



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Programa de Doctorado: Computación Avanzada, Energía y Plasmas

Línea de Investigación: Energía y Tecnologías de la Información

**ESTUDIO DE VALIDACIÓN DIDÁCTICA DE
LABORATORIOS VIRTUALES INTEGRADOS
EN PLATAFORMAS B-LEARNING Y/O EN
REDES SOCIALES UBICUAS, Y SU
COMBINACIÓN CON GAMIFICACIÓN EN
ENSEÑANZAS DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

MEMORIA DE TESIS DOCTORAL

presentada por:

D. Manuel Peinazo Morales

dirigida por:

Dra. D^a. María Pilar Martínez Jiménez

Dra. D^a. Sara Pinzi

Fecha de depósito de tesis en el IDEP: Córdoba, 31 de julio 2020

TITULO: *ESTUDIO DE VALIDACIÓN DIDÁCTICA DE LABORATORIOS VIRTUALES INTEGRADOS EN PLATAFORMAS B-LEARNING Y/O EN REDES SOCIALES UBICUAS, Y SU COMBINACIÓN CON GAMIFICACIÓN EN ENSEÑANZAS DE EDUCACIÓN SUPERIOR*

AUTOR: *Manuel Peinazo Morales*

© Edita: UCOPress. 2020
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/>
ucopress@uco.es



TÍTULO DE LA TESIS: Estudio de validación didáctica de Laboratorios Virtuales integrados en plataformas b-learning y/o en redes sociales ubicuas, y su combinación con gamificación en enseñanzas de Educación Superior

DOCTORANDO: Manuel Peinazo Morales

INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

El trabajo, objeto de esta tesis es original, fruto de un proceso de maduración largo y extenso. Se ha implementado a un buen ritmo el plan de trabajo previsto en cada una de las fases:

Fase 1. Revisión bibliográfica: Se ha realizado una revisión de estudios previos de Implementación y Validación de Laboratorios y Plataformas Virtuales como sistemas Obicuos y Webmóvil en enseñanzas en los diferentes niveles, MECES 1,2,3, del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior. Asimismo, se ha hecho una revisión y validación de laboratorios y plataformas virtuales, haciendo especial hincapié primero en aquellos que han sido desarrollas por el Ministerio de educación para la Enseñanza Tecnológica en el nivel MECES 1, y en segundo lugar las propias de diferentes Universidades Españolas en los niveles MECES 2 y 3, es decir, grados y posgrados. A partir de los datos recabados se ha desarrollado una base de datos de estudios previos y se puede concluir que el trabajo de esta fase es satisfactorio.

Fase 2. Implementación, y validación de resultados de la plataforma Virtual de Ensayos de Tracción (LVET): El punto de partida de esta investigación se ha centrado en llevar a cabo una evaluación sobre la utilidad didáctica y pedagógica en un contexto real de docencia de un Laboratorio Virtual de Ensayos de Tracción Mecánica utilizado en asignaturas del ámbito de fabricación mecánica en Formación Profesional de Grado Superior, titulación desde la que se puede acceder a los Grados de Ingeniería Universitaria en España. Se ha comprobado la validez pedagógica del uso de este tipo de herramientas informáticas utilizadas como material complementario a las prácticas realizadas en el laboratorio experimental real. Mediante su utilización se pueden minimizar algunos inconvenientes encontrados en las actividades prácticas reales de las enseñanzas de formación profesional como son: escasez de recursos materiales para todo el alumnado, maquinaria desfasada y obsoleta, falta de espacio real en los laboratorios de los centros educativos de formación profesional habilitados como laboratorios de ensayos, etc. Son numerosos los beneficios y ventajas encontradas en el desarrollo y la utilización del presente

LV como una herramienta de enseñanza complementaria al trabajo práctico en el laboratorio real, o como refuerzo pedagógico después de que se ha llevado a cabo la práctica experimental en el laboratorio físico.

Trabajo Resultante: Como resultado de esta primera fase se ha obtenido un artículo de investigación: “Virtual web for the assessment of training of technicians in metal structures (MECES-1 EQF-5) within the technical college spanish education framework” publicado en la serie IATED CONFERENCE, Proceeding of *9th International Conference on Education and New Learning Technologies Barcelona, Spain. 3-5 July, 2017.* ISBN: 978-84-697-3777-4, ISSN: 2340-1117 y doi: [10.21125/edulearn.2017.0994](https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0994). Referenciada en la Base de datos ISI Conference Proceedings Citation Index (ISI CPCI).

El autor ha participado en el desarrollo e implementación de Laboratorios Virtuales de instrumentación eléctrica (Grado), creación, mantenimiento y tutorización a través del grupo de WhatsApp “Física 17/18”, así como en la implementación de cuestionarios Kahoot preparados para la gamificación como apoyo a la docencia de Clases Prácticas de Osciloscopio Virtual y en el desarrollo de los Laboratorios Virtuales de caracterización de Biodiesel de la plataforma BIORREFINERIAS (MASTER) de la Universidad de Córdoba, que formaron parte de sus trabajos Fin de Grado y de Máster. Estos están alojados en los servidores de la UCO:

<http://www.uco.es/oscivirtual/>

<http://www.uco.es/docencia/grupos/laboratoriovirtualceia3/es/component/users/?view=login>

<http://winapps.uco.es/Citrix/HTML5/client/HTML5Client/src/SessionWindow.html?launchid=1489678264927>

Fase 3: Valoración e Influencia de las Redes Sociales en la difusión de las plataformas Virtuales Interactivas (PVI) En este punto del desarrollo de la Tesis, se ha comprobado que la mayoría de las revistas de difusión e indexadas en el ámbito educativo se han focalizado en el potencial de las redes sociales como herramientas educativas y medio de difusión de la información. Por ello, en esta Tesis se está realizando una actualización del enfoque de los sistemas ubicuos utilizando sistemas e-learning, m-learning (móviles), b-learnig, y social-networks (Facebook, twitter etc.), combinando e integrando las plataformas y laboratorios virtuales desarrolladas en páginas de Facebook específicas creadas para tal fin.

Con el propósito de analizar la influencia de las redes sociales como medio complementario en la educación se ha diseñado una encuesta propia (formulario google) centrada en la valoración que de ellas hacen los jóvenes y de la frecuencia de su utilización por parte de éstos. En ella, se ha incluido un apartado centrado en la opinión que tienen los jóvenes sobre el posible uso de las redes sociales en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Fase 4: Desarrollo, Implementación, validación y valoración de los LV de instrumentación eléctrica. Esta fase está integrada por diferentes etapas: En Primer Lugar se han diseñado encuestas de satisfacción y validación de los laboratorios que han sido evaluados por profesores ajenos al trabajo, es decir por revisores del Software: OSCILOSCOPIO VIRTUAL. En segundo lugar se ha desarrollado el software Laboratorio Virtual “OSCIVIRTUAL” alojado en los

servidores de la Universidad de Córdoba. A continuación se han diseñado los cuestionarios de evaluación mediante la herramienta “KAHOOT”. A continuación se ha implementado los laboratorios como herramientas pedagógicas en las prácticas de alumnos de primer curso de grado como actividad complementaria y de refuerzo, previa evaluación de conocimientos previos mediante Kahoot, y en último lugar se ha evaluado el grado de satisfacción de los alumnos con los laboratorios y se ha estudiado estadísticamente el grado de mejora de la calidad de la docencia mediante el uso de las plataformas y de la gamificación.

Trabajo Resultante Los resultados obtenidos de esta investigación se están difundiendo a través de un artículo, actualmente en proceso de revisión, titulado : "Gamification combined with Virtual Electrical Instrumentation Web Training Experimental Physics in Engineering Degree" en la revista *Computer Application in Engineering Education*, Indexada con un índice de Impacto 1.435 según JCR, Q2 en Engineering, multidisiplinary, y de la cual ya ha pasado el primer filtro de revisión.

