

Experiencia educativa flexible con Videojuegos en Arduino en el Grado de Ingeniería Informática

Paula Lamo, Mikel Perales
Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología
Universidad Internacional de La Rioja
Logroño, España
{paula.lamo, mikel.perales}@unir.net

Abstract—Esta comunicación presenta un aprendizaje basado en proyectos encaminado a conocer la estructura, organización, funcionamiento e interconexión de los computadores a partir del diseño de videojuegos en un Grado de Ingeniería Informática. La finalidad de la práctica es doble. Por un lado, se busca contribuir a que los estudiantes de Grado afiancen sus conocimientos sobre los principios básicos de lógica digital, sistemas digitales, representación de datos a nivel de máquinas y organización y estructura de memoria y entradas/salidas de un computador empleando Arduino. Por otro, se trata de dotar a los estudiantes de ejemplos prácticos reales que den sentido a los contenidos y los motiven, atrayendo su atención y animándolos a continuar con sus estudios de una forma flexible.

Keywords—Arduino, sistemas digitales, Tecnología de Computadores, grado, docencia online, videojuegos, experiencia docente, flexibilización.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes de ingenierías y titulaciones técnicas comienzan a interesarse cada vez más por la docencia online debido a las posibilidades que esta les ofrece, como la escasa o nula movilidad y la flexibilidad horaria [1]. Sin embargo, una de las grandes preocupaciones que presenta esta metodología es la dificultad de introducir, sin perder calidad, conocimientos y habilidades prácticas obtenidos en laboratorios presenciales, donde se manipulan equipos y materiales.

Las materias técnicas impartidas a distancia incluyen el aprendizaje activo a través de laboratorios online como parte fundamental de la formación que reciben los alumnos sin salir de casa. Esta flexibilidad permite a los estudiantes compaginar sus estudios con un trabajo a jornada completa y sus distintas obligaciones. A su vez, supone un auténtico desafío para las entidades educativas a medida que aumenta el número de alumnos localizado en todas las partes del mundo y con perfiles diferentes. Para solucionar este problema, algunas universidades han optado por un modelo mixto [2], en la que los estudiantes asisten a las clases teóricas de forma remota pero asisten a un número mínimo de sesiones de laboratorio presenciales, perdiendo la flexibilidad y la nula movilidad. Otras universidades ofrecen el envío de kits de trabajo con todo el material y las herramientas necesarias [3], con el que poder trabajar desde casa de forma segura y guiada por el profesor, que puede llegar a suponer un gran reto logístico cuando los alumnos están deslocalizados geográficamente. También, otros centros han optado por establecer laboratorios remotos, p.e. *LabsLand* [4], que disponen de equipos reales instalados en diferentes partes del mundo y los estudiantes pueden acceder a ellos de forma remota. Sin embargo, el

acceso a estos laboratorios puede ser costoso y limitado en el tiempo y en los recursos a los que puede acceder el alumno.

A pesar de lo anterior, en los últimos años la interacción en línea ha mejorado, haciéndose más efectiva y asequible, y permitiendo la formación de grupos de trabajo distribuidos que solo requieren seleccionar las herramientas y procesos adecuados, en lugar de dar saltos tecnológicos. Por lo que los laboratorios virtuales ya no son una novedad para los estudios universitarios técnicos y se fomentan las prácticas de laboratorio mediante experimentos virtuales normalmente integradas en un entorno colaborativo [5], [6]. Estas metodologías se presentan como una implementación rentable para las entidades educativas ya que permiten organizar trabajos de laboratorio en cualquier disciplina y con una alta calidad, llevando la experiencia de usuario a una nueva dimensión con la inclusión de la gamificación, los mundos virtuales y la realidad aumentada.

Por su parte, los profesores deben hacer un esfuerzo adicional para captar el interés de tantos alumnos con perfiles tan diferentes en la misma aula. El aumento significativo de matriculaciones fruto de la pandemia sanitaria vivida en los últimos años y el cambio de perfil del alumnado [7], está inevitablemente asociado con un cambio en su contexto, productividad y motivación [8]. Algunos problemas a los que se enfrentan los alumnos de este tipo de metodologías tienen que ver con el sentimiento de aislamiento, la falta de atención en las sesiones, la procrastinación, el realizar multitareas mientras asisten a las magistrales y que se sientan desmotivados por materiales repetitivos y poco personalizados, como las pruebas de autoevaluación. Una forma de enfrentar esta problemática es tratar de captar la atención de los estudiantes a través de ejemplos prácticos reales que den sentido a los contenidos y les motiven, considerando la diversidad cultural, plurinacional y generacional que puede existir en estos colectivos [8].

