

Primeros pasos en el uso de laboratorios remotos en prácticas de electrónica (ID2020/120)

Proyecto de Innovación Docente (PID) 2020/2021

Universidad de Salamanca

Memoria de resultados

30 de junio de 2021

María Moreno Vázquez
Departamento de Física Aplicada
maria.moreno@usal.es

Tabla de contenidos

1. Introducción	5
2. Objetivos del proyecto	6
3. Acciones implementadas y resultados obtenidos.....	7
3.1. Formación inicial del profesorado.....	7
3.2. Establecimiento de relaciones colaborativas con miembros de la federación VISIR.....	10
3.3. Preparación de materiales docentes.....	11
3.4. Uso de laboratorios VISIR por los estudiantes de la asignatura “Instrumentación Electrónica” de la EPS de Zamora.....	14
3.5. Evaluación de la acogida que el uso de laboratorios remotos tiene entre los estudiantes	16
3.6. Evaluación del impacto que el uso de laboratorios remotos tiene sobre el aprendizaje	17
4. Análisis de los resultados y discusión.....	17
5. Conclusiones.....	18
6. Referencias.....	18

1. Introducción

La importancia de las prácticas de laboratorio en la docencia de ciencias e ingenierías es bien conocida. En docencia de Electrónica, la experimentación permite al alumno interactuar con componentes e instrumentos reales, verificar las leyes que rigen el comportamiento de los circuitos y familiarizarse con efectos no deseados. En las instituciones educativas, sin embargo, las sesiones de laboratorio tradicionales (presenciales) suelen estar bastante limitadas por razones diversas y complejas: coste elevado de los componentes y de los equipos, requerimiento de espacios y de profesores especializados durante las sesiones de prácticas, etc.

Los “laboratorios remotos” han surgido como respuesta de las áreas educativas científicas y tecnológicas a esta situación. Los laboratorios remotos son equipos e instrumentos reales, controlados y monitorizados de forma remota, en tiempo real [1]. Proporcionan acceso ubicuo y disponibilidad temporal --las 24 horas del día, los 7 días de la semana-- a través de internet. Al igual que los laboratorios presenciales, los laboratorios remotos operan en entornos reales. Las mediciones obtenidas provienen de la interacción con el mundo real, una característica que los distingue de los laboratorios virtuales (basados en software de simulación) y que supone una gran ventaja desde un punto de vista docente.

El proyecto de innovación docente “Primeros pasos en el uso de laboratorios remotos en prácticas de electrónica” (ref. ID2020/120) ha tenido como objetivo principal mejorar la docencia de asignaturas con contenidos de electrónica analógica que se imparten en la USAL, incorporando actividades prácticas en las que los estudiantes usen laboratorios remotos, concretamente, alguno de los laboratorios remotos que forman parte de la federación VISIR.

VISIR (*Virtual Instrument Systems in Reality*) es un laboratorio remoto, dedicado a experimentos de electrónica analógica, que lanzó el Instituto Blekinge de Tecnología (BTH) en Suecia a finales de 2006 [2]. Permite a profesores y estudiantes realizar experimentos del mundo real, de forma remota y en tiempo real. Un laboratorio VISIR replica virtualmente un banco de trabajo de electrónica analógica tradicional. Permite a los usuarios monitorizar señales, realizar medidas, implementar circuitos electrónicos y, esencialmente, interactuar de forma remota con un laboratorio de electricidad/electrónica real.

El proyecto de innovación ID2020/120 se ha desarrollado en la asignatura “Instrumentación Electrónica” de la Doble Titulación Grado en Ingeniería de Materiales/ Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad de Salamanca. Se trata de una asignatura obligatoria que se imparte durante el segundo semestre del 2º curso y que está dedicada a profundizar, por medio de prácticas de laboratorio, en el conocimiento obtenido en la asignatura “Fundamentos de Electrónica” impartida durante el primer semestre. La asignatura cubre 4.5 ECTS, de los cuales 4,0 ECTS se dedican a la práctica y 0,5 ECTS a la teoría.

Una vez ejecutado el proyecto, en esta memoria se describen las principales conclusiones y resultados obtenidos. En la Sección 2, se recuerdan los objetivos planteados y se detalla el grado de consecución alcanzado. La Sección 3 describe las acciones implementadas y los resultados obtenidos. En la Sección 4, se discuten los resultados. Finalmente, la Sección 5 resume las conclusiones.

2. Objetivos del proyecto

Como se ha adelantado, el proyecto ID2020/120 ha tenido como objetivo general:

Mejorar la docencia de asignaturas con contenidos de Electrónica Analógica que se imparten en la USAL, incorporando a la docencia actividades prácticas en las que los estudiantes usen laboratorios remotos, concretamente, alguno de los laboratorios remotos que forman parte de la federación VISIR.