Fase 5. Desarrollo, Implementación, validación y valoración del LV sobre la Caracterización de Biodiesel, de la Plataforma web Biorrefinerías. Esta fase está integrada por diferentes etapas: En primer lugar, se han diseñado encuestas de satisfacción y validación del laboratorio virtual que ha sido evaluado por profesores ajenos al trabajo, es decir por revisores del Software. En segundo lugar, se ha implementado una encuesta sobre el uso de las redes sociales y su posible incorporación en la docencia de la asignatura “Biomasa para la generación de energía” del “Máster de Energías Renovables Distribuidas”. En tercer lugar, y basándonos en las opiniones de los encuestados, se ha creado una página de facebook “BiomasaGen” que está funcionando y que incorpora enlaces a la plataforma Virtual y videos interactivos. En cuarto lugar, se ha implementado el laboratorio virtual en la docencia de la asignatura con ayuda de redes sociales como medio de difusión. Y por último, se han valorado estadísticamente los resultados obtenidos por los alumnos en este curso y se han comparado con los obtenidos en cursos previos en los que se han utilizado diferentes metodologías que van desde laboratorios experimentales hasta los virtuales, individualmente y combinados.

Trabajo Resultante: Los resultados obtenidos se han publicado en la revista *Journal Cleaner Production*, Índice de Impacto de 6.39 según JCR Q1 en Engineering/Environmental ,y cuya cita es: Peinazo-Morales Manuel, Aparicio-Martínez Pilar, Redel-Macías María Dolores, Dorado MP, Pinzi Sara, Martínez-Jiménez M. Pilar, "Characterization of biodiesel using virtual laboratories integrating social networks and web app following a ubiquitous- and blended-learning", *Journal of Cleaner Production*, Volume 215, 2019, Pages 399-409, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.098>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261930109X>)

Se comprueba que se han alcanzado la totalidad de los objetivos previstos y que se listan a continuación.

- **Objetivo 1)** Validar tecnológicamente los LV desarrollados.
- **Objetivo 2)** Validar la utilización pedagógica de LV para asignaturas científico-tecnológicas del ámbito de la Educación Superior en España, desde el punto de vista tanto cuantitativo como cualitativo, valorando al

programa en relación al logro de objetivos y en relación a la opinión del profesorado y alumnado.

- **Objetivo 3)** Destacar factores positivos, avances y logros derivados de la utilización de los laboratorios virtuales para enseñanzas de Educación Superior del ámbito científico-tecnológico, y aquellos otros que, sin estar consolidados, puedan suponer un punto de partida para la reflexión.
- **Objetivo 4)** Poner de manifiesto las actuales limitaciones, aspectos deficitarios u otros factores que puedan estar impidiendo o restringiendo una implantación más amplia de los laboratorios virtuales para el aprendizaje de los procedimientos en este tipo de enseñanzas.
- **Objetivo 5** Validar la influencia de las redes sociales como medio de difusión de los Laboratorios Virtuales y herramienta metodológica complementaria.
- **Objetivo 6** Validación de la influencia de juegos interactivos mediante herramientas multimedia de Gamificación: Genial.ly y kahoot! para la evaluación previa y post-intervención de las sesiones prácticas de Laboratorios Virtuales.

Finalmente, el doctorando ha participado de manera activa, desarrollando un papel fundamental, y colaborando con los trabajos de desarrollo del Grupo de Investigación de la Junta de Andalucía TEP 149: Modelos de simulación en energías, transporte, física, ingeniería y riesgos laborales, acrónimo modelización y simulación aplicada a las ciencias experimentales y sociales

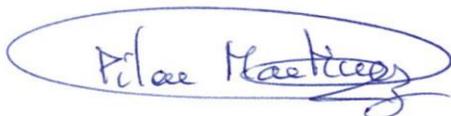
Por todo ello, es posible concluir que el doctorando ha finalizado satisfactoriamente, cumpliendo los objetivos y requisitos establecidos al inicio de su etapa de formación doctoral, afrontando todas las tareas encomendadas con un alto nivel de iniciativa, responsabilidad, implicación e interés, esfuerzo y rigor y, consecuentemente, alcanzando las competencias deseables para esta etapa de formación.

Y para que conste, se expide el presente informe en Córdoba a 3 de marzo de 2020.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 4 de marzo de 2020

Firma del/de los director/es



Fdo.: M^a del Pilar Martínez Jiménez



Fdo.: Sara Pinzi

DEDICATORIA

A mi mujer e hijos.

A mis padres y hermanos.

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis doctoral ha sido fruto de la suma del esfuerzo de muchas personas a las que estoy profundamente agradecido y, sin cuya ayuda y apoyo, jamás hubiese podido culminar.

En primer lugar, quisiera agradecerles de corazón a mis directoras de tesis, Pilar Martínez Jiménez y Sara Pinzi, su excelente labor de coordinación y asesoramiento durante los años en los que se ha desarrollado mi trabajo de investigación como doctorando, y que concluye con esta memoria de tesis doctoral. Pilar y Sara, sois un ejemplo a seguir por vuestro talante, experiencia y profesionalidad. Ha sido un gran acierto y orgullo vuestra elección como directora y co-directora. ¡Gracias por vuestro constante apoyo y motivación!

También quisiera agradecerle especialmente a Pilar Aparicio, su altruismo, iniciativa, dedicación y todo el esfuerzo que ha realizado por ayudarme, logrando que finalice la tesis mucho antes de lo que podría haber planificado. ¡Gracias Pilar, serás una excelente Doctora!

Deseo agradecerle a Pilar Dorado toda su labor de asesoramiento y relevante trabajo como *corresponding autor*. Además, quería hacer pública mi gratitud a María Dolores por su colaboración prestada.

No podría olvidarme de Miguel, que me ha ayudado mucho en los aspectos formales de redacción de la presente memoria de tesis. ¡Gracias por la ayuda que me has ofrecido de forma altruista!

Mención especial requieren mis compañeros y amigos de fatiguitas de trabajo y desayunos en la Delegación Territorial de Educación: Bartolomé, Pedro, Lourdes y José Ramón. ¡Gracias por saber escucharme y por vuestros sabios consejos!

Me gustaría agradecerle públicamente a mi amigo y Jefe de Servicio, Rafael, su apoyo e interés en mi trabajo de investigación, así como por la flexibilidad mostrada para poder llevar a cabo con éxito las actividades formativas que requerían mi Plan de Formación.

Y le toca el turno a la familia, a mi mujer, Carmen María, y a mis dos niños, Carmen y Álvaro. Os debo mucho por haberme soportado y padecido las consecuencias que han conllevado el tiempo dedicado a esta tesis doctoral. ¡Espero poder devolveros el tiempo que os debo con creces!

A mis padres, quienes, a pesar de todas las adversidades por la que hemos pasado, han podido conseguirme, con su esfuerzo y sacrificio, la mejor herencia que uno pueda tener, una formación académica que culmina con esta etapa de Doctorado.

A mis hermanos, Loren y María, por su apoyo y ser espejo motivante de capacidad, sacrificio y logro.

A todos ellos, mi más sincera gratitud.

ABSTRACT

The incorporation of the new information and communication technologies (ICTs) within the Spanish Qualifications Framework for Higher Education (SQFHE) has become critical in promoting more effective learning and fostering a high-quality education system. Nowadays, the inclusion of new teaching methodologies in Higher Education courses encourages the interaction, knowledge building, autonomous and cooperative knowledge. Such courses are based on the acquisition of abilities and skills.

In the scientific-technological fields, practices in real laboratory are vital in the teaching-learning process of students in the SQFHE. Nonetheless, there are technical, budgetary and organizational restrictions in teaching how to use of such laboratories. These obstacles, combine with the increasing availability of multimedia and interactive technologies, have facilitated the introduction of new teaching tools. Such tools are supported by mobile learning (m-learning) and ubiquitous learning (u-learning) approaches, by which is promoted students' active role in their learning process. One of the most outstanding tools is the virtual laboratories (VLs), which simulate and reproduce the working conditions of an experimental laboratory. Their integration with teaching using other tools, such as social networks or gamification in the educational context, has opened the educational field. Based on the previous states, the current educational resources have a great influence in the students' learning process.

This doctoral dissertation has focused on analyzing the influence of virtual laboratories (VLs) and their combination with the social networks and gamification in scientific-technological subjects of SQFHE courses: Advanced Vocational Education and Training, University Degree and Master.