Teniendo en cuenta todo lo anterior, este manuscrito presenta una experiencia docente que se desarrolla en la asignatura “Tecnología de Computadores” del Grado de Ingeniería Informática de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), impartido completamente online y que está basado en el aprendizaje por proyectos (ABP) utilizando Arduino [9]. En él, los alumnos deben desarrollar un videojuego en el que profundicen en la estructura y uso los componentes de un computador y el diseño de circuitos digitales [10]. Dado el perfil heterogéneo del estudiante online que cursa la titulación, el proyecto propuesto puede llevarse a cabo de dos formas diferentes: mediante simulación con *TinkerCad*® de *Autodesk*® o utilizando Arduino. Cada opción tendrá una propuesta de videojuego diferente y, para evitar el plagio, el alumno debe mostrar un alto grado de originalidad en su solución y hacer una presentación de la misma. Como beneficios de este proyecto, se pretende evitar la

despersonalización de la docencia asociados a este tipo de modelos y, por ende, la desmotivación y abandono de los alumnos. También, se busca desarrollar habilidades propias de la asignatura, aumentar la integración de los conocimientos adquiridos durante las sesiones teóricas a través de la puesta en práctica de ejemplos reales y mejorar las calificaciones, el nivel de los trabajos elaborados por los alumnos, su satisfacción y su experiencia académica.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: en la Sección II se explica el contexto en el que se desarrolla este proyecto. En la Sección III se describen los proyectos con Arduino propuestos a los estudiantes. La Sección IV incluye los resultados obtenidos, las limitaciones y futuros trabajos. Por último, se finaliza con las conclusiones en la Sección V.

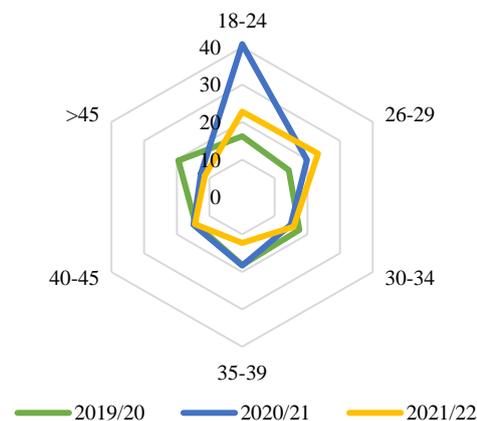
II. CONTEXTO

La asignatura de Tecnología de Computadores se imparte en el primer cuatrimestre del primer curso del Grado en Ingeniería Informática de UNIR. Tradicionalmente, es una asignatura con un elevado número de estudiantes inscritos (95 en 2019/20, 131 en 2020/21 y 153 en 2021/22) porque todos los estudiantes se inscriben en ella en su primer curso, por lo que es un buen indicador del número de matrículas de la titulación. La asignatura tiene 6 créditos ECTS y está concebida para dotar al estudiante de una visión, lo más completa posible, de los fundamentos de la estructura, organización y diseño de los ordenadores [10]. En ella se enseña a utilizar las diferentes representaciones de datos a nivel de máquina, la historia de las arquitecturas informáticas y a entender los componentes básicos de las arquitecturas informáticas y la arquitectura básica de Von Neumann. En general, se hace hincapié en sistemas lógicos y digitales, la representación de datos a nivel de máquina, la organización a nivel de ensamblador, la organización y estructura de la memoria. Mientras que de manera específica se profundiza en la estructura, organización, funcionamiento e interconexión de los computadores.