Este objetivo está alineado con el objetivo de la convocatoria PID 2020/2021:

“Promover innovaciones docentes que promuevan la integración de modalidades online en la docencia oficial, para la mejora del aprendizaje de los estudiantes”.

También está alineado con otros objetivos de la misma:

“Potenciar el desarrollo de técnicas, procesos y estrategias docentes innovadoras que impulsen la participación activa del estudiante universitario”;

“Renovar la metodología de las clases teóricas y prácticas para mejorar la formación global de los estudiantes y sus resultados académicos”;

“Propiciar e institucionalizar prácticas docentes eficientes y mejorar la calidad de los materiales didácticos”.

El proyecto se encuadra dentro de la acción 2 de la convocatoria PID 2020/2021: “Innovación en la gestión y desarrollo on-line de los procesos de enseñanza y aprendizaje”.

El proyecto proponía reforzar las actividades no presenciales de la mencionada asignatura de “Instrumentación Electrónica”. En concreto, se proponía ofrecer a los estudiantes la posibilidad de realizar prácticas remotamente, usando la plataforma VISIR. Con ello se perseguía que los estudiantes pudiesen dedicar más tiempo a actividades prácticas, y ello redundase en una mejor capacitación práctica y una mejor comprensión de los conceptos teóricos por parte de los mismos.

La Tabla 1 muestra los objetivos específicos que se definieron para alcanzar el objetivo general del proyecto y una estimación (propia) del grado de consecución de los mismos.

Tabla 1. Objetivos del proyecto y grado de consecución de los mismos.

Objetivo	Grado de consecución
Formación inicial del profesorado en el uso de laboratorios VISIR.	Conseguido
Establecimiento de relaciones colaborativas con los miembros de la federación VISIR.	Conseguido
Selección/preparación de materiales docentes, adaptados a la asignatura “Instrumentación Electrónica” de la Doble Titulación Grado en Ingeniería de Materiales/ Grado en Ingeniería Mecánica de la USAL.	Conseguido
Uso de laboratorios VISIR por los estudiantes de la asignatura “Instrumentación Electrónica” impartida en la Escuela Politécnica Superior de Zamora (EPSZ).	Conseguido
Evaluación de la acogida que el uso de laboratorios remotos tiene entre los estudiantes.	Conseguido
Evaluación del impacto que el uso de laboratorios remotos tiene sobre el aprendizaje.	Resultados poco claros

3. Acciones implementadas y resultados obtenidos

3.1. Formación inicial del profesorado

El primer paso que el profesorado dio en la ejecución de este proyecto fue investigar los recursos existentes para realizar prácticas no presenciales. Como resultado de dicha investigación, se vio que los laboratorios remotos tienen ya cierta implantación en docencia. Posteriormente, el profesorado investigó qué laboratorios remotos se han implementado para realizar prácticas docentes de electrónica. De esta manera, se tuvo conocimiento de los laboratorios VISIR y de la federación PILAR [3-5].

Para posibilitar el control remoto, un laboratorio VISIR utiliza hardware y software. El hardware del laboratorio remoto VISIR incluye dos subsistemas clave: (i) una plataforma de instrumentación y (ii) una matriz de conmutación de relés (Fig. 1). La comunicación entre ambos subsistemas se realiza a través de un cable USB.

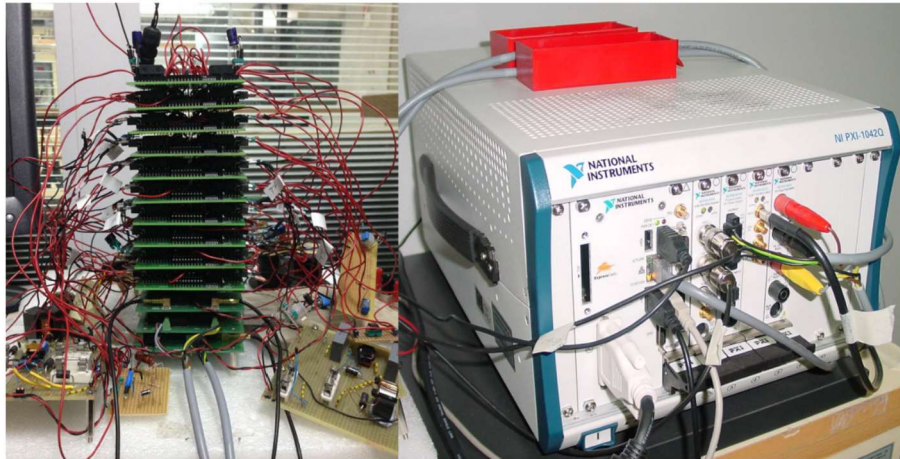


Fig. 1: Laboratorio VISIR en la UNED.