In the first chapter, an initial analysis of the current role of ICTs and the integration of VLs was carried out, as well as, the use of social networks and gamification in the teaching-learning process in Higher Education. In the second chapter, the context of the investigation, the motivation that drives it and the intended goals were studied and exposed. In the third chapter, the didactic and pedagogical effectiveness of an Interactive Virtual Platform of Mechanical Traction Tests (IVPMTT) used in subjects of the field of mechanical manufacturing in Advanced Vocational Education and Training in Spain (SQFHE-1/EQF -5) has been described and evaluated. The fourth chapter has focused on gamification united with physical experimentation in an Interactive Virtual Web (IVW) of Electrical Instrumentation (Oscivirtual). This implementation and validation of a mobile web application was carried out by students of the Physics course in the Electrical Engineering and Computer Science Degrees (SQFHE-2/EQF-6). In the fifth chapter, the didactic effectiveness of the combination of three Virtual Laboratories on Biodiesel Characterization (VLBC) integrated in the social network called Facebook for students of master's degree (SQFHE-3/EQF-7) has been evaluated. Finally, the last chapter presents the conclusions of the research carried out and the results obtained, as well as possible future lines of research.

RESUMEN

La incorporación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a enseñanzas del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES) está siendo relevante en el fomento de un aprendizaje más efectivo y como impulso de un sistema educativo de calidad. En la actualidad, en el diseño de los nuevos planes de estudio de las enseñanzas de Educación Superior, basados en la adquisición de competencias, se está favoreciendo la aplicación de propuestas metodológicas que fomentan la interacción, la construcción de conocimiento y el aprendizaje autónomo y cooperativo.

En las disciplinas científico-tecnológicas, las prácticas reales de laboratorio son esenciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado del entorno MECES. Sin embargo, existen muchas limitaciones técnicas, presupuestarias y organizativas en el uso didáctico de dichos laboratorios. Estos inconvenientes, sumados a la creciente disponibilidad de tecnología multimedia e interactiva, han facilitado la introducción de nuevas herramientas didácticas, apoyadas en metodologías de aprendizaje móvil (m-learning) y aprendizaje ubicuo (u-learning), que favorecen la incorporación activa del alumno en su formación. Entre ellas, destaca la creación y utilización de laboratorios virtuales (LV), que permiten simular y reproducir las condiciones de trabajo de un laboratorio experimental, y su integración combinada con el uso didáctico de redes sociales y gamificación en el contexto educativo. Todo ello los convierte en recursos didácticos de gran influencia en el proceso de formación del alumnado.

La presente tesis doctoral se centra en el estudio de la influencia del uso de laboratorios virtuales (LV) y su integración combinada con el apoyo didáctico de redes sociales y gamificación en asignaturas científico-tecnológicas de enseñanzas del MECES: Ciclo Formativo de Grado Superior de Formación Profesional, Grado y Máster.

En el primer capítulo se realiza un análisis previo del papel actual de las TIC y la integración de los LV, junto al uso de redes sociales y gamificación, en el proceso de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior. En el segundo capítulo se expone el contexto de la investigación, la motivación que la impulsa y los objetivos que se persiguen. En el tercer capítulo se desarrolla una descripción y evaluación sobre la utilidad didáctica y pedagógica de un Plataforma Virtual Interactiva de Ensayos de Tracción Mecánica (PVIET) utilizado en asignaturas del ámbito de fabricación mecánica en Formación Profesional de Grado Superior en España (MECES-1/EQF-5). El cuarto capítulo se centra en la gamificación combinada con la experimentación física en una Web Virtual Interactiva (WVI) de Instrumentación Eléctrica (Oscivirtual), mediante la implementación y validación de una aplicación web móvil, utilizada por estudiantes de la asignatura de Física en los Grados de Ingeniería Eléctrica e Informática (MECES-2/EQF-6). En el quinto capítulo se ha evaluado la utilidad didáctica de la combinación de tres Laboratorios Virtuales sobre Caracterización de Biodiésel (LVCB) integrados en la red social *Facebook* para alumnado de Máster Universitario (MECES-3/EQF-7). Por último, en el sexto capítulo se establecen conclusiones que se derivan de la investigación llevada a cabo y de los resultados obtenidos, así como posibles líneas de investigación futuras.

ABREVIATURAS

BYOD	Bring Your Own Device	<i>Trae tu propio dispositivo</i>
b-learning	Blended learning	<i>Aprendizaje combinado</i>
ceiA3	Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario	
CIPP	Context, input, process, product	<i>Contexto, entrada, proceso, producto</i>
ECTS	European Credit Transfer and Accumulation System	<i>Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos</i>
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior	
EQF	European Qualification Framework	<i>Marco Europeo de Cualificaciones</i>
EVA	Entorno Virtual de Aprendizaje	
e-learning	Electronic Learning	<i>Aprendizaje Electrónico</i>
FP	Formación Profesional	
GC	Grupo Control	
GE	Grupo Experimental	
HTML5	HyperText Markup Language, versión 5	
IE	Instrumento de Evaluación	
INTEF	Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado	
ISO	International Organization for Standardization	
JS	Javascript	
LE	Laboratorio Experimental	
LMS	Learning Management System	<i>Sistema de Gestión de Aprendizaje</i>
LR	Laboratorio Remoto	
LV	Laboratorio Virtual	
LVCB	Laboratorio Virtual de Caracterización de Biodiésel	

LVET	Laboratorio Virtual de Ensayos de Tracción	
LVOV	Laboratorio Virtual Osciloscópio Virtual de instrumentación eléctrica	
LVQ	Laboratorio Virtual de Química	
LVR	Laboratorio Virtual y Remoto	
LVS	Laboratorio Virtual de Software	
LVW	Laboratorio Virtual Web	
MECES	Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior	
m-learning	Mobile Learning	<i>Aprendizaje Móvil</i>
NVVL	Noise and Vibration Virtual Laboratory	<i>Laboratorio Virtual de Ruido y Vibraciones</i>
OV	Osciloscopio Virtual	
PCI	Poder Calorífico Inferior	
PCS	Poder Calorífico Superior	
PDA	Personal Digital Assistant	<i>Asistente Digital Personal</i>
PM	Physical Manipulatives	<i>Manipulación Física</i>
PVI	Plataforma Virtual Interactiva	
PVIET	Plataforma Virtual Interactiva sobre Ensayos de Tracción	
SIPAE	Sistema Integrado para Aprendizaje y Evaluación	
SNSs	Social Networks	<i>Redes sociales</i>
TFM	Trabajo Fin de Máster	
TIC	Tecnologías de la Comunicación y la Información	
UCO	Universidad de Córdoba	
UPM	Universidad Politécnica de Madrid	
u-learning	Ubiquitous Learning	<i>Aprendizaje Ubicuo</i>
VM	Virtual Manipulatives	<i>Manipulación Virtual</i>
WVI	Web Virtual Interactiva	
WIVE	Web de Instrumentación Virtual Eléctrica	

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ABSTRACT.....	I
RESUMEN	III
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el Espacio Europeo de la Educación Superior	2
1.2. Integración de los Laboratorios Virtuales en prácticas de disciplinas científico-tecnológicas del MECES.....	4
1.3. Integración de las redes sociales y la gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje del marco de la Educación Superior mediante mobile-learning	20
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS Y SINOPSIS DE LA TESIS.....	23
2.1. Motivación y objetivos de la tesis.....	24
2.2. Sinopsis de la tesis.....	28
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DIDÁCTICA Y PEDAGÓGICA DE LA PLATAFORMA VIRTUAL INTERACTIVA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN MECÁNICA (MECES-1) ..	31
3.1. Introducción.....	32
3.2. Descripción experimental. Materiales y métodos.....	35
3.2.1. Descripción de la PVI de Ensayos de Tracción Mecánica (PVIET)	35
3.2.2. Metodología aplicada en la experiencia de investigación docente	42
3.3. Resultados y discusión.....	48
3.3.1. Resultados y discusión de la evaluación pedagógica de la experiencia.....	48
3.3.2. Resultados de la valoración del uso de la PVIET en relación a la opinión de los participantes.....	55
3.4. Conclusiones.....	58