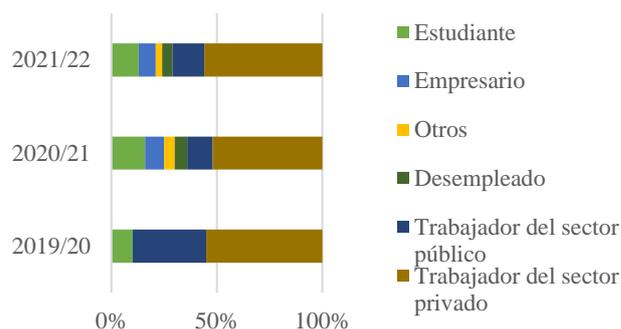
La asignatura se imparte íntegramente a través de metodología online y de forma síncrona, utilizando la plataforma SAKAI, donde los estudiantes encuentran todos los materiales del curso, visualizan las sesiones con el profesor, que siempre quedan grabadas, y un foro. Las sesiones presenciales con el profesor suman 20 clases teóricas y 5 laboratorios de dos horas cada uno, distribuidos de forma homogénea durante el curso y agendadas semanalmente según las preferencias tanto del alumnado como del profesorado. También, se establecen 10 sesiones de tutorías presenciales abiertas a todos los alumnos y disponen de un tutor personal que los acompaña durante todo el curso y actúa como intermediario entre él y el profesor.

En los últimos años, el perfil de estudiantes que se matricula en el Grado en Ingeniería Informática de UNIR ha cambiado como se detalla en [7]. En el curso 2019/20, los alumnos mayores de 45 años eran mayoritarios. Sin embargo, esta tendencia se ha revertido hasta suponer únicamente el 12.6 % del total (Fig. 1.a). El porcentaje de mujeres matriculadas se ha incrementado un 5.24 % con respecto a años anteriores que, asociado al incremento de alumnos, muestra un cambio significativo en la tendencia. Por otra parte, la dedicación de los estudiantes también ha cambiado. Hace dos años, el 90 % de los estudiantes compaginaba sus estudios con su trabajo por cuenta ajena, en el sector público o privado. Mientras que ahora los estudiantes muestran una

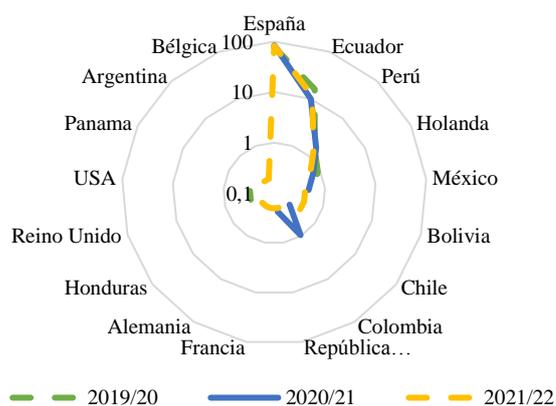
mayor diversidad en sus ocupaciones (Fig. 1.b): no tienen otra ocupación que no sea la de estudiar, son empresarios, trabajadores por cuenta ajena, desempleados u otros, como personas en las que sus empresas se encuentran con expedientes de regulación de empleo. Aunque el mayor número de ellos vive en España (Fig. 1.c), en la misma aula se pueden encontrar alumnos de 17 nacionalidades (dos continentes) más. Por lo que se puede concluir que el grupo de estudiantes que forman parte de la asignatura en línea Tecnologías de la Computación se presenta como un grupo numeroso con perfiles heterogéneos a nivel cultural, generacional y de origen.



(a)



(b)



(c)

Fig. 1. Resumen de los cambios producidos en el perfil de acceso de los estudiantes en los últimos tres años, según [7]. a) Rangos de edad de los alumnos, b) ocupación de los alumnos y c) origen.

Para conocer más información sobre sus aficiones y conocimientos previos, la primera semana del curso se realiza una encuesta anónima. Los resultados mostraron que el 85.9

% trata de estar informado acerca de todas las novedades del sector informático, pero el 67 % no había programado nunca un dispositivo electrónico y el 75 % y el 86.9 % poseía conocimientos básicos o nulos de electrónica y robótica, respectivamente. En el documento final se detallarán más resultados de esta encuesta.

III. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

Esta asignatura cuenta con una evaluación continua que supone el 40 % de la calificación final y que se consigue a través de test autoevaluables, dos tareas individuales y una tarea grupal. Tradicionalmente, todas las entregas eran independientes y cerradas y correspondían a una temática diferente. Sin embargo, en este contexto educativo multicultural y complejo, no parece lógico proponer una misma actividad de respuesta cerrada a todos los alumnos por igual como parte de la evaluación continua. Por ello, en esta experiencia docente se propuso modificar las actividades individuales para que los alumnos pudiesen realizar un proyecto más complejo y personalizable utilizando dispositivos tipo Arduino, por ser la plataforma de bajo coste y software libre más extendida en el mundo. Para ello, a los alumnos se les propone dos tipos de proyectos diferentes a comienzo de curso:

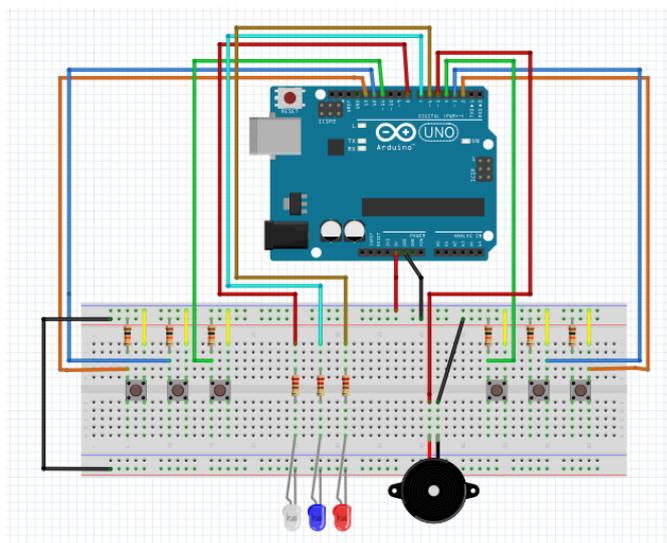
- Batalla de memoria: Diseñar un juego que permita a dos jugadores competir por ser la persona que memoriza más combinaciones de colores led y las pulsa en el orden correcto. Como condiciones constructivas, el alumno deberá configurar un número de entradas y salidas (E/S) y el número de memorias de sólo lectura programables y borrables eléctricamente (EEPROM) mínimas. Además, se requerirá que el videojuego aumente su complejidad cada partida e incluya gadgets o efectos extra para diferenciar la propuesta planteada de la del resto de compañeros. Este juego es imprescindible que funcione utilizando una placa Arduino. Su esquema básico de funcionamiento se muestra en la Fig. 2.a.
- La letra veloz: Diseñar un videojuego utilizando una pantalla de cristal líquido (LCD). Las condiciones constructivas son que videojuego permita al usuario interactuar con el sistema a través de una pantalla LCD y aumente la complejidad del juego con los golpes que recibe. Además, el alumno puede customizar la propuesta incluyendo luces LED o música en momentos específicos. Este desarrollo no es obligatorio que funcione en una placa Arduino y puede mostrarse los resultados únicamente en simulación.

Ambas propuestas tienen enfoques diferentes: una de ellas se puede realizar a través únicamente de simulaciones utilizando *TinkerCad*® de *Autodesk*®, aunque se valorará positivamente si además se implementa en el dispositivo real y, la otra, requiere del uso de un dispositivo Arduino o equivalente y su programación se llevará a cabo mediante la IDE de Arduino o programación por bloques con *ArduinoBlocks*.

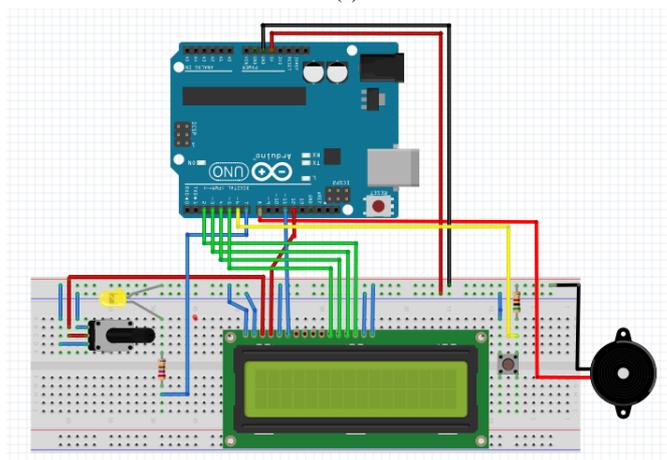
El motivo de permitir que una de las propuestas, la más compleja y exigente en cuanto a la ejecución, se pueda realizar a través de simulaciones empleando *TinkerCad*® de *Autodesk*®, es evitar las desigualdades y frustraciones entre los estudiantes. UNIR no proporciona ningún material hardware a los alumnos para realizar esta actividad por la

difficultad logística de hacer llegar los kits a algunas localizaciones en las que se encuentran los alumnos. Los alumnos eligen al comienzo de la asignatura si desean desarrollar sus proyectos de forma experimental o en simulación y se encargan de obtener todo el material que necesiten para sus proyectos.