La plataforma de instrumentación consta de, al menos, un chasis de National Instruments (NI), módulos PXI (*Peripheral Component Interconnect, PCI, eXtensions for Instrumentation*) -- generador de funciones, fuente de alimentación DC, osciloscopio y multímetro-- y un controlador del sistema de tipo PC o empotrado. El chasis proporciona un bus de comunicación para los módulos PXI alojados en él, además de alimentación y refrigeración.

La matriz de conmutación de relés es una pila de dos tipos de placas: placas de componentes y placas de instrumentos. Las placas de instrumentos permiten la conexión de los módulos PXI a la matriz. Las placas de componentes acomodan los componentes que se emplean para experimentar.

El software VISIR es de código abierto. Se divide en software de experimentación, software de medición y software del equipo. El cliente de experimentación permite al usuario (estudiante) interactuar con el laboratorio remoto (Fig. 2). Los estudiantes pueden seleccionar los diferentes instrumentos para configurarlos. El servidor de medición recibe las solicitudes del cliente de experimentación y proporciona las respuestas del experimento a los usuarios a través del cliente de experimentación. El servidor del equipo controla el hardware del sistema VISIR de acuerdo con las solicitudes de los usuarios.

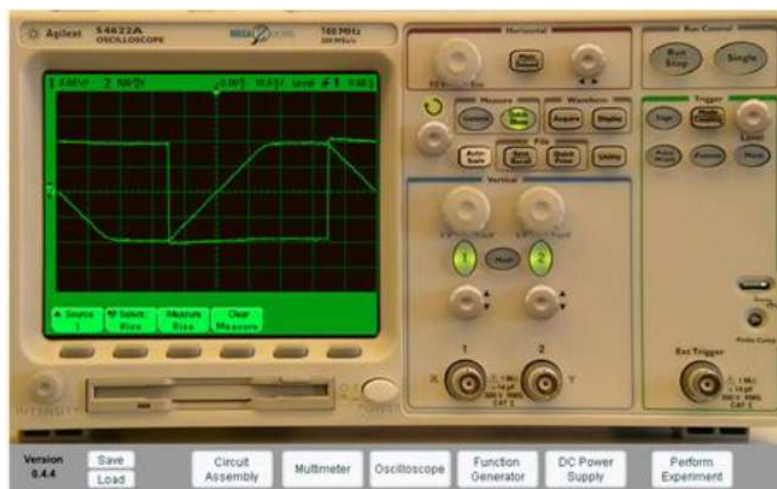
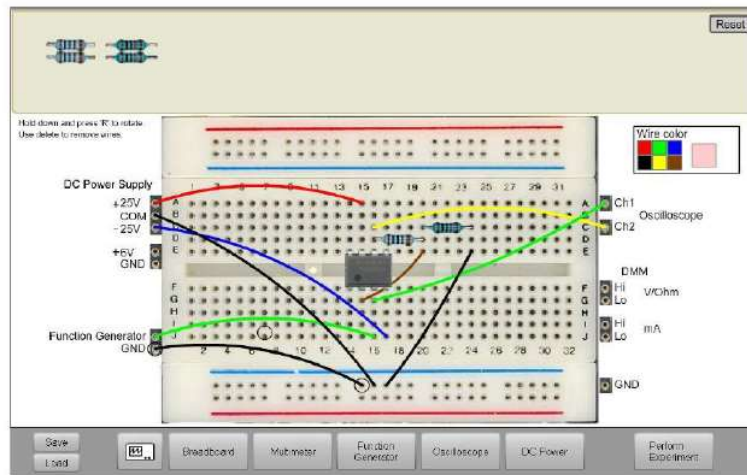


Fig. 2: Interfaz de VISIR

La federación VISIR es una alianza de laboratorios VISIR, resultante del proyecto PILAR (2016-2019), que cuenta con 5 sistemas VISIR, ubicados en 5 instituciones de educación superior diferentes, interconectados entre sí a través de Internet (Fig. 3) [3-5].