CAPÍTULO 4. GAMIFICACIÓN COMBINADA CON LA EXPERIMENTACIÓN FÍSICA EN LA WEB VIRTUAL INTERACTIVA DE INSTRUMENTACIÓN ELÉCTRICA (MECES-2)	61
4.1. Introducción	62
4.2. Descripción experimental. Materiales y métodos	65
4.2.1. Tecnología e instrumentación virtual implementada	65
4.2.2. Diseño de cuestionarios de <i>Kahoot</i>	71
4.2.3. Metodología aplicada a la experiencia de investigación docente	73
4.3. Resultados y discusión	77
4.4. Conclusiones	82
CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL BIODIÉSEL UTILIZANDO LABORATORIOS VIRTUALES QUE SE INTEGRAN EN REDES SOCIALES Y APLICACIONES WEB MEDIANTE APRENDIZAJE U-LEARNING (MECES-3)	83
5.1. Introducción	84
5.2. Descripción experimental. Materiales y métodos	88
5.2.1. Desarrollo e implementación de laboratorios virtuales de caracterización de biodiésel	88
5.2.2. Diseño del Grupo <i>BiomasaGen</i> como parte de la red social <i>Facebook</i>	91
5.2.3. Método CIPP para la evaluación de los LVCB	93
5.2.4. Evaluación de la valoración del alumnado sobre la utilización de las redes sociales	97
5.2.5. Metodología aplicada a la experiencia de investigación docente	99
5.3. Resultados y discusión	103
5.3.1. Evaluación integral de los LVCB mediante el método CIPP	103
5.3.2. Valoración previa del alumnado respecto a la utilización de las redes sociales como herramienta de aprendizaje	107
5.3.3. Análisis estadístico de los resultados de logro obtenidos en la experiencia de investigación docente propuesta	108
5.4. Conclusiones	111
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	113
6.1. Conclusiones	114
6.2. Líneas futuras de investigación	116
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	117
7.1. Referencias bibliográficas citadas	118
7.2. Recursos electrónicos citados	138

7.3. Normativa.....	139
ANEXO A: PUBLICACIONES	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Titulaciones académicas correspondientes a los niveles del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES). (Fuente: Anexo I del R.D. 22/2015) ..	2
Figura 3.1. Diagrama Tensión-Alargamiento. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional).....	36
Figura 3.2. Máquina universal de ensayos de tracción-compresión en centro educativo	37
Figura 3.3. Simuladores virtuales para la familia profesional de Fabricación Mecánica. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)	38
Figura 3.4. Pantalla de acceso a la Plataforma Virtual Interactiva de Ensayos de Tracción. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)	38
Figura 3.5. Pantalla de recepción del pedido. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional).....	39
Figura 3.6. Pantalla de análisis de la orden de trabajo. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)	39
Figura 3.7. Preparación de la probeta a ensayar. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional).....	40
Figura 3.8. Zona de preparación de la máquina de ensayos. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)	40
Figura 3.9. Realización del ensayo de tracción. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional).....	41
Figura 3.10. Informe final del ensayo de tracción. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional).....	41
Figura 3.11. Algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre ensayos de tracción.....	44
Figura 3.12. Resultados de la evaluación por objetivos (O ₁ , O ₂ , O ₃ y O ₄) del Grupo Control (GC1).....	48
Figura 3.13. Resultados de la evaluación por objetivos (O ₁ , O ₂ , O ₃ y O ₄) del Grupo Control (GC2).....	49
Figura 3.14. Resultados de la evaluación por objetivos (O ₁ , O ₂ , O ₃ y O ₄) del Grupo Experimental (GE1).....	50
Figura 3.15. Resultados de la evaluación por objetivos (O ₁ , O ₂ , O ₃ y O ₄) del Grupo Experimental (GE2).....	50
Figura 3.16. Resultados porcentuales correspondientes a los cuatro niveles de rendimiento global (suma de puntuaciones de los cuatro objetivos) en cada grupo control y experimental	54

Figura 3.17. Valores medios obtenidos para cada una de las preguntas del cuestionario	56
Figura 4.1. Diseño arquitectónico de un osciloscopio analógico	66
Figura 4.2. Diagrama objeto de los objetos que conforman el portal web.....	67
Figura 4.3. Pantalla inicial de acceso al Osciloscopio Virtual	68
Figura 4.4. Visualización de diferencia en las fases entre dos señales	69
Figura 4.5. Visualización de señal de frecuencia modulada.....	70
Figura 4.6. Visualización de figuras de Lissajous	70
Figura 4.7. Pregunta n°6 del cuestionario popquiz diseñado	72
Figura 4.8. Ejemplo de resultados ordenados por ranking de puntuación.....	72
Figura 4.9. Algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre circuitos de corriente alterna	75
Figura 4.10. Estudio descriptivo comparativo frecuencial de las notas finales de la asignatura entre alumnado de Grupo Control (GC) y Grupo Experimental (GE)	78
Figura 4.11. Diagrama de tallo y hojas de las notas finales de prácticas y las notas de la prueba escrita entre alumnado de Grupo Control (GC) y Grupo Experimental (GE)	79
Figura 4.12. Estudio descriptivo comparativo frecuencial de las notas finales de la asignatura entre alumnado de los cursos 2015-16, 2016-17 y 2017-18.....	81
Figura 5.1. Zona de acceso a laboratorios virtuales.....	88
Figura 5.2. Pantalla de selección de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel.....	89
Figura 5.3. Zona de acceso a laboratorios virtuales.....	89
Figura 5.4. Grupo BiomasaGen en Facebook.....	91
Figura 5.5. Acceso a los LVCB vía Genial.ly integrados en el grupo de Facebook.....	92
Figura 5.6. Pantalla principal de inicio de cada Laboratorio Virtual de Caracterización de Biodiésel.....	93
Figura 5.7. Algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre caracterización de biodiésel.....	100
Figura 5.8. Coordinación entre los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel vía web y laboratorio real	101
Figura 5.9. Acceso a los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel integrados en la página de Facebook BiomasaGen	102
Figura 5.10. Evaluación técnica de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel llevada a cabo por un grupo de expertos (N=6)	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Equivalencia entre niveles del Marco Europeo de Cualificaciones (EQF) y el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES).....	3
Tabla 1.2. Listado de proyectos que contienen laboratorios virtuales con especificaciones técnicas y evaluativas	16
Tabla 3.1. Análisis estadístico de las calificaciones de los grupos control 1 y 2 (GC1 y GC2)	51
Tabla 3.2. Análisis estadístico de las calificaciones de los grupos experimentales 1 y 2 (GE1 y GE2).....	51
Tabla 3.3. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis por objetivos.....	53
Tabla 3.4. Resultados de la prueba ANOVA relacionando objetivos y años	55
Tabla 3.5. Resultados de encuestas de opinión del alumnado por bloques temáticos	56
Tabla 4.1. Resultados del estudio descriptivo de las variables: nota final de la asignatura, nota de prueba escrita y nota final de prácticas.....	77
Tabla 4.2. Análisis de correlación de Pearson entre Grupo Experimental, nota final de la asignatura, nota de prueba escrita y nota final de prácticas	80
Tabla 5.1. Dimensiones del cuestionario sobre grado de integración de las TIC. (Fuente: López, 2008)	94
Tabla 5.2. Descripción de los objetivos técnicos-funcionales y objetivos pedagógicos (Fuente: López, 2008)	95
Tabla 5.3. Categorías del cuestionario de valoración del alumnado. (Fuente: López, 2008)	96
Tabla 5.4. Categorías de la entrevista al profesorado. (Fuente: López, 2008)	97
Tabla 5.5. Cuestionario sobre el uso de las redes sociales en asignaturas de Máster (N=46)	98
Tabla 5.6. Estudio de registro observacional en la implementación de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel	105
Tabla 5.7. Resultados (%) de la evaluación final de estudiantes de la asignatura, biomasa para generación de energía, del Máster de Energías Renovables Distribuidas durante cinco cursos académicos	106
Tabla 5.8. Resultados de la prueba ANOVA relacionando notas de la evaluación final (EvF) y el uso de los laboratorios virtuales (LVCB).....	109
Tabla 5.9. Resultados del modelo de correlación lineal relacionando los rangos de notas de la evaluación final (EvF) y el uso de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel.....	109