Para poder acometer este proyecto, los alumnos reciben formación en sistemas de representación numérica, diseño de circuitos digitales, lenguaje ensamblador y configuración de E/S de forma teórica en las clases magistrales y de su aplicación a Arduino, a través de micropíldoras y un manual de ejercicios básicos desarrollados paso a paso. Posteriormente, asisten a un laboratorio, uno por cada opción, donde se presentan las exigencias del proyecto propuesto y son guiados en la búsqueda de una solución válida. Disponen de 3 semanas para completar y presentar su diseño del videojuego, en las que se incluyen 2 horas/semana de tutorías de seguimiento y un foro donde resolver sus dudas.



(a)



(b)

Fig. 2. Esquemas básicos de funcionamiento de las propuestas planteadas a los alumnos.

En la versión final del documento se darán más detalles de cada una de las propuestas y la metodología a seguir.

Para evaluar los proyectos presentados, todos los alumnos deben presentar un informe que incluya el desarrollo de su propuesta, el código y configuración del hardware utilizado y un video donde expliquen y demuestren el funcionamiento

del juego. Cada proyecto posee su propia rúbrica, como se muestra en las Tablas II y III, que es conocida por el estudiante y explicada en detalle por el profesor en la sesión de presentación de la propuesta.

TABLA II. RÚBRICA DEL PROYECTO: BATALLA DE MEMORIA.

ITEM A VALORAR	PUNTAJACIÓN MÁXIMA
Comprobación de que el videojuego funciona experimentalmente (en una placa). El juego cumple con los siguientes requisitos: <ol style="list-style-type: none"> Cada jugador tendrá, al menos, 3 botones/interruptores que podrá utilizar para introducir una secuencia de 4 valores diferentes. La dinámica del juego permitirá que uno de los usuarios introduzca una secuencia de 4 valores pulsando 4 veces sus botones con el orden y la configuración que quiera. El juego almacenará esa información. Después, el otro usuario tratará de replicar la combinación hecha por el otro usuario. Si el segundo jugador acierta, gana. Si el segundo jugador no acierta, pierde. El juego contará con 3 leds que serán visibles para ambos jugadores y que se iluminarán en función del botón pulsado por cada jugador. El juego contará con un buzzer que sonará con un tono distinto para cada botón pulsado por el jugador (si el jugador tiene tres botones, el buzzer utilizará tres tonos distintos). 	4
El videojuego cumple: Si el jugador acierta la secuencia introducida por el otro jugador, el buzzer emitirá una música para celebrar la victoria. Si el jugador no repite correctamente la secuencia, el buzzer emitirá otra música diferente a la anterior para indicar que el jugador ha fallado.	2.5
El alumno introduce y explica una nueva mejora en el videojuego propuesto.	2.5
Entrega de informe correcto y claro.	1

TABLA III. RÚBRICA DEL PROYECTO: LA LETRA VELOZ.

ITEM A VALORAR	PUNTAJACIÓN MÁXIMA
Comprobación de que el videojuego funciona en simulación y/o experimentalmente. En la pantalla aparece la "letra veloz" y los obstáculos. La "letra veloz" salta cuando el usuario pulsa un botón. Los obstáculos se mueven. Si el usuario falla, el juego termina.	4
Aparecen en la pantalla el mensaje de bienvenida al principio y el de "GAME OVER" cuando el usuario falla.	1
Un contador cuenta el número de aciertos correctamente. Cuando inicia una partida, el contador está reseteado a 0.	1
Los obstáculos avanzan más rápido cuando el usuario acierta.	1
Un buzzer suena cuando el usuario salta y cuando acaba la partida.	1
El alumno introduce y explica una nueva mejora en el videojuego propuesto y/o muestra su montaje real.	1
Entrega de informe correcto y claro.	1

Otra ventaja de utilizar Arduino en los proyectos es la gran cantidad de material distribuido de forma gratuita a través de internet que puede ser consultado por los alumnos. Sin embargo, esto también puede ser un inconveniente de cara a la originalidad de las propuestas ya que, si las propuestas no son muy específicas, los alumnos pueden encontrar proyectos

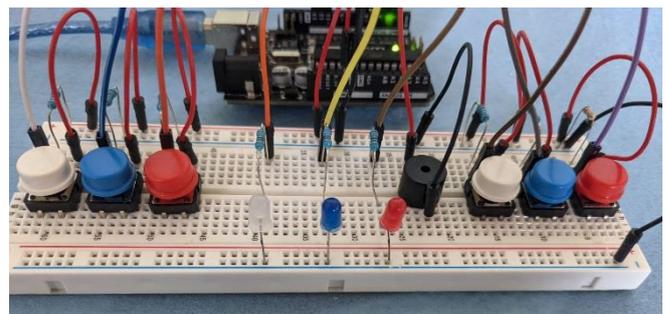
similares en la red y copiarlos deliberadamente. Para evitar esta situación, los informes y códigos enviados son analizados con la herramienta de detección de plagio *Turnitin*. Si se detecta una coincidencia con otras fuentes, se calificará la propuesta con un 0.

Tras entregar sus proyectos, los alumnos completan una encuesta sobre su nivel de satisfacción con el trabajo realizado y los conocimientos adquiridos de la que se dará más detalle en la versión final del documento.

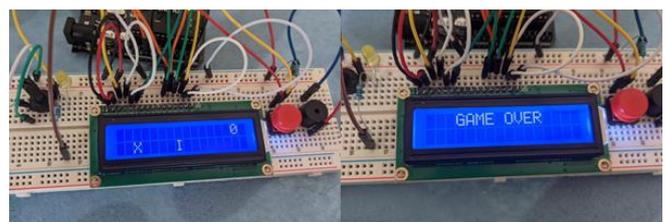
IV. RESULTADOS OBTENIDOS Y PROBLEMAS ENCONTRADOS

Los estudiantes realizaron sus proyectos motivados y tratando de resolver las problemáticas planteadas de diferentes maneras. En la Fig. 3 se muestran los ejemplos constructivos básicos que presentó el profesorado en clase a modo de ejemplo.

Los resultados obtenidos tras la entrega de los trabajos permitieron detectar que los estudiantes se sintieron atraídos por la propuesta de proyecto porque incrementaron su participación, en términos relativos, en las sesiones presenciales de forma promediada un 45.4 % más. Este incremento también se produjo en el número de trabajos presentados que aumento, respecto al porcentaje del curso anterior un 6.5 %. En cuanto a las calificaciones obtenidas, su valor promedio se incrementó 0.78 puntos.



(a)



(b)

Fig. 3. Montaje experimental básico presentado por los profesores de la asignatura a modo de ejemplo a los alumnos. a) Batalla de memoria y b) la letra veloz.

En cuanto a los resultados de la encuesta de satisfacción de los estudiantes, en todos los ítems preguntados se obtuvieron valores promedios por encima de 4 puntos sobre 5. Las afirmaciones más valoradas fueron "Poder elegir si querías hacer las actividades a través de simulaciones o con hardware físico ha sido fácil", "Poder elegir si quería hacer las actividades a través de simulaciones o con hardware físico me ha motivado" y "He aprendido más gracias a los laboratorios". Más del 45 % aseguró que eligió el proyecto antes de asistir a los laboratorios en función de sus preferencias y gustos. Las personas que realizaron sus proyectos solo en simulación aseguraron que lo hicieron

porque consideraron más difíciles las otras opciones (20 %); encontraron esta opción más interesante en comparación con las demás (20 %); o no quisieron comprar el material necesario para realizar el montaje real (60 %). Mientras que las personas que realizaron el montaje experimental lo hicieron porque ya tenían el material en casa (33.3 %) o porque les interesaba el tema y querían aprender más (66.7 %).

Durante la pandemia de COVID-19, fueron muchos los autores que desarrollaron proyectos similares al presentado en este trabajo. Un ejemplo es [11]. También, en el área de electrónica se han publicado experiencias en laboratorios de internet de las cosas [12], robótica [13], amplificadores operacionales [14] y arquitectura y hardware con Arduino [15]. No se puede realizar una comparativa justa entre experiencias debido a la falta de correlación entre los parámetros analizados para evaluar los resultados y las temáticas tratadas. Sin embargo, se observan que las conclusiones son equivalentes en todos los casos. Es decir, estas estrategias atraen a los estudiantes hacia el área de electrónica, los motiva y mejora su comprensión de los temas trabajados. Por el contrario, la diferencia fundamental con este trabajo radica en el contexto en el que se desarrolla la experiencia docente. Se trata de una titulación concebida para ser impartida completamente online y que posee un alumnado muy diverso y numeroso, normalmente con cargas laborales y familiares. En este tipo de contextos aumenta significativamente el riesgo de despersonalización, desmotivación y abandono de los estudiantes. Estos riesgos son atajados a través de una propuesta flexible, adaptada a sus intereses y centrada en acercar la realidad profesional a la vez que se desarrollan las habilidades técnicas propias de la materia sin moverse de sus domicilios y afianzan los contenidos estudiados en las sesiones teóricas.