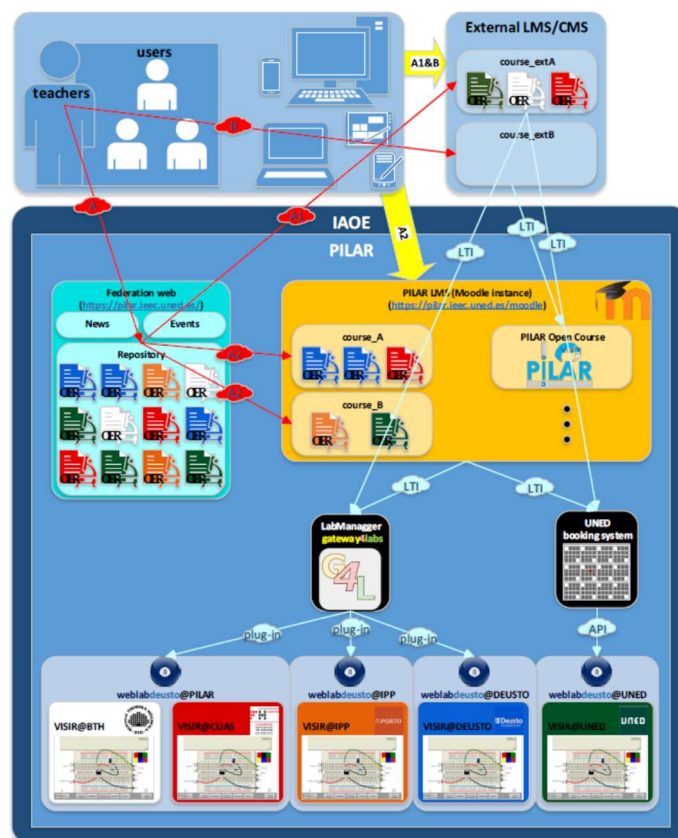


Fig. 3: Arquitectura de la federación VISIR.

Es posible acceder a laboratorios VISIR a través de dos plataformas: (i) OpenLabs Electronics Laboratory, gestionada por BTH y (ii) PILAR, gestionada por WebLab-Deusto. Los recursos PILAR se implementan y están disponibles en una plataforma Moodle.

3.2. Establecimiento de relaciones colaborativas con miembros de la federación VISIR

Para poder ejecutar este proyecto de innovación docente, la coordinadora del mismo contactó, en una etapa inicial, con el Prof. Manuel Castro, miembro del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Control, Telemática y Química Aplicada a la Ingeniería (DIEECTQAI) de la UNED y Coordinador del proyecto PILAR (federación VISIR). El Prof. Manuel Castro nos confirmó la posibilidad de acceder al laboratorio VISIR de la UNED en el contexto del presente proyecto.

Posteriormente, miembros del DIEECTQAI-UNED y del Área de Electrónica de la USAL hemos mantenido reuniones por videoconferencia y contacto por correo electrónico, para poder llevar a cabo las acciones que las distintas etapas del proyecto han requerido. Desde el primer momento, el Prof. Manuel Castro y sus colaboradores --Prof. Félix García y Prof. Blanca Quintana-- nos han prestado un valioso apoyo. Este proyecto ha sido posible gracias a los medios materiales que han puesto a disposición de los alumnos de la mencionada asignatura de "Instrumentación Electrónica" y a su ayuda desinteresada.

El DIEECTQAI-UNED lleva más de 25 años impartiendo docencia a distancia en 5 áreas de conocimiento, y más de 15 años participando en proyectos de investigación relacionados con

las áreas de E-learning, Electrónica y electricidad, Control y automática y Química industrial aplicada. En el Área de Electrónica de la USAL tenemos intereses comunes. La experiencia del presente proyecto abre la puerta a que, en el futuro, puedan surgir oportunidades de colaboración.

3.3. Preparación de materiales docentes

La asignatura en la que se ha desarrollado este proyecto de innovación tiene un carácter eminentemente práctico y un 100% de contenidos de electrónica analógica. Existe un muy buen ajuste entre las características de la asignatura y las características de los laboratorios VISIR.

Para que los estudiantes de la asignatura en la que se centra este PID pudieran realizar prácticas con VISIR, los gestores del laboratorio remoto crearon un curso específico (“Instrumentación Electrónica USAL”) en la plataforma Moodle de PILAR-VISIR (Fig. 4). Una vez creado el curso, los gestores del sistema dieron de alta a los estudiantes de la asignatura, registrando sus direcciones de correo electrónico de la USAL. El sistema proporcionó automáticamente a cada estudiante una palabra clave privada para poder acceder al mismo. Completado el proceso de registro, los estudiantes dispusieron de acceso al curso las 24 horas del día, los 7 días de la semana.