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

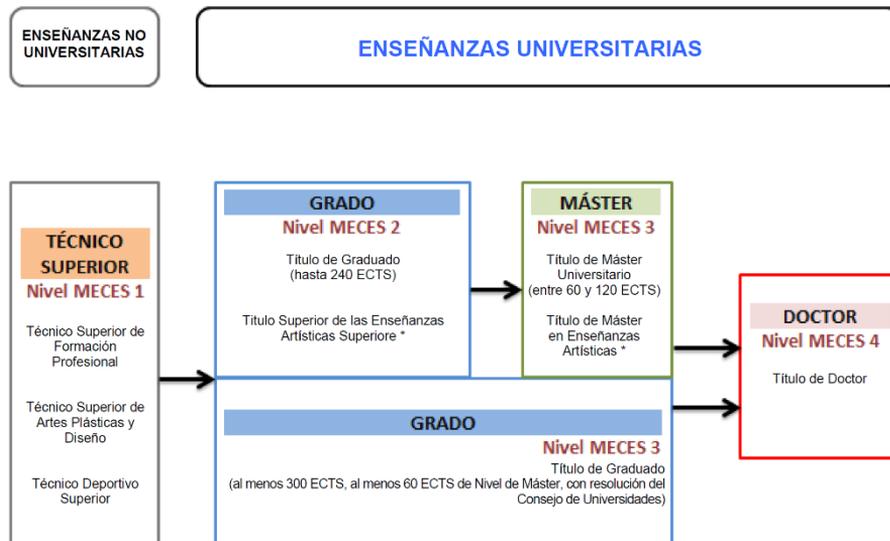
En este capítulo, se expone el contexto de aplicación de la investigación, realizándose un análisis previo donde se indaga sobre el papel actual de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), para, a continuación, analizar el contexto actual de integración de los laboratorios virtuales y su integración mediante el uso de redes sociales y gamificación durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior.



1.1. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el Espacio Europeo de la Educación Superior

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) es un conjunto de acuerdos y procesos comunes, suscritos por más de 40 países de Europa, para armonizar sus enseñanzas universitarias. Se inicia con la Declaración de La Sorbona (25 de mayo de 1998) y de la posterior Declaración de Bolonia (19 de junio de 1999), emergiendo de la voluntad de integración y cooperación de los sistemas de Educación Superior, con el objetivo de armonizar los niveles de enseñanza en todo el continente, permitiendo la acreditación y movilidad de estudiantes y trabajadores por todo el territorio europeo.

España, al igual que el resto de países implicados en el Proceso de Bolonia, siguiendo la Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2008, ha establecido, mediante el Real Decreto 1027/2011, el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES) que se estructura en cuatro niveles, como se observa en la *Figura 1.1*, y cuya finalidad es permitir la clasificación, comparabilidad y transparencia de las cualificaciones de la Educación Superior en el sistema educativo español.



* Las Enseñanzas Artísticas Superiores son Enseñanzas no Universitarias dentro del Sistema Educativo español de Enseñanza Superior.

Figura 1.1. Titulaciones académicas correspondientes a los niveles del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES). (Fuente: Anexo I del R.D. 22/2015)

MECES es un instrumento, internacionalmente reconocido, que permite la nivelación coherente de todas las cualificaciones de la Educación Superior para su clasificación, relación y comparación, y que sirve, asimismo, para facilitar la movilidad de las personas en el Espacio Europeo de la Educación Superior y en el mercado laboral internacional. Su equivalencia con los niveles del Marco Europeo de Cualificaciones (EQF) se muestra en la *Tabla 1.1*.

Tabla 1.1. Equivalencia entre niveles del Marco Europeo de Cualificaciones (EQF) y el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES)

EQF	MECES
Nivel 5	Nivel 1
Nivel 6	Nivel 2
Nivel 7	Nivel 3
Nivel 8	Nivel 4

La emergente sociedad de la información, liderada por el avance frenético de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), está provocando cambios estructurales en todos los ámbitos de la actividad humana (Morffe, 2010).

En el ámbito de la educación, los sistemas educativos actuales se enfrentan al desafío de utilizar las TIC, adaptándose a nuevas estrategias educativas y creando nuevos entornos de aprendizaje abierto, proveyendo al alumnado de las herramientas y conocimientos necesarios para mejorar la calidad de la enseñanza y el aprendizaje del siglo XXI (Semenov, 2005).

En este contexto, el EEES constituye un indiscutible punto de inflexión para la Educación Superior en Europa, donde la puesta en marcha de los postulados de la declaración de Bolonia ha supuesto un cambio hacia metodologías activas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es por ello que el estudiante adquiere un papel protagonista del proceso y el docente deja de ser la principal fuente de información, junto con la de transmisor de conocimiento, para convertirse en un “guía” que muestra maneras de acercarse a los conocimientos, de generarlos y de hacerlos propios, enseñando actitudes hacia el trabajo y hacia la sociedad del aprendizaje; de ahí que se produzca una mayor interacción del profesor con el alumnado en su formación y se abandone, por parte de este último, el papel de mero receptor pasivo de información (Romaña & Gros, 2003; San Miguel del Hoyo, 2011).

Consecuentemente, para el diseño de los nuevos planes de estudio basados en la adquisición de competencias, que posibiliten y faciliten en mayor medida la inserción del alumnado al mercado laboral, se debe fortalecer la aplicación de propuestas metodológicas que fomenten la interacción, la construcción de conocimiento, y el aprendizaje autónomo y cooperativo (Canós-Rius & Guitert-Catases, 2014; Flores & de Arco, 2012), introduciéndose nuevas herramientas didácticas que favorezcan la incorporación activa del alumno en su formación.

En la educación universitaria, las TIC favorecen el cambio metodológico en la docencia, es decir: a) permiten la creación de un sistema educativo de calidad basado en una formación flexible, b) abren nuevas alternativas para la construcción de aprendizajes significativos, y c) transforman la enseñanza dirigida en un nuevo paradigma que sitúe al estudiante como centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, adaptándolo a sus características y necesidades, con un seguimiento individualizado y continuo del alumnado (Morffe, 2010).

1.2. Integración de los Laboratorios Virtuales en prácticas de disciplinas científico-tecnológicas del MECES

La incorporación de las TIC a las enseñanzas del MECES proporciona un nuevo espacio de reflexión acerca de su posible aportación al trabajo práctico de las disciplinas científicas. Las posibilidades de estas herramientas, en cuanto al acceso y almacenamiento de la información, la comunicación, la simulación o la interactividad, amplían las fronteras para la realización de prácticas experimentales, ya que abren nuevos escenarios educativos para el aprendizaje de los procedimientos científicos (López & Morcillo, 2007).

Es destacable citar la relevancia de los tradicionales laboratorios prácticos que ofrecen oportunidades de experimentación de los estudiantes con sistemas físicos reales en el ámbito científico-tecnológico para comprender la influencia de dicha experimentación en el desarrollo del conocimiento científico. Las actividades prácticas de laboratorio contribuyen, mediante la interactividad del alumnado a la adquisición de competencias profesionales y destrezas intelectuales (Ariza & Quesada, 2014), tales como la capacidad de formular problemas e hipótesis, de diseñar experiencias para comprobarlas, de abordar la observación sistemática, la adquisición, representación y análisis de datos y la interpretación crítica de resultados, además de desarrollar competencias personales como la autonomía en la toma de decisiones o el trabajo colaborativo (Barros *et al.*, 2008; Lorandi Medina *et al.*, 2011).

No solo es necesario un discurso a favor de la dinamización del trabajo del laboratorio en la enseñanza del ámbito científico-tecnológico, sino que además debemos tener en cuenta el papel de los materiales didácticos y estrategias de formación y cooperación entre docentes que posibiliten una utilización más racional del trabajo de laboratorio (Tenreiro-Vieira & Marques Vieira, 2006), al implicar actualmente costos elevados asociados con equipos, espacios y personal de mantenimiento (Gomes & Bogosyan, 2009).

Según varios autores (Calvo *et al.*, 2008; Cataldi *et al.*, 2010; Lorandi Medina *et al.*, 2011; Rosado & Herreros, 2005), las principales limitaciones del uso de laboratorios reales son:

- La escasez de horas en los currículos académicos para asistir a clases de laboratorio.
- El número de estudiantes por cada grupo y la atención de profesorado según ratio insuficiente, ya que las prácticas necesitan de una supervisión más directa del docente.
- Los riesgos potenciales en el trabajo con grupos numerosos en el laboratorio.
- Las limitaciones económicas para inversión inicial de maquinaria y mantenimiento posterior adecuado.
- La heterogeneidad de los estudiantes en cuanto a edades y habilidades motoras.
- La falta de experiencias de los estudiantes en manipulación de dispositivos de laboratorio.
- La limitación de la presencia física del estudiante en el laboratorio físico.