En cuanto a las limitaciones detectadas se enmarcan en dos tipos diferentes: las enfocadas en el trabajo de los alumnos y las técnicas en cuanto a visualización de datos que permite la plataforma SAKAI que se utiliza para impartir docencia. Con respecto a los alumnos, las mayores dificultades se encontraron a la hora de familiarizarse con el material. Para muchos de ellos, era la primera vez estudiaban en los últimos años y la primera vez que se enfrentaban a un proyecto de estas características, lo que, al principio, les abrumó un poco. Estos alumnos requirieron más atención y mayor seguimiento para garantizar que alcanzaban los objetivos marcados. En cuanto a los aspectos técnicos, muchos datos relacionados con las visualizaciones de los usuarios no estaban disponibles por no almacenarse en el servidor, lo que dificultó la obtención de datos por parte del profesorado. A la vista de estas limitaciones, se proponen como trabajos futuros mejorar el material entregado a los estudiantes, reduciendo el número de páginas del manual en favor de la grabación de micropíldoras, con un contenido sea más visual, incluya contenidos básicos o de menor nivel y sea fácil de entender. También, se propone desarrollar una aplicación en la plataforma que permita conocer en detalle el flujo de trabajo del alumno y registre con más nivel de detalle sus interacciones en la plataforma, para adaptar y mejorar su experiencia académica.

V. CONCLUSIONES

Las titulaciones impartidas completamente online han sufrido un gran auge en los últimos años. El incremento de las matriculas ha estado aparejado, también, a un cambio en el perfil del estudiante que presenta grandes diferencias en cuanto a su origen, conocimientos previos, edad, situación

familiar y profesional. Por otra parte, este tipo de contextos pueden propiciar la despersonalización de la docencia y acarrear problemas de desmotivación y abandono entre los estudiantes que el docente debe ser capaz de atajar y evitar.

Tradicionalmente, en las sesiones de laboratorio de la asignatura Tecnología de Computadores impartidas en modalidad presencial, los profesores muestran los componentes de un computador y su montaje a partir de equipos que los alumnos pueden manipular. Por el contrario, en el modelo en línea, el estudiante pierde la capacidad de usar este equipo, ya que el único disponible es el suyo propio y no quiere manipularlo por miedo a dañarlo. Sin embargo, existe una gran variedad de sistemas que pueden ser considerados un computador. Esta diversidad influye en el costo, el tamaño, el rendimiento y las aplicaciones. Algunos ejemplos son los teléfonos inteligentes, las consolas de juegos, los ordenadores portátiles los *smart tv* o las placas Arduino. Son precisamente estos ejemplos los que más motivan a los estudiantes.

Por todo lo anterior, se ha presentado una experiencia docente flexible desarrollada a través del aprendizaje basado en proyectos. En ella se proponen dos proyectos diferentes que los alumnos eligen libremente y que se pueden desarrollar en simulación y/o utilizando dispositivos tipo Arduino. Tras su implementación, los resultados muestran que los alumnos han aumentado el valor de las calificaciones obtenidas, realizando trabajos más elaborados y complejos que en cursos anteriores. Por lo que se considera que han integrado los conocimientos adquiridos durante la asignatura. También, los alumnos han mostrado su satisfacción por el resultado obtenido, valorando positivamente la experiencia y asegurando que este tipo de propuestas no solo les ha motivado en sus estudios sino que también les ha ayudado a consolidar los conceptos básicos del trabajo. Además, ha enriquecido su conocimiento con ejemplos reales que podrían encontrar en su futuro desempeño profesional.

Por otra parte, la limitación detectada en este trabajo se centra en la imposibilidad de completar el análisis estadístico con la visión de los docentes, por el bajo número involucrado en la actividad y en la falta de herramientas para contabilizar de forma real las visualizaciones de las sesiones impartidas a los estudiantes. Finalmente, se proponen como trabajos futuros la mejora del material docente entregado a los estudiantes y el desarrollo de una aplicación que registre con mayor detalle la experiencia de los alumnos en la plataforma docente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por la Universidad Internacional de La Rioja en el marco del proyecto "Laboratorio Hardware: Experiencia práctica y real con Arduino para alumnos de la asignatura Tecnología de Computadores del Grado de Ingeniería Informática". También, está parcialmente financiado por el proyecto PLeNTaS, "Proyectos I+D+i 2019", PID2019-111430RB-I00.

REFERENCES

- [1] C. Batanero, L. de-Marcos, J. Holvikivi, J. R. Hilera, and S. Otón, "Effects of New Supportive Technologies for Blind and Deaf Engineering Students in Online Learning," *IEEE Transactions on Education*, vol. 62, no. 4, pp. 270–277, Nov. 2019, doi: 10.1109/TE.2019.2899545.

- [2] A. Kumar *et al.*, “Blended Learning Tools and Practices: A Comprehensive Analysis,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 85151–85197, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3085844.
- [3] A. Shoufan, “Active Distance Learning of Embedded Systems,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 41104–41122, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3065248.
- [4] F. García-Loro *et al.*, “Spreading Remote Laboratory Scope Through a Federation of Nodes: VISIR Case,” *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 14, no. 4, pp. 107–116, Nov. 2019, doi: 10.1109/RITA.2019.2950131.
- [5] A. Cordero, C. J. Lluch, E. S. Codesal, and J. Torregrosa, “Towards a Better Learning Models Through OCWs and MOOCs,” *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, vol. 3, no. Special Issue on Teaching Mathematics Using New and Classic Tools, 2015, Accessed: Jan. 31, 2022. [Online]. Available: <https://www.ijimai.org/journal/bibcite/reference/2504>
- [6] L. Tobarra, S. Ros, R. Hernández, A. Robles-Gómez, A. Caminero, and R. Pastor, “Integration of Multiple Data Sources for predicting the Engagement of Students in Practical Activities,” *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, vol. 2, no. Special Issue on Multisensor User Tracking and Analytics to Improve Education and other Application Fields, 2014, Accessed: Jan. 31, 2022. [Online]. Available: <https://www.ijimai.org/journal/bibcite/reference/2464>
- [7] P. Lamo, M. Perales, and L. de-la-Fuente-Valentín, “Case of Study in Online Course of Computer Engineering during COVID-19 Pandemic,” *Electronics*, vol. 11, no. 4, Art. no. 4, Jan. 2022, doi: 10.3390/electronics11040578.
- [8] S. Delgado, F. Morán, J. C. S. José, and D. Burgos, “Analysis of Students’ Behavior Through User Clustering in Online Learning Settings, Based on Self Organizing Maps Neural Networks,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 132592–132608, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3115024.
- [9] B. G. Fernández *et al.*, “Robotics vs. Game-Console-Based Platforms to Learn Computer Architecture,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 95153–95169, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2994196.
- [10] W. Stallings, *ORGANIZACIÓN Y ARQUITECTURA DE COMPUTADORES*. Madrid, 2006.
- [11] J. M. Hernández-Mangas and J. A. Álvarez, “Project-Based Learning in ‘Practical Development of Electronic Systems’ Course, Weaknesses and Strengths in the Context Imposed by the COVID-19 Disease,” *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 16, no. 2, pp. 194–203, May 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3089920.
- [12] D. Sandy, K. Gary, and S. Sohoni, “Impact of a Virtualized IoT Environment on Online Students,” in *2020 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Oct. 2020, pp. 1–5. doi: 10.1109/FIE44824.2020.9274105.
- [13] A. Birk and D. Simunovic, “Robotics Labs and Other Hands-On Teaching During COVID-19: Change Is Here to Stay?,” *IEEE Robotics Automation Magazine*, vol. 28, no. 4, pp. 92–102, Dec. 2021, doi: 10.1109/MRA.2021.3102979.
- [14] D. Shehova, K. Asparuhova, and S. Lyubomirov, “Study of Electronic Circuits with Operational Amplifiers Using Interactive Environments for Design and Analysis,” in *2021 12th National Conference with International Participation (ELECTRONICA)*, May 2021, pp. 1–4. doi: 10.1109/ELECTRONICA52725.2021.9513716.
- [15] S. Martin, A. Fernandez-Pacheco, J. A. Ruipérez-Valiente, G. Carro, and M. Castro, “Remote Experimentation Through Arduino-Based Remote Laboratories,” *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 16, no. 2, pp. 180–186, May 2021, doi: 10.1109/RITA.2021.3089916.