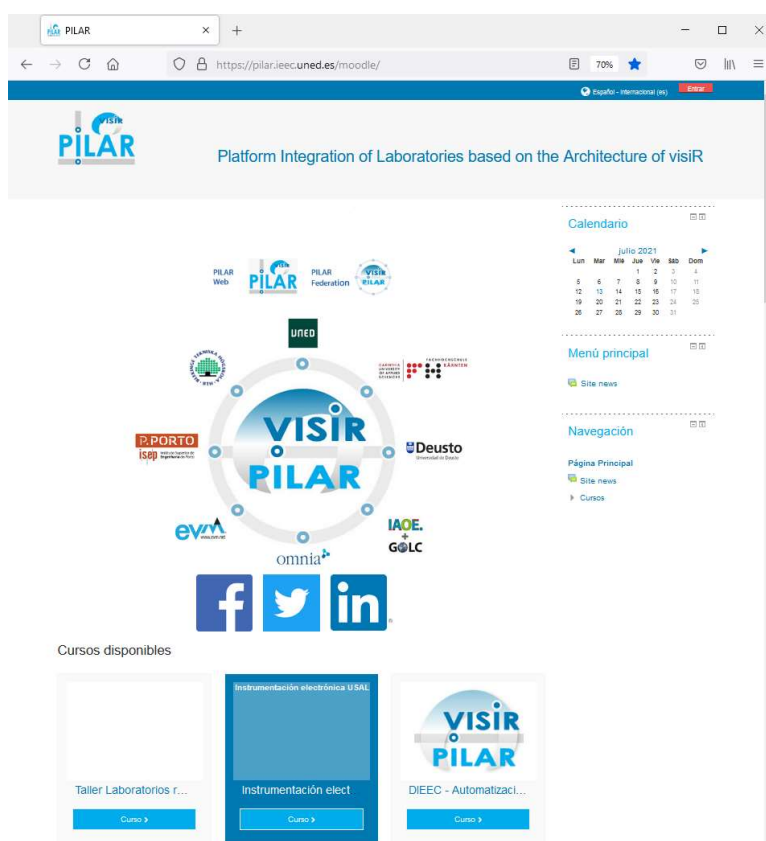


Fig. 4: Plataforma Moodle de PILAR-VISIR

Para guiar a los estudiantes en el uso del laboratorio VISIR, la profesora coordinadora del PID preparó materiales docentes adaptados a la asignatura, consultando la disponibilidad de determinados componentes a los gestores del laboratorio remoto. Se prepararon guiones específicos para la realización de prácticas de forma remota (Fig. 5).



Fig. 5: Portada del “Manual de prácticas PILAR-VISIR” de la asignatura “Instrumentación Electrónica”.

El “Manual de prácticas”, recopilatorio de los guiones, se puso a disposición de los estudiantes en el curso de la asignatura creado en la plataforma Moodle de PILAR-VISIR (Fig. 6).

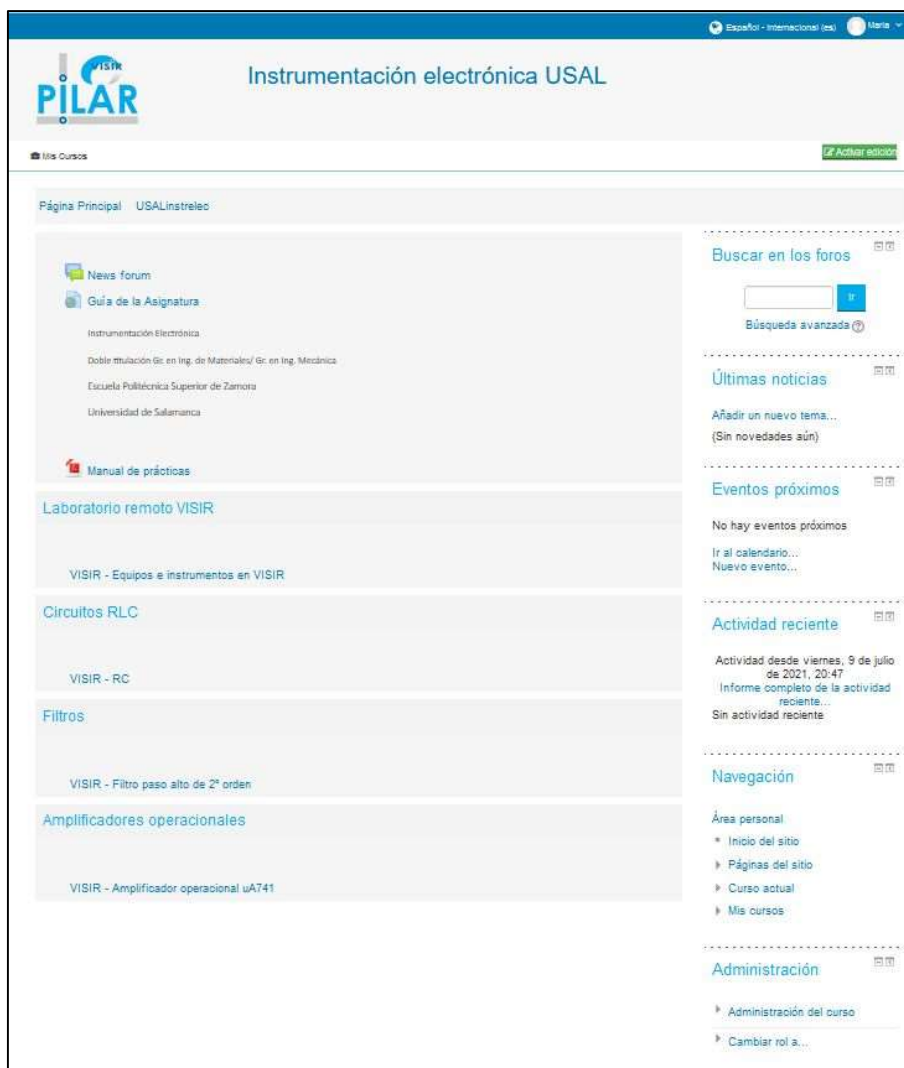


Fig. 6: Curso de la asignatura “Instrumentación Electrónica” en la plataforma Moodle de PILAR-VISIR

