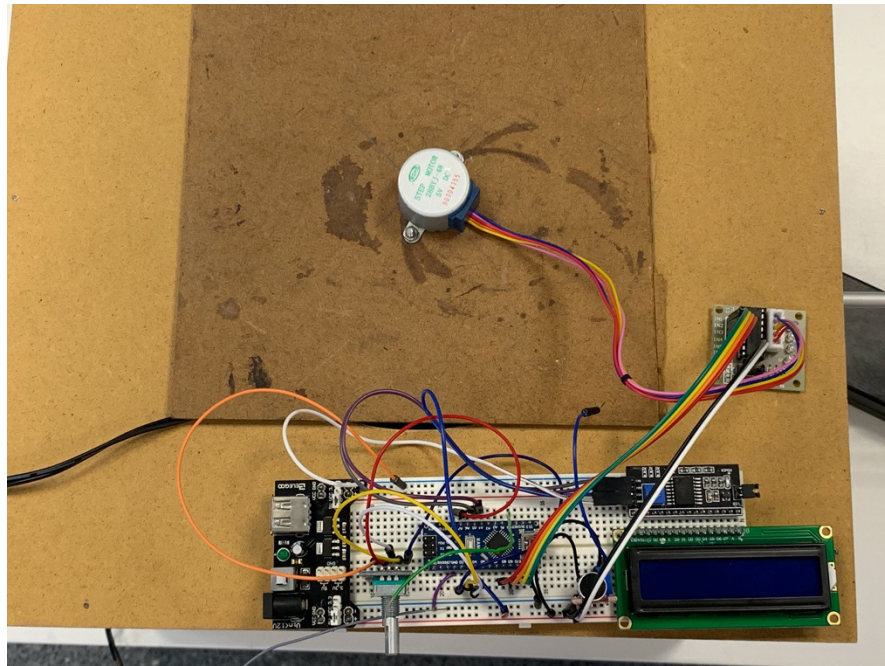


Figura 3: Detalle del montaje utilizado para el sistema de instrumentación basado en Arduino para la medida de la directividad sonora.

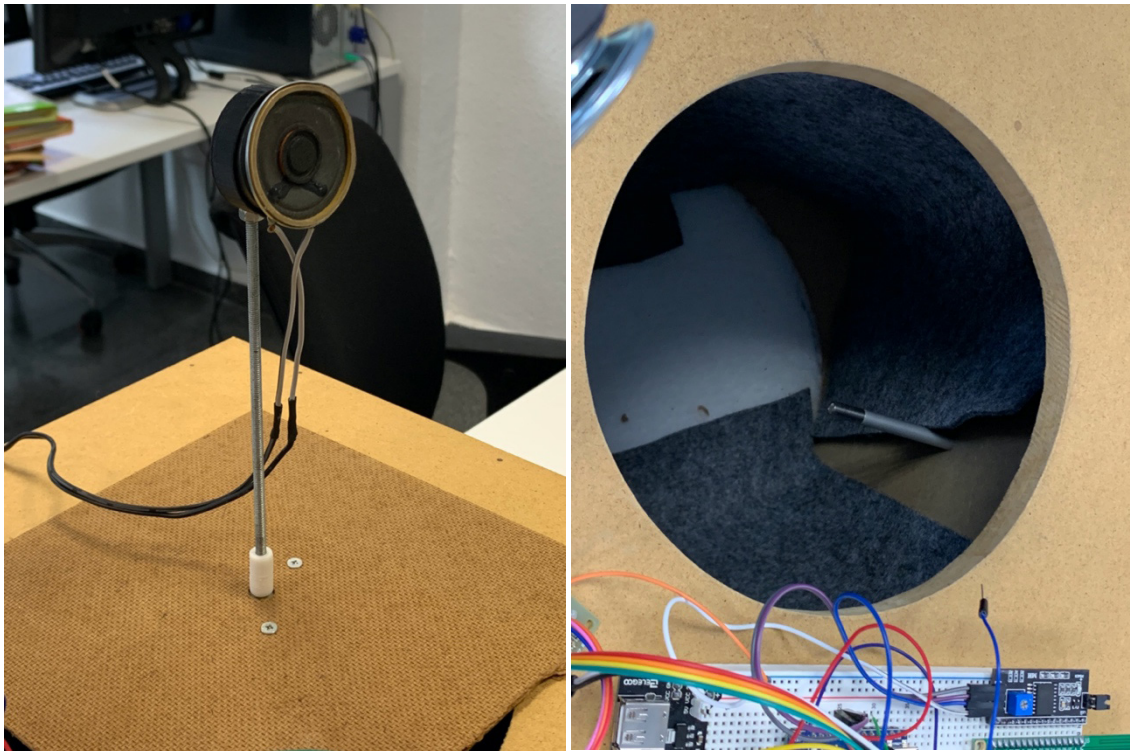


Figura 4: (Izquierda) Altavoz montado en el soporte para rotar a través del motor paso a paso. (Derecha) Orificio superior de la caja donde se sitúa el transductor. En el interior se puede ver como penetra la sonda microfónica en el interior de la caja.

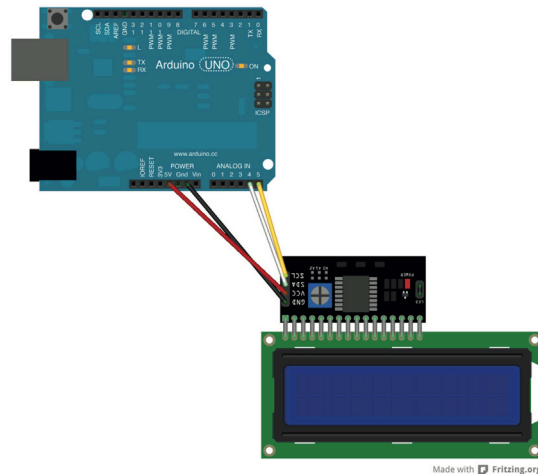


Figura 5: Esquema de montaje de la placa I2C para Arduino y la pantalla LCD 16x2 (Fuente AZDelivery)

El instrumento se ha ideado para que pase por lo siguientes estados:

1. Por la pantalla LCD se preguntará al usuario por el el parámetro $\Delta\theta_i$. En la pantalla aparecerá un texto similar a este: $d\theta = 2 \text{ deg}$.
2. Mediante el potenciómetro se podrá variar $\Delta\theta_i$ entre 2° y 90° . Si el usuario gira en el sentido contrario el potenciómetro a valores negativos, el sistema dará un mensaje de error y establecerá $\Delta\theta_i$ a un valor inicial, por ejemplo 2° . En este punto, la fuente sonora no se mueve.
3. El usuario podrá ver en la pantalla LCD el valor configurado para $\Delta\theta_i$ a medida que vaya girando el potenciómetro.
4. Una vez que el valor de $\Delta\theta_i$ es el deseado se pulsará el potenciómetro para fijar dicha constante.
5. A partir de este punto, el usuario podrá girar la fuente sonora (a través del motor paso a paso) a intervalos $\Delta\theta_i$. El valor acumulado del ángulo se mostrará en la pantalla LCD (línea 1) en todo momento, por ejemplo: “Theta = 22 deg”
6. En la segunda línea de la pantalla LCD se mostrará el voltaje obtenido a partir de la entrada analógica de Arduino utilizada para registrar el voltaje proveniente de la sonda microfónica. En este caso se utilizará la entrada analógica A0. El texto mostrado será similar a este ejemplo: “Voltaje = 2.03 V”.
7. En cualquier momento entre los pasos 5 y 6 el usuario podrá presionar el potenciómetro para que la fuente sonora vuelva al estado inicial, es decir, el motor deshará todos los pasos recorridos volviendo la fuente sonora a la posición en la que estaba al finalizar el punto 4.

4. RESULTADOS

Una vez diseñada la experiencia docente se puede comprobar como los resultados obtenidos a través del sistema de instrumentación son satisfactorios tal y como se muestra en la Figura 6.

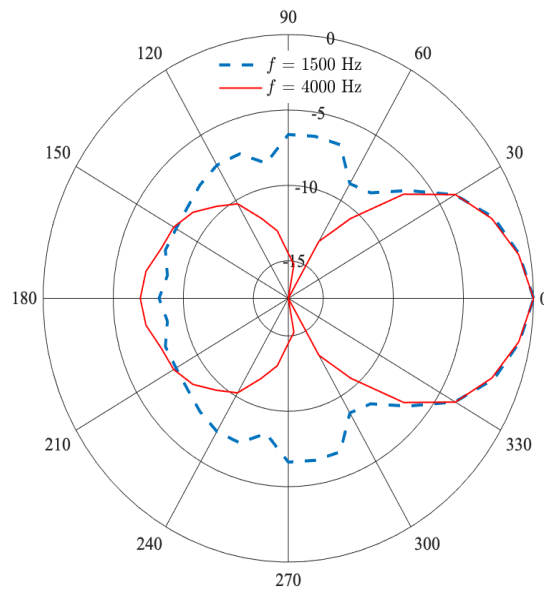


Figura 6: Patrón de directividad para un altavoz de 2" para 1500 (azul) Hz y 3000 Hz (rojo).

El siguiente paso habría sido evaluar la propuesta formativa para ambas asignaturas. Sin embargo, esta etapa no pudo llevarse a cabo en el laboratorio debido a la situación de alarma derivada de la COVID-19.

5. CONCLUSIONES

Los autores de este trabajo consideran que la actividad docente realizada ha sido de gran interés y satisfactoria. Se ha diseñado una actividad docente que puede ser aplicada a dos titulaciones diferentes con variantes para que sean de interés para el alumnado de diferentes asignaturas. Los resultados de las medidas obtenidas son buenos y además minimizan la interferencia entre puestos al introducir la fuente sonora en una caja. Esto permite que cada puesto obtenga medidas consistentes y libres de interferencias sonoras provenientes del resto de puestos del laboratorio. Consideramos que la actividad diseñada puede ser aplicada con garantías a las dos asignaturas siguiendo las premisas que se enumeran a continuación:

- Acústica: centrar la experiencia docente en la obtención de Q a través de la Ec. (5) proporcionando al alumnado el sistema de medida mostrado en la Figura 1 con el sistema de instrumentación previamente cargado y configurado.
- Técnicas Experimentales IV: centrar la experiencia docente en el diseño e implementación del sistema de instrumentación basado en Arduino. Al alumnado se le proporcionaría los diferentes componentes, el diagrama de estados de la máquina y un bloque de código inicial. El alumnado en este caso se encargaría de implementar el código de control del sistema Arduino y realizaría unas medidas de Q a través de la Ec. (5) para validar la configuración implementada.

En ambos casos se pretende diseñar una caja de reducidas dimensiones que incluya el sistema Arduino, la pantalla LCD, el interruptor y la circuitería mostrada en la Figura 1. Esta caja estaría cerrada para el caso de la asignatura de Acústica, donde el alumnado no tiene la necesidad de manipular el montaje del instrumento. Sin embargo, para TEIV, la caja podría ser proporcionada para ser manipulada si fuera necesario. Aunque en ambos casos, la idea es que el alumnado parta del sistema de instrumentación totalmente ensamblado (para el caso de Acústica) y parcialmente ensamblado según la actividad formativa

(más conveniente esta situación para la asignatura de TEIV).

Como futuras líneas de trabajo se puede mencionar el finalizar el diseño de la caja anteriormente mencionada. También se puede abordar la evaluación de la actividad docente desde el punto de vista del alumnado. Por otro lado, se podría evaluar alguna actividad en la cual se pudiera realizar algún tipo de interacción entre los grupos de alumnos/as de las dos asignaturas, aunque esta actividad se tendría que diseñar de forma concienzuda debido a las diferencias en el contexto y la temporalización de ambas asignaturas (impartidas en diferentes cuatrimestres).

6. TAREAS DESARROLLADAS EN LA RED

Se enumerará cada uno de los componentes y se detallarán las tareas que ha desarrollado en la red.

PARTICIPANTE DE LA RED	TAREAS QUE DESARROLLA
J. Francés Monllor	Coordinación del grupo, diseño de la actividad formativa y realización de esta. Elaboración de la memoria y revisión.
V. Navarro-Fuster;	Diseño e implementación del sistema de instrumentación basado en Arduino.
A. Sedano Capellán	Colaboración activa en la investigación de herramientas software para ser aplicadas en metodologías semi-presenciales.
Á. Soria García	Colaboración activa en la investigación de herramientas software para ser aplicadas en metodologías semi-presenciales.
J.J. Galiana Merino	Diseño de la actividad formativa y realización de esta. Elaboración de la memoria y revisión.
Fco. J. Martínez-Guardiola	Diseño de la actividad formativa y realización de esta. Elaboración de la memoria y revisión.
M. Á. Sánchez Soriano	Diseño de la actividad formativa y realización de esta. Elaboración de la memoria y revisión.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casas, C. & Jiménez Castillo, G. & Fernandez-Solas, A. & Carrasco, J. I. & Muñoz, F. (2018). Measurement with Arduino in the subject Electronic Instrumentation. 1-6. 10.1109/TAEE.2018.8476144.
- István L. & I. L. Beranek (2005) Noise and vibration control Engineering: Principles and Applications, Wiley Online Library 2nd edition.
- Kinsler, L. E. & Frey, A. R. (1962), *Fundamental of Acoustics* . New York Wiley.
- Puente, S.T. & Úbeda, A. & Torres, F. (2017). e-Health: Biomedical instrumentation with Arduino, IFAC-PapersOnLine, Volume 50, Issue 1, Pages 9156-9161, ISSN 2405-8963,