- La posible contaminación ambiental por la generación de residuos de las prácticas de laboratorio.

Para intentar reducir o minimizar las limitaciones descritas anteriormente, se han abierto nuevas vías de investigación aplicada y desarrollo tecnológico, lo que ha dado como resultado la creación de una amplia variedad de herramientas didácticas interactivas, accesibles a través de internet, web móvil o *apps* en diferentes dispositivos electrónicos como ordenador, tabletas, teléfonos inteligentes... (Bourne *et al.*, 2005; Gallego, 2011; Martínez-Jiménez *et al.*, 2010). Estas aplicaciones desarrolladas pueden ser incorporadas a las actividades prácticas de laboratorio (Amaya Franky, 2009) y se comprueba una mejora del rendimiento del alumnado, de la capacidad de autoaprendizaje, de la autoevaluación de conocimientos y de la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje en el que está inmerso el binomio profesor-alumno (Anastasiades *et al.*, 2008; Fernández Sánchez *et al.*, 2009).

Dentro de este contexto se destaca el uso, en todos los niveles educativos, de los Laboratorios Virtuales y/o Remotos como herramientas didácticas utilizadas para resolver problemas prácticos en ambientes virtuales controlados: estas aplicaciones informáticas se utilizan como complemento a la experimentación realizada en laboratorios-reales o como apoyo a la experimentación de fenómenos no observables y que ayudan a paliar las dificultades en la realización de prácticas, incluidas las enseñanzas de Educación Superior (Zappatore *et al.*, 2015).

Según sus componentes y la arquitectura de comunicación (Pardo & Portilla-Rosero, 2012) y las diferentes modalidades de entornos de experimentación posibles, remoto vs local y/o virtual vs real (Dormido, 2004), se ha establecido la siguiente tipología de laboratorios de experimentación:

- Laboratorios Virtuales de *Software* (LVS), donde el programa *software* es independiente y destinado a ejecutarse en la máquina del usuario y cuyo servicio no requiere de un servidor Web.
- Laboratorios Virtuales Web (LVW), basados en un *software* que depende de los recursos de un servidor determinado.
- Laboratorio Remoto (LR), basado en instrumentación real de laboratorio (no prácticas simuladas), que permiten al alumnado realizar actividades prácticas de forma local o remota, transfiriendo la información entre el proceso y el alumnado de manera uni o bidireccional.
- Laboratorio Virtual y Remoto (LVR), donde el sistema físico es real o simulado, accesible desde Internet, con capacidades de gestión, aprendizaje de contenido y/o reservas de recursos compartidos.

Las diferentes tipologías de Laboratorios Virtuales (LV), como alternativa a los tutores, simuladores y juegos educativos, se pueden catalogar dentro de los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) que, aprovechando las funcionalidades de las TIC, ofrecen nuevos entornos para la enseñanza y el aprendizaje, libres de restricciones que imponen el tiempo y el espacio de la enseñanza presencial, capaces de asegurar una continua comunicación

virtual entre docentes y estudiantes, y que se basan en la simulación de fenómenos reales, que proporcionan ambientes de aprendizaje donde el alumnado puede desarrollar de forma autónoma aprendizaje significativo y transferible al mundo real (Feisel & Rosa, 2005).

Numerosos estudios (Calvo *et al.*, 2009; Cataldi *et al.*, 2010; Chen, 2010; Lorandi Medina *et al.*, 2011; Ma & Nickerson, 2006; Rosado & Herreros, 2005) han puesto de manifiesto tanto las principales ventajas como la existencia de limitaciones en la utilización de LV como herramientas de apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje durante prácticas experimentales:

- Su uso posibilita la reducción del coste de montaje y mantenimiento de las prácticas en el laboratorio-real, así como evitan cualquier tipo de contaminación ambiental por la posible generación de residuos de las prácticas en laboratorio-real.
- Facilitan a un mayor número de alumnado la realización de actividades prácticas de laboratorio, aunque alumnado y laboratorio no coincidan en el espacio físico, flexibilizando el horario de prácticas, evitando la saturación por el solapamiento de otras asignaturas y mejorando la accesibilidad del laboratorio a personas con discapacidad.
- Son una herramienta eficaz de autoaprendizaje previo al uso en experimentos significativos en laboratorio-real al agilizar el proceso inicial de reconocimiento del equipo, permitiendo con las simulaciones de experimentos obtener una visión más intuitiva de aquellos fenómenos que en su realización manual no aportan suficiente claridad gráfica, enfatizando información o eliminando detalles confusos e incrementando la diversidad didáctica (Cabe Trundle & Bell, 2010).
- Apoyan la experimentación sobre fenómenos no observables, tales como termodinámica, reacciones químicas o electricidad (Climent-Bellido *et al.*, 2003; Levy, 2013; Naukkarinen & Sainio, 2018; Pontes Pedrajas & Martínez Jiménez, 2005; Woodfield *et al.*, 2009; Zacharia & Constantinou, 2008).
- El alumnado realiza el proceso de aprendizaje en un entorno seguro, mediante el concepto *prueba y error*, sin miedo a sufrir o provocar un accidente ni causar posibles daños materiales.
- Desde el punto de vista conductual, el LV provee a cada estudiante su propio ambiente de aprendizaje, regulando el ritmo sin presión por tiempo estipulado para la realización de la experiencia.
- La formación y comprensión de conceptos científicos es el resultado de un proceso de aprendizaje iterativo. eso requiere experimentar repetidamente con el laboratorio, posibilidad muchas veces limitada en el laboratorio-real y que está disponible en el LV las 24 horas de los siete días de la semana.
- Como posible limitación de muchos LV, puede indicarse que pueden estar limitados por el modelo y, para poder ser manejables, tienden a simplificarse, perdiendo información con respecto al sistema real. Por eso, en estos casos no pueden sustituir

completamente al laboratorio-real, por lo que, para obtener un mayor rendimiento, se deben utilizar como herramienta complementaria (pre o post a la experiencia en el laboratorio-real).

- Otra posible desventaja puede ser que el estudiante se comporte como un mero espectador si no se realiza un óptimo diseño acompañando a las diversas prácticas de guiones explicativos del proceso experimental a investigar.
- Abdulwahed & Nagy (2011) añaden que los laboratorios prácticos en entorno real son especialmente importantes para adquirir habilidades hápticas y la conciencia de la instrumentación, que, por contra, son más difíciles de obtener a través de los LV.

Es conveniente reseñar la importancia que adquiere el buen diseño e implementación de dichos LV utilizados como software educativo y cuyos contenidos, metodología y evaluación ayudarán a lograr alcanzar los objetivos propuestos, permitiendo mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula y fuera de ella. Por ello, en su diseño y desarrollo se deben tener en cuenta características esenciales como el dinamismo en la redacción y la presentación, la confianza en la calidad de los materiales, variedad y realismo en imágenes y actividades, sencillez en la redacción y el uso, fuerte interactividad entre usuario-laboratorio, buena accesibilidad y suficiente motivación de los usuarios contemplando la incorporación de modelos pedagógicos y didácticos que faciliten su uso (Novoa Torres & Florez Fernandez, 2011). Otra de las características fundamentales que debe integrar un buen LV es el de autoevaluación, bien de forma simple mediante cuestionarios formados por un conjunto de preguntas de opción múltiple o verdadero/falso o mediante un sistema de autoevaluación que combine un conjunto de cuestionarios con experimentos virtuales interactivos (Fernández Sánchez *et al.*, 2009), posibilitando una evaluación continua durante el proceso de enseñanza y aprendizaje y cuyo objetivo fundamental no solo es regularlo de manera interactiva, sino que además es formativa ayudando al alumnado a controlar por sí mismo sus propios proceso y estrategias de pensamiento y aprendizaje (Onrubia & Coll, 1999).

Según la hipótesis planteada por Heradio *et al.* (2016), y apoyada por estudios experimentales que la confirman (Abdulwahed & Nagy, 2011; Olympiou & Zacharia, 2012), los laboratorios virtuales, remotos y reales no son alternativas excluyentes, sino recursos educativos valiosos que se pueden combinar con éxito en una unidad de aprendizaje integral y complementaria. Consecuentemente, durante la última década se viene potenciando el uso de LV en Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS), como Moodle (de la Torre *et al.*, 2015), y de Plataformas Virtuales Interactivas (PVI) (Vergara *et al.*, 2014b, 2014a), que son plataformas de formación y aprendizaje combinado o *blended learning (b-learning)* (González *et al.*, 2013; Parra, 2008) que incluyen LV, donde se combinan estrategias pedagógicas, propias y específicas, de los modelos presenciales y estrategias de los modelos formativos sustentados en la modalidad de enseñanza y aprendizaje virtual, apoyando la formación presencial en aulas virtuales. El *b-learning* se caracteriza por la flexibilidad e interactividad que aportan los recursos TIC de aprendizaje constructivista e interactivo como son los LV, complementados con herramientas comunicativas-interactivas como chat, correo-e, foros de discusión, sistemas de mensajería instantánea y

weblogs, facilitando el aprendizaje colaborativo y con actividades para evaluar la calidad del aprendizaje o para diagnosticar las deficiencias (Sánchez-Cortés *et al.*, 2005).

En relación con el estado del arte de la temática sobre laboratorios virtuales, se debe de poner de manifiesto la existencia de destacables trabajos sobre revisión bibliográfica, creando una fuente valiosa de información que ayuda como punto de partida para investigaciones en este campo:

- Potkonjak *et al.* (2016) presentan un resumen bibliográfico de numerosos LV con analogía directa a laboratorios reales en campos como ciencias, tecnología e ingeniería, atendiendo a una revisión en base a criterios técnicos de diseño como son la correspondencia entre la interfaz del LV y del laboratorio-real, la equivalencia entre el comportamiento del sistema virtualmente y en el paradigma físico, visualización efectiva y espacios del LV en 3D.
- Heradio *et al.* (2016) han identificado mediante técnicas de análisis bibliométrico, desde sus inicios en 1993 hasta el 2015, las publicaciones sobre LV más influyentes, los autores con mayor índice de impacto, las revistas y conferencias que han publicado la mayoría de los artículos, los temas más investigados y cómo el interés en aquellos temas ha evolucionado a lo largo del tiempo.

En la presente introducción de esta tesis doctoral se complementa los LV identificados en dichos estudios previos con otra revisión sobre LV diseñados e implementados en diferentes campos científico-tecnológicos (*ver Tabla 1.2*):

- Ingeniería:

Candelas *et al.* (2004) muestran las características principales de un LVR utilizado por los autores en prácticas de una asignatura robótica.

Pontes *et al.* (2004) diseñan un LV para el estudio práctico de circuitos con semiconductores y sus aplicaciones en la formación de estudiantes de ingeniería.

Ibarra *et al.* (2007) desarrollan una página web con manejo de base de datos que permite el control de acceso e interacción entre el estudiante usuario de un LV para el estudio de dispositivos electrónicos.

Dobrzański & Honysz (2010) describen un LV sobre Ciencias de los Materiales consistente en cuatro estancias de trabajo en las que se encuentran activos seis LV: LV Microscopio metalográfico, LV Microscopio confocal de escaneo, LV Microscopio electrónico de escaneo, LV Tratamiento térmico, LV Máquina universal de ensayos de fuerza, LV Ensayo de dureza mediante durómetro y LV Ensayo de impacto tipo Charpy.

Barrio *et al.* (2011), describen la experiencia llevada a cabo con un LV para el estudio de redes de potencia hidráulica como complemento a las prácticas de laboratorio físico.

Vergara *et al.*, (2013) exponen una plataforma virtual interactiva (PVI) que simula el funcionamiento de una máquina de rayos X y que permite al alumnado interactuar libremente con ella.

Vergara *et al.* (2014b) presentan una nueva herramienta virtual, diseñada como una plataforma virtual interactiva (PVI), con la que el usuario puede ejecutar virtualmente un ensayo de tracción de un material hasta fractura total.

Vergara *et al.* (2014a) implementan una plataforma virtual interactiva (PVI) para mejorar el autoaprendizaje de los estudiantes de una de las pruebas de materiales más comúnmente usadas en ingeniería: el ensayo de compresión mediante máquina universal.

▪ Física:

Hatzikraniotis *et al.* (2007) muestran el diseño y desarrollo de un LV en el campo de la óptica. El LV está desarrollado en *Java3D* y cubre los campos de la óptica geométrica y de onda.

Martínez-Jiménez *et al.* (2011) implementan un LV que permite simular paso a paso la velocidad y las propiedades de los laboratorios de sonido, y de la misma manera que se ejecutan en el laboratorio real, obteniendo los cálculos y gráficos correspondientes.

Ballu *et al.* (2016) integran en *Moodle* un LV dedicado a la metrología dimensional y geométrica con dispositivos de medición tradicionales simulados (manómetro, micrómetro, indicador de cuadrante, etc.) y máquinas de medición de coordenadas.

Becerra-Rodríguez *et al.* (2016) presentan el diseño e implementación de un LV sobre tiro parabólico que permite realizar observaciones y relacionar variables, controlando la masa y forma de los objetos lanzados con o sin resistencia del aire.

▪ Química:

Martínez-Jiménez *et al.* (2004) exponen el diseño e implementación de un sistema virtual de simulación en el que se analizan experimentos relacionados con los gases, los líquidos y los sólidos, además de representar las distintas propiedades físicas de cada uno de ellos.

Woodfield *et al.* (2009) presentan un LV como solución a problemas de reacciones químicas en el campo de la ingeniería.

▪ Biología:

López (2008) analiza dentro de su tesis doctoral un LV sobre morfología e identificación de insectos. El “*Laboratorio Virtual de Insectos*” es una simulación interactiva basada en la manipulación de insectos modelados en 3D y está concebido para desarrollar destrezas de observación y clasificación de los mismos.

▪ Geología:

Morcillo *et al.* (2006) analizan las características principales de un LV sobre los terremotos y su aplicación mediante metodología *b-learning*. Está diseñado para trabajar los conceptos y procedimientos fundamentales relacionados con las ondas sísmicas y con las estaciones de registro para la localización y el establecimiento de la magnitud del terremoto.

▪ Prevención de Riesgos Laborales:

Redel-Macías *et al.* (2015b) describen un portal web que ofrece laboratorios experimentales para la capacitación ubicua de estudiantes universitarios de ingeniería en Prevención de Riesgos Laborales. El programa accesible a través de la web simula el ruido y las vibraciones de la máquina en el entorno de trabajo, en una serie de LV que imitan un laboratorio real y proporcionan los cálculos y diagramas correspondientes.

▪ Informática:

Juszczyszyn *et al.* (2011) presentan la arquitectura y funcionalidad del LV *Online Lab* cuyas características fundamentales son una interfaz unificada para herramientas computacionales, escalabilidad y personalización avanzada basada en el análisis de redes sociales.

Desde 2005, la producción de artículos científicos sobre LV ha crecido vertiginosamente, siendo en la actualidad más de cuatro mil (Heradio *et al.*, 2016); por ello, probar la efectividad didáctica y pedagógica del uso de LV desde su diseño, durante su implementación el proceso de enseñanza-aprendizaje y en fase de mantenimiento ha sido una preocupación constante y destacable.

El concepto de evaluación ha estado sujeto al desarrollo histórico presente en el ámbito educativo y a las diferentes teorías que han aparecido con el transcurso de los años. Según Gómez *et al.* (1998), la evaluación del *software* debe ser una actividad sistemática y distribuida a lo largo del ciclo de diseño e implementación del mismo, partiendo de la evaluación de los problemas del contexto educativo que se pueden solucionar con la utilización del mismo.

- Nickerson *et al.* (2007) proponen un modelo para la evaluación sistemática de la efectividad de un laboratorio remoto dado. Dicho modelo mide el impacto de los LV en términos cognitivos y de motivación del alumnado, verificando varios factores como la idoneidad del LV para alcanzar los objetivos de aprendizaje prefijados, su apoyo para favorecer el aprendizaje cooperativo y la capacidad del mismo para adaptarse a diferencias individuales del alumnado.
- Cova *et al.* (2008) han recopilado una amplia reseña bibliográfica sobre modelos y pautas de evaluación de *software* educativos (Andrade, 2004; Valverde Berrocoso *et al.*, 1997; Cabero & Duarte, 1999; Cataldi, 2000; Stephen, 1998).
- Guzmán *et al.* (2014) exponen un modelo metodológico evaluativo para estructurar laboratorios virtuales a partir del ciclo de vida del software, en la que se describen los procesos que requieren el diseño, la implementación y el mantenimiento de un laboratorio desarrollado en el área de la física orientado a la programación básica y la ubicación en un plano cartesiano; siendo este prototipo una evidencia de la funcionalidad de la metodología.

Dentro de los diferentes métodos y modelos de investigación evaluativa, conviene destacar la importancia de los enfoques mixtos, al incorporar técnicas cuantitativas que permiten obtener datos objetivos de la realidad sobre la utilización de los LV y técnicas cualitativas que nos permiten dar significado a dichos datos, incorporando los puntos de vista de los sujetos implicados en el estudio con la finalidad de ampliar el conocimiento adquirido (López, 2008). Uno de los modelos mixtos más extendidos de investigación evaluativa es el modelo CIPP (*context, input, process, product*), (Stufflebeam & Shinkfield, 1987; Stufflebeam & Zhang, 2017), orientado a emisión de juicios mediante la toma de decisiones, cuyo análisis conjunto persigue la obtención de una visión global e integradora del objeto de estudio. Los aspectos claves del objeto que deben ser valorados incluyen sus metas, mediante la evaluación del contexto; su planificación, mediante la evaluación del

programa; su realización, mediante la evaluación del proceso; y su impacto, mediante la evaluación del resultado. En este contexto, conviene destacar algunas investigaciones de aplicación evaluativa del método CIPP que han sido tomadas como referencia metodológica para el desarrollo de esta investigación:

- López (2008) realiza en su tesis doctoral una evaluación exhaustiva y profunda, basada en el modelo CIPP, de un LV sobre morfología e identificación de insectos, aplicada al contexto, al programa, al proceso de aplicación y a los resultados.
- Zhi *et al.* (2012) han establecido un sistema más eficiente de evaluación basado en el método CIPP para el programa online de capacitación internacional en Meteorología e Hidrología.

Fruto de la revisión bibliográfica realizada por el doctorando se han hallado varias investigaciones evaluativas en el ámbito científico-tecnológico que han sometido a validación la utilidad y efectividad de diversos LV aplicados a enseñanzas de Educación Superior:

- Evaluación de la efectividad del uso de LV en el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante encuestas al alumnado y/o profesorado:

Candelas *et al.* (2004) han evaluado un LVR utilizado por los autores en prácticas de una asignatura robótica, empleando tanto cuestionarios sobre aspectos de aceptación y uso del LV, como la propia calificación del profesorado de las cuestiones técnicas relativas a experimentos. En relación con el impacto del LV en la docencia, la conclusión más destacable es que el alumnado valora positivamente el uso de los LV como complemento al profesor y a la enseñanza tradicional y no como sustitutivo.

López (2008) ha realizado como parte de la evaluación completa, basada en el modelo CIPP, de un LV sobre morfología e identificación de insectos, una valoración de resultados del LV en opinión del alumnado y profesorado. Desde el punto de vista técnico, la valoración por alumnado y profesorado ha sido alta en cuanto a la organización de los contenidos, la navegabilidad, la sencillez del manejo y el realismo de la simulación; por otro lado, desde el punto de vista didáctico, se han valorado tantos aspectos positivos como mejorables.

Cataldi *et al.* (2010) han confeccionado una planilla de evaluación para LV de Química (dimensiones tecnológicas y técnicas, dimensiones pedagógicas y dimensiones de otro tipo) para su correcta selección y su puesta a prueba en contextos de aprendizaje. Además, se seleccionó *VLabQ* con *QGenerator* para realizar la experiencia evaluativa, obteniendo como conclusiones generales que la utilización del LV ha potenciado enormemente la comprensión y el aprendizaje en más de un 90% de los encuestados. Los resultados de las encuestas muestran un crecimiento en la motivación del alumnado, en la asimilación de los conocimientos y muy alto grado de aceptación por alumnado y profesorado.

Barrio *et al.* (2011) han evaluado la efectividad del LV para el estudio de redes de potencia hidráulica como complemento a las prácticas de laboratorio físico mediante encuestas electrónicas anónimas a los estudiantes. Los resultados mostraron que la interfaz del usuario era fácil de entender, más de la mitad de los encuestados manifestaron que la aplicación les ayudó a comprender mejor el funcionamiento de las redes hidráulicas y más

del 90% del alumnado prefiere utilizar programas específicos desarrollados para asignaturas que aplicaciones comerciales genéricas.

Piassentini & Occelli (2012) han seleccionado once LV que abordaban conceptos de Ingeniería Genética, a los cuales aplicaron un instrumento de evaluación construido a través de una metodología cualitativa que resultó del interjuego entre categorías ya validadas por otros autores y las que emergieron de su propio análisis. Los resultados obtenidos tras el análisis de los autores, para las distintas categorías evaluadas (interactividad, evaluación, grado de realismo, información al usuario, acceso a otros recursos, contenidos multimedia e idioma), mostraron que gran parte de los LV encontrados para la enseñanza de la ingeniería genética se presentan en inglés, la mayoría poseen una escasa interactividad y un nivel medio de realismo, la evaluación que presentan los LV estudiados es baja, el contenido multimedia presente en los LV es bajo y, por último, presentan un bajo acceso a recursos “extras” a la utilización del simulador.

Vergara *et al.* (2013) han evaluado la efectividad de la PVI de rayos X que han diseñado e implementado mediante encuestas que se plantearon a estudiantes de ingeniería de diferentes universidades. Han sido valorados por encima de 8/10 los siguientes aspectos: interactividad, realismo, tiempo real, facilidad de uso, motivación y calidad didáctica.

Vergara *et al.* (2014b) han evaluado la efectividad de la PVI del ensayo de tracción que han diseñado e implementado mediante encuestas que se plantearon a estudiantes de ingeniería de diferentes universidades. Han sido valorados por encima de 9/10 los siguientes aspectos: interactividad, facilidad de uso, realismo, similitud con el entorno de un videojuego, motivación por ser una herramienta intuitiva y de fácil comprensión, calidad y aplicación didácticas.

Redel-Macías *et al.* (2015a) han evaluado la efectividad de un LV de producción de biodiésel mediante cuestionarios anónimos al alumnado objeto de estudio, los cuales han valorado de forma bastante satisfactoria la media de los ítems establecidos.

Redel-Macías *et al.* (2015b) han evaluado mediante encuestas al alumnado la efectividad de un portal web que simula el ruido y las vibraciones de la máquina en el entorno de trabajo donde se implementan una serie de LV que imitan un laboratorio real y proporcionan los cálculos y diagramas correspondientes. Han sido valorados de forma muy satisfactoria, con valor 8.95 sobre 10, la media de las respuestas del alumnado sobre diversos ítems agrupados en categorías como documentación, facilidad de uso, habilidad para motivar, calidad del contenido y promoción del aprendizaje.

Fiad & Galarza (2015) han evaluado la efectividad del LV de Química General en el aprendizaje sobre cantidades atómico-moleculares mediante encuestas realizadas al alumnado objeto del estudio. Han sido valorados de forma satisfactoria diversos ítems relacionados con la adecuada comprensión de los conceptos y trabajos prácticos realizados, facilidad de memorización, control de ejecución del LV, flexibilidad, transferencia, instrucciones claras y pertinentes.

- Evaluación de la efectividad del uso de LV para mejora de calificaciones con relación al logro de objetivos establecidos:

Martínez-Jiménez *et al.* (2003) han desarrollado e implementado un Laboratorio Virtual Web (LVW) para el estudio cinemático y dinámico de Sistemas Ligados aplicados a la

docencia universitaria en Física y Mecánica. Con el fin de comprobar el grado de influencia de las prácticas virtuales en el proceso de aprendizaje, los autores compararon los resultados académicos de las prácticas en cinco cursos académicos seguidos donde se puso en marcha la metodología mixta con prácticas experimentales reales y virtuales, obteniéndose como resultