

Anexo 2 INNOVA
MEMORIA FINAL. COMPROMISOS Y RESULTADOS
PROYECTOS DE INNOVACIÓN Y MEJORA DOCENTE
2025/2026

Identificación del proyecto	
Código	sol-202500299847-tra
Título	Metodologías innovadoras en las prácticas de laboratorio de Física basadas en sistemas de adquisición de datos en tiempo real
Responsable	Manuel Domínguez de la Vega

1. Describa los resultados obtenidos a la luz de los objetivos y compromisos que adquirió en la solicitud de su proyecto. Incluya tantas tablas como objetivos contempló.

Objetivo nº 1	<i>Propuesta de 2 prácticas de laboratorio de Física para implementar</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<i>Asignar roles entre el profesorado participante.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Tal como se indicó en la solicitud del proyecto, se propusieron dos prácticas de Física: una sobre mecánica (osciladores mecánicos) y otra sobre electromagnetismo (potencial y campo eléctrico). Así, los profesores participantes en el proyecto se dividieron en dos grupos principales de trabajo para desarrollar cada práctica, aunque algunos participaron en ambos. Cada grupo de trabajo diseñó el diagrama de flujo inicial de los programas de control y de adquisición de datos, así como un conjunto inicial de piezas auxiliares para su impresión 3D. Además, como actividad adicional, el responsable del proyecto de innovación docente (M. Domínguez) impartió al resto de miembros del grupo de trabajo un seminario sobre técnicas básicas de <i>vibe coding</i> para programar las placas Arduino y los <i>scripts</i> en lenguaje Python para desarrollar los programas de control, almacenamiento y representación de datos experimentales.

Objetivo nº 2	<i>Implementación de las prácticas</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<i>Actividad 1: Programación de Arduino para comunicar con Raspberry Pi y capturar datos experimentales, usando herramientas de IA.</i> <i>Actividad 2: Desarrollo del software en Python para la interfaz gráfica del sistema de adquisición de datos, usando herramientas de IA.</i> <i>Actividad 3: Diseño y fabricación, mediante impresión 3D, de los elementos mecánicos necesarios para la práctica.</i> <i>Actividad 4: Montaje y comprobación de los sistemas experimentales completos</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	Inicialmente, se construyó un prototipo de cada práctica para realizar una serie de pruebas preliminares antes de

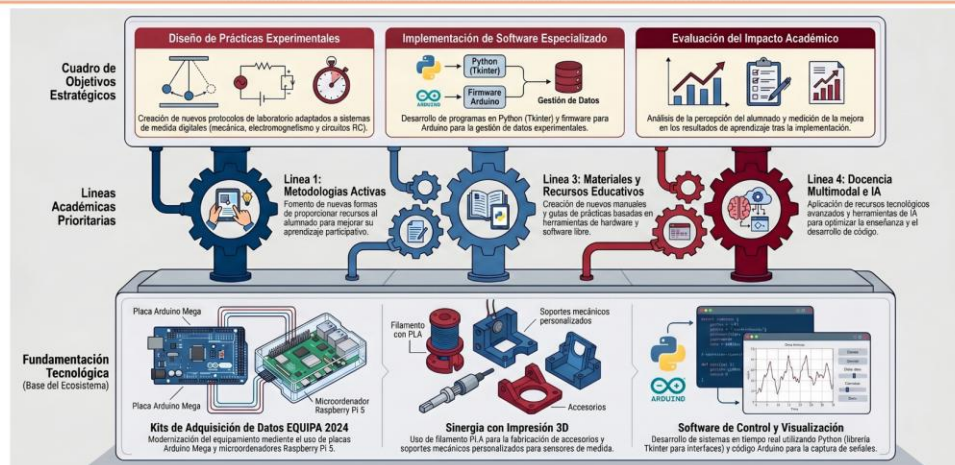
	implementarlas en el laboratorio de prácticas para su uso por los estudiantes. Debido a las distintas dificultades técnicas planteadas por ambas prácticas, su desarrollo resultó desigual. Así, mientras que la práctica dedicada a la medición del potencial eléctrico se pudo implementar rápidamente para incorporarla a las prácticas reales de laboratorio, la correspondiente al estudio del oscilador mecánico requirió distintas iteraciones en las que se fue mejorando el sistema experimental hasta obtener uno de suficiente fiabilidad como para incorporarlo al laboratorio de prácticas de los estudiantes. Como consecuencia de ello, la práctica del potencial eléctrico se pudo realizar en las prácticas de la asignatura “Física II” del Grado en Química, mientras que la práctica del oscilador mecánico sólo se ha probado con el grupo de estudiantes colaboradores del Departamento. Además del desarrollo del software y de las piezas auxiliares impresas en 3D, se modificaron las instrucciones de cada práctica (guiones de laboratorio) para adecuarlas a los nuevos sistemas de medición. En estos guiones de prácticas se introdujeron algunas cuestiones relativas a aspectos concretos del nuevo sistema de medida o del software implementado, que los estudiantes debían responder en su memoria de prácticas. También se incluyeron en los guiones de prácticas algunas preguntas para animar a los estudiantes a proponer posibles mejoras del sistema experimental. Por ejemplo, algunas ideas aportadas por los estudiantes han contribuido a mejorar la práctica sobre el potencial eléctrico, como se explicará más adelante.
--	---

Objetivo nº 3	<i>Evaluar el impacto de la implementación en el aprendizaje de los estudiantes</i>
Actividades que había previsto en la solicitud del proyecto:	<i>Actividad: Recogida de datos sobre la percepción del alumnado y análisis de los resultados obtenidos.</i>
Actividades realizadas y resultados obtenidos:	La evaluación del impacto de las nuevas prácticas se basó en encuestas de opinión dirigidas a los estudiantes que las habían realizado en el laboratorio. En el caso de la práctica de mecánica (oscilador), fueron los alumnos colaboradores quienes la probaron; y en el caso de la práctica de electromagnetismo (potencial eléctrico), se realizó una encuesta entre los estudiantes de Física II del Grado en Química, quienes la realizaron durante el primer cuatrimestre del curso 2025-2026. Esta asignatura contaba con un número relativamente elevado de repetidores (en torno a 1/3 del total), que ya habían realizado la práctica con un sistema de medición manual durante el curso 2024-2025. Por ello, las encuestas relativas a esta práctica se centraron especialmente en estos alumnos que habían repetido la práctica, ahora con el nuevo sistema de medición, con el fin de evaluar la percepción de los alumnos de las mejoras introducidas con el nuevo sistema.

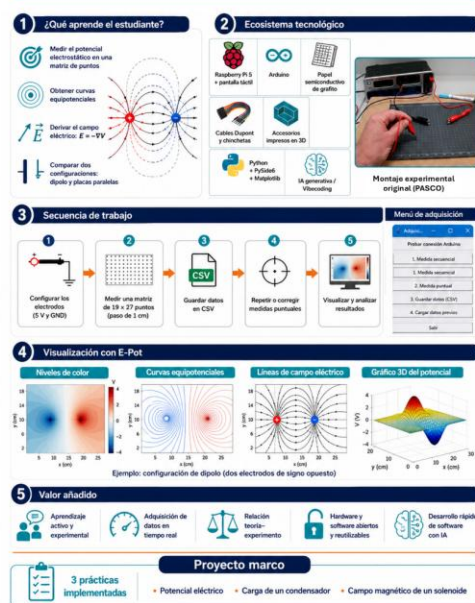
Ecosistemas abiertos para el laboratorio de Física: sinergias entre Arduino, Inteligencia Artificial e impresión 3D

M. Domínguez, M. Ramírez del Solar, J.M. González-Leal, D. Ortega, J.A. Ángel, L.C. Gontard
(+ A. Aguinaco, E. Blanco, O. Bomati, M. Piñero)

Proyecto Innova "Metodologías innovadoras en las prácticas de laboratorio de Física basadas en sistemas de adquisición de datos en tiempo real", ref. sol-202500299847-tra



Práctica: potencial y campo eléctrico



Adaptación al nuevo ecosistema



Figura 1. Póster presentado en las V Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Cádiz.

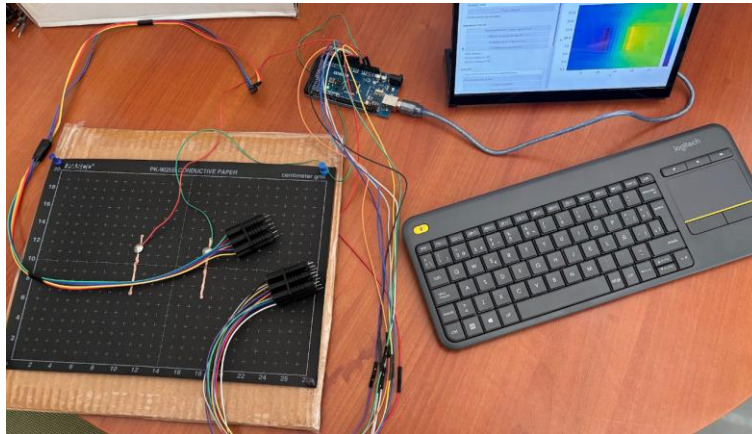


Figura 2. Montaje experimental de la práctica de medición del potencial eléctrico, mostrando la placa Arduino conectada a la Raspberry Pi (situada detrás de la pantalla) y el detalle de los cabezales de medición de 6 y 9 puntas fabricados mediante impresión 3D. Estos cabezales son una mejora del montaje original sugerida por los propios estudiantes.

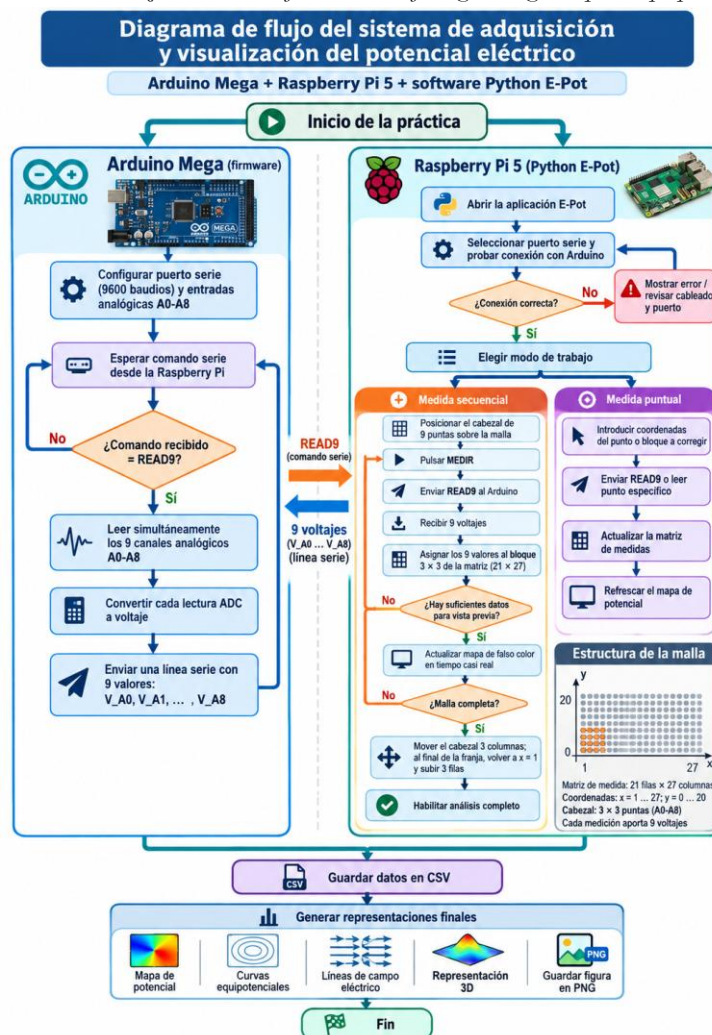


Figura 3. Diagrama de bloques del software desarrollado mediante “vibe coding” con ChatGPT.

2. Realice una breve valoración sobre la influencia del proyecto ejecutado en la evolución de las asignaturas implicadas.

Análisis del impacto de la innovación en las asignaturas relacionadas con el proyecto
En primer lugar, la conversión de las prácticas basadas en medidas manuales en prácticas basadas en el uso de equipo de medición que utilizan sistemas informáticos permite acercar a los estudiantes a los sistemas modernos de medida. Además, la plataforma es lo suficientemente abierta como para que los estudiantes conozcan en todo momento el mecanismo de medición. Dicho de otro modo, el sistema de medida no es una “caja negra” cuyo funcionamiento interno desconocen, sino que les permite ahondar en el procedimiento de medición e incluso formular propuestas para modificarlo y mejorarlo. En segundo lugar, la facilidad de realización de la práctica experimental aumenta y el acceso a los resultados finales es más inmediato, lo que permite a los estudiantes centrarse en los resultados experimentales más rápidamente y abordar su interpretación física mientras aún están en el laboratorio, pudiendo, entre otras cosas, repetir alguna medida que refleje una desviación apreciable respecto del resultado físicamente esperable. Finalmente, hay un reducido grupo de alumnos que muestra cierta experiencia en la programación de placas Arduino, debido a la realización de actividades con este tipo de sistemas en la etapa preuniversitaria. Algunos de estos estudiantes han sido capaces de realizar propuestas de mejora que nos han servido para mejorar el software desarrollado, haciéndoles más partícipes de su propio proceso de aprendizaje. En definitiva, la puesta en marcha de las prácticas mejoradas contribuye a mejorar la adquisición y comprensión de los conceptos físicos que se trabajan experimentalmente en el laboratorio.

3. Incluya en la siguiente tabla el número de alumnado matriculado y el de respuestas recibidas en cada opción y realice una valoración crítica sobre la influencia que el proyecto ha ejercido en la opinión del alumnado.

Opinión del alumnado al inicio del proyecto				
Número de alumnado matriculado:		62 alumnos/as ¹		
Valoración del grado de dificultad que cree que va a tener en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
			X	
Opinión del alumnado en la etapa final del proyecto				
Valoración del grado de dificultad que ha tenido en la comprensión de los contenidos y/o en la adquisición de competencias asociadas a la asignatura en la que se enmarca el proyecto de innovación docente				
Ninguna dificultad	Poca dificultad	Dificultad media	Bastante dificultad	Mucha dificultad
		X		
Los elementos de innovación y mejora docente aplicados en esta asignatura han favorecido mi comprensión de los contenidos y/o la adquisición de competencias asociadas a la asignatura				

¹ Sólo se muestran los resultados derivados de las encuestas realizadas a los estudiantes de la asignatura Física II del Grado en Química.

<i>Nada de acuerdo</i>	<i>Poco de acuerdo</i>	<i>Ni en acuerdo ni en desacuerdo</i>	<i>Muy de acuerdo</i>	<i>Completamente de acuerdo</i>
			X	
En el caso de la participación de profesorado invitado				
<i>La participación del profesorado invitado ha supuesto un gran beneficio en mi formación</i>				
<i>Nada de acuerdo</i>	<i>Poco de acuerdo</i>	<i>Ni en acuerdo ni en desacuerdo</i>	<i>Muy de acuerdo</i>	<i>Completamente de acuerdo</i>
Valoración crítica sobre la influencia que ha ejercido el proyecto en la opinión del alumnado				
La valoración más significativa por parte de los alumnos ha venido de los estudiantes repetidores que, por haber realizado las prácticas con un procedimiento manual, pueden comparar ambos procedimientos experimentales. La opinión de estos estudiantes confirma la mejora esperada en términos de facilidad de la experimentación y de mejora en la comprensión del fenómeno físico estudiado. Como contrapartida, algunos estudiantes han manifestado su interés, no cubierto por el momento, en ahondar más en el procedimiento de medida (función de la placa Arduino, programación del Arduino y del script Python usado en las medidas, etc.). Como consecuencia de esta petición, en el curso 2026/2027 nos planteamos realizar una sesión introductoria a las prácticas en la que se expliquen algunas nociones relativas a la programación científica, tanto de las placas Arduino como del software desarrollado en Python. Finalmente, cabe señalar como ejemplo de mejora de las prácticas basada en la opinión de los estudiantes, la práctica de determinación del potencial eléctrico. En ella se mide el potencial en una matriz de puntos de 21x27 puntos, es decir, un total de 567 medidas puntuales. Esto la hacía especialmente tediosa. Gracias a las propuestas de los estudiantes, se ha mejorado con la incorporación de un cabezal de medida de 9 puntas (impreso en 3D), que permite reducir el número de mediciones a tan sólo 63.				

4. **Describa las medidas de difusión a las que se comprometió en la solicitud y las que ha llevado a cabo. Describa, analice y valore los desajustes respecto a lo previsto en el proyecto y las soluciones aplicadas.**

Descripción de las medidas comprometidas en la solicitud
Los montajes experimentales de prácticas en los que el uso de los kits Arduino/Raspberry Pi resulte más novedoso, servirían de base para elaborar un artículo que se enviaría a la consideración de revistas como The Physics Teacher o Physics Education, donde frecuentemente se publican este tipo de desarrollos educativos. En cualquier caso, el conjunto de las prácticas desarrolladas con esta metodología innovadora se recogerá en un manual que se someterá a criterio del Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz para su publicación.
Descripción de las medidas que se han llevado a cabo
Además de la participación en las V Jornadas de Innovación Docente de la Universidad de Cádiz con una doble contribución: en formato póster con el título “Ecosistemas abiertos para el laboratorio de Física: sinergias entre Arduino, inteligencia artificial e impresión 3D” y en el “Museo de Recursos Innovadores” con el montaje experimental de la práctica sobre el potencial eléctrico. Por otro lado, el desarrollo e implementación de esta práctica de laboratorio también ha servido de base para elaborar un artículo en inglés titulado “Open source development for the student laboratory of Physics: synergies between Arduino, vibe coding and 3D printing”, que fue inicialmente enviado a la revista The Physics Teacher (AIP Publishing). Desafortunadamente, el artículo ha sido recientemente rechazado por el editor y, tras una revisión de su contenido a la luz de la respuesta y sugerencias del propio editor, se enviará a la revista Physics Education (IOP Publishing).
La publicación del manual de las prácticas queda pendiente hasta que finalmente se implementen un conjunto mínimo de prácticas de laboratorio con este kit Arduino/Raspberry Pi se realizará al finalizar la conversión de todas las prácticas previstas.

5. **Conclusiones.** Entre ellas, describa las aplicaciones futuras del proyecto, su sostenibilidad y posible continuidad y estrategias para ello.

Conclusiones
La incorporación del tándem Arduino/Raspberry Pi es factible en un buen número de prácticas del laboratorio de Física, de utilidad para las asignaturas de Física I y Física II de todas las titulaciones de la Facultad de Ciencias (Grado en Química, Grado en Enología, Grado en Biotecnología, Grado en Ingeniería Química e, incluso, en el Grado en Matemáticas). En este sentido, se ha solicitado un nuevo proyecto de innovación docente para el curso 2026/2027 (ya concedido) que permitirá continuar la senda abierta por el proyecto descrito en la presente memoria. La mayor ventaja del proyecto es que permite desligarse de sistemas de medición propietarios proporcionados por las empresas dedicadas al sector de la prácticas de laboratorio de Física, incorporando una plataforma de software y hardware abierto que el profesorado de Física puede amoldar a las necesidades formativas del alumnado y a la disponibilidad económica de los Departamentos. La programación con ayuda de aplicaciones de Inteligencia Artificial (<i>vibe coding</i>) ha supuesto un salto importante para facilitar la incorporación a esta plataforma del profesorado con menos conocimientos de programación científica. Por último, la incorporación de piezas fabricadas por impresión 3D (en parte, también diseñadas con herramientas de IA) facilitan la adaptación de prácticas comerciales a la nueva plataforma Arduino/Raspberry Pi, allanando aún más el terreno para futuros desarrollos que son obviamente exportables a las prácticas de Física que imparten otros Departamentos de la Universidad así como al desarrollo de prácticas de otras disciplinas científicas que requieran la medida de múltiples parámetros, como pueden ser las prácticas de Química, Biotecnología, Ingeniería, etc. Para ello, sólo es necesario encontrar los sensores adecuados (ópticos, de pH, de temperatura, de presión, etc.) que puedan conectarse a la placa Arduino. Será necesario plantear una estrategia de comunicación de resultados dirigida al resto de la comunidad universitaria interesada en estos desarrollos.