En colaboración con los profesores Félix García y Blanca Quintana de la UNED, se implementaron 4 bloques de prácticas en el curso “Instrumentación Electrónica USAL”:

- Laboratorio remoto VISIR
- Circuitos RLC
- Filtros
- Amplificadores operacionales

El primer bloque de prácticas —“laboratorio remoto VISIR”— se incluyó para que los estudiantes pudieran iniciarse rápidamente en el uso del laboratorio. Los otros tres bloques se incluyeron para que los estudiantes pudieran trabajar contenidos relevantes de la asignatura de forma remota. La Figura 7 muestra, a modo de ejemplo, algunas de las pautas que la profesora coordinadora de este PID proporcionó a los estudiantes en el “Manual de prácticas”.

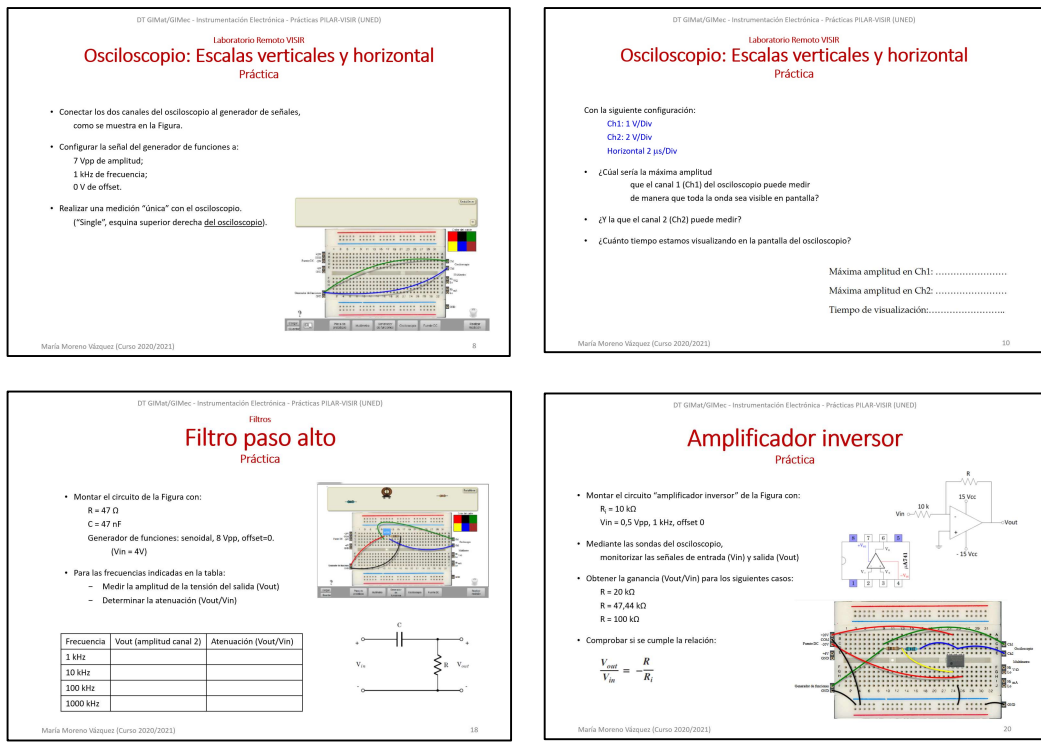


Fig. 7: Guiones de prácticas PILAR-VISIR

Una vez preparado todo el material docente, específico de PILAR-VISIR, la profesora responsable de la asignatura de "Instrumentación Electrónica" presentó la plataforma a los estudiantes durante una sesión presencial y verificó que todos los estudiantes podían acceder a la misma.

3.4. Uso de laboratorios VISIR por los estudiantes de la asignatura "Instrumentación Electrónica" de la EPS de Zamora

El recurso principal de este proyecto, el laboratorio VISIR, ha permitido a los estudiantes realizar experimentos reales de forma remota. En una secuencia típica de uso remoto del laboratorio VISIR, los estudiantes construyen en la placa de prototipado los circuitos que el guion de la práctica les indica. Lo alimentan (con una fuente DC o AC), lo miden (usando el multímetro o el osciloscopio) y finalmente analizan los resultados (Fig. 2). Es destacable señalar que VISIR no simula circuitos, sino que crea circuitos reales.

Este proyecto contemplaba recopilar información sobre el uso que los estudiantes harían de VISIR. El registro de uso que hace VISIR ha permitido obtenerla. La plataforma Moodle de PILAR-VISIR permite obtener informes de:

- Registros (histórico)
- Registros activos
- Actividad del curso
- Participación en el curso

La herramienta "Registros" permite obtener información individualizada sobre el uso que cada estudiante ha hecho de VISIR, pudiéndose filtrar la información por días, actividades, acciones, etc. (Fig. 8).



Fig. 8: Herramienta "Registros"

La herramienta "Participación en el curso" permite obtener información conjunta sobre la participación en cada una de las actividades del curso (Fig. 9).



Fig. 9: Herramienta "Participación en el curso"

Por otro lado, también ha sido posible obtener información más detallada sobre el uso de VISIR por parte de los estudiantes mediante una herramienta externa a Moodle, que la profesora coordinadora de este PID pudo utilizar, gracias a la cortesía de los gestores del laboratorio VISIR.

En "Instrumentación Electrónica" del curso 2020-2021, se matricularon 5 estudiantes. Uno de ellos abandonó la asignatura a mitad del cuatrimestre. Por ello, sólo se han podido obtener registros de uso de VISIR de 4 estudiantes. La plataforma PILAR-VISIR estuvo disponible para los estudiantes durante 5 semanas.

Empleando la herramienta "Registros", se constató que, de los 4 estudiantes:

- 2 estudiantes usaron la plataforma PILAR-VISIR remotamente (fuera del horario de clases),
- 2 estudiantes no usaron la plataforma PILAR-VISIR (fuera del horario de clases).

Empleando la herramienta "Registros", se obtuvo información sobre los días y franjas horarias en las que los estudiantes usaron VISIR. De los 2 estudiantes que usaron VISIR remotamente:

- uno de los estudiantes (estudiante 1) hizo uso de VISIR el mismo día del examen final, en la franja horaria 04:00-6:00 am,
- el otro estudiante (estudiante 2) hizo uso de VISIR el mismo día del examen final, en la franja horaria 08:00-10:00 am.

La herramienta “Registros” permitió también obtener información relativa a las prácticas concretas en las que los estudiantes tuvieron actividad:

- el “estudiante 1” tuvo actividad en 2 de las 4 prácticas, en concreto, en las prácticas:
 - Circuitos RLC
 - Amplificadores operacionales
- el “estudiante 2” tuvo actividad en 1 de las 4 las prácticas, en concreto, en la práctica
 - Circuitos RLC.

3.5. Evaluación de la acogida que el uso de laboratorios remotos tiene entre los estudiantes

El proyecto contemplaba evaluar las percepciones de los estudiantes sobre VISIR como herramienta de aprendizaje, mediante una encuesta que se realizó a través de Studium. De los 5 estudiantes matriculados en la asignatura, sólo 3 estudiantes respondieron a la encuesta, dado que un estudiante dio positivo en coronavirus poco antes de realizar la encuesta y otro estudiante abandonó la asignatura a mitad del cuatrimestre.

Se elaboró un cuestionario de 8 preguntas, cuyas posibles respuestas eran:

- Completamente de acuerdo (CA)
- Parcialmente de acuerdo (PA)
- De acuerdo (A)
- Parcialmente en desacuerdo (PD)
- Completamente en desacuerdo (CD)
- No sabe / no contesta (NS/NC)

La Tabla 2 muestra las preguntas del cuestionario y el conteo de las respuestas dadas por los estudiantes.

Tabla 2. Cuestionario de opinión de los estudiantes.

	CA	PA	A	PD	CD	NS/NC
Cuando he querido usar PILAR-VISIR, he podido hacerlo sin problemas, independientemente del día y de la hora.	3					
Me ha resultado fácil usar la plataforma PILAR-VISIR.		1	1	1		
Creo que realizar experimentos en el laboratorio remoto VISIR es bastante parecido a realizarlos en un laboratorio de electrónica convencional.	1		2			
Considero que VISIR es una herramienta útil para aprender electrónica.	1		2			
VISIR me ha ayudado a entender conceptos teóricos de electrónica.	1		1	1		
VISIR me ha ayudado a aprender a montar circuitos.			1	2		
VISIR me ha ayudado a aprender a manejar instrumentos electrónicos.			1	2		
Me gustaría que laboratorios remotos, similares a VISIR, estuvieran disponibles en otras asignaturas del grado.	3					

A señalar que, de los 3 estudiantes que respondieron a la encuesta, uno de ellos respondió a la misma sin haber usado VISIR.

3.6. Evaluación del impacto que el uso de laboratorios remotos tiene sobre el aprendizaje

El proyecto contemplaba evaluar el impacto que el uso de VISIR tiene sobre el aprendizaje de los estudiantes. Para ello, se realizaron pruebas pre-test y post-test. Se realizó una prueba de conocimiento de los estudiantes previa al uso de VISIR (pre-test). También se realizaron pruebas posteriores al uso de VISIR (post-test) formando parte de los exámenes finales.

Durante el curso académico 2020-2021, el progreso en el aprendizaje de los estudiantes de la asignatura en la que se ha desarrollado este PID ha sido extremadamente lento, a pesar de los numerosos y flexibles recursos que han tenido a su disposición. Los estudiantes han hecho un uso muy escaso tanto del laboratorio remoto VISIR, como de la herramienta de simulación de circuitos Multisim. Ambas herramientas permiten al estudiante trabajar de forma autónoma fuera del horario de clases. La actividad de los estudiantes prácticamente se ha limitado a la realizada durante su asistencia a las clases presenciales, requiriendo todos ellos de gran apoyo por parte de la profesora. Esta situación se ha producido de forma dramática durante el curso académico 2020-2021, pero no se produjo, en la misma medida, en los dos cursos académicos anteriores.

Las pruebas pre-test y post-test realizadas mostraron que el progreso en el aprendizaje fue deficiente. Dado el escaso uso que los estudiantes han hecho del laboratorio remoto VISIR, no ha sido posible extraer conclusiones claras sobre su impacto en el aprendizaje.

4. Análisis de los resultados y discusión

La asignatura en la que se ha desarrollado este PID habitualmente tiene pocos alumnos (5-8). Se imparte simultáneamente en dos titulaciones de la EPS de Zamora:

- Grado en Ingeniería de Materiales
- Doble Titulación Grado en Ingeniería de Materiales/ Grado en Ingeniería Mecánica

Habitualmente, la gran mayoría de los estudiantes que se matriculan en la asignatura son estudiantes procedentes del Grado en Ingeniería de Materiales. Suelen ser muy pocos (1-2) los estudiantes que proceden de la Doble Titulación. Sin embargo, durante el curso 2020-2021, se ha dado la circunstancia anómala de que *todos* los estudiantes matriculados procedían de la Doble Titulación. Este hecho ha resultado adverso para el correcto desarrollo de este proyecto de innovación, dado que la gran carga de trabajo que suelen tener los estudiantes de titulaciones dobles les impide en gran medida trabajar autónomamente fuera de su denso horario de clases.

Por otro lado, la gran mayoría de los estudiantes que se matricularon en “Instrumentación Electrónica” del curso 2020-2021, lo hicieron sin haber aprobado/cursado la asignatura “Fundamentos de Electrónica”, que la Guía Académica de “Instrumentación Electrónica” señala como totalmente necesario cursar con anterioridad. Este hecho ha resultado también muy adverso para la docencia de la asignatura en la que se ha desarrollado este PID.

Nada más comenzar el desarrollo de la asignatura “Instrumentación Electrónica” de 2º curso, el profesorado percibió en los estudiantes de la misma una adquisición insatisfactoria de las competencias básicas previas que se necesitan para cursar la asignatura, posiblemente debido al confinamiento que vivieron durante su primer curso en la USAL y a no haber cursado/aprobado la asignatura “Fundamentos de Electrónica”.

5. Conclusiones

En el contexto de este proyecto, se ha puesto a disposición de los estudiantes de una asignatura de “Instrumentación Electrónica” de la USAL el laboratorio remoto VISIR de la UNED como herramienta de aprendizaje, con el objetivo de que pudiesen alcanzar una mejor capacitación práctica y una mejor comprensión de los conceptos teóricos.

Los estudiantes involucrados han expresado opiniones positivas sobre el laboratorio VISIR, a pesar de lo cual han hecho escaso uso del mismo, muy probablemente debido a la gran carga de trabajo asociada a la doble titulación que todos ellos cursan.

Se concluye que los laboratorios remotos son herramientas docentes de clara utilidad. Poner a disposición de los estudiantes recursos de aprendizaje diversos, en particular laboratorios remotos, mejora la calidad de la docencia. Sin embargo, la mera disponibilidad de recursos no garantiza un aprendizaje óptimo. Para que los recursos que se ponen a disposición de los estudiantes puedan llegar a ser eficaces, se requiere un diseño adecuado de los horarios de clase y una gestión adecuada de los tiempos.

6. Referencias

- [1] T. Alkhaldi et al. (2016). *A review of contemporary virtual and remote laboratory implementations: observations and findings*. Journal of Computers in Education, 3(3), 329–351.
- [2] M. Tawfik et al. (2013). *Virtual Instrument Systems in Reality (VISIR) for Remote Wiring and Measurement of Electronic Circuits on Breadboard*. IEEE Transactions on Learning Technologies, 6(1), 60-72.

[3] F. García-Loro et al. (2019). *Spreading Remote Laboratory Scope Through a Federation of Nodes: VISIR Case*. IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, 14(4), 107-116.

[4] Proyecto PILAR (Referencia del Proyecto: 2016-1-ES01-KA203-025327; Programa: Erasmus+, Unión Europea; Acción Clave: *Cooperation for innovation and the exchange of good practices*; Tipo de Acción: *Strategic Partnerships for higher education*).

[5] Proyecto PILAR (<http://www.ieec.uned.es/pilar-project/index.html?lng=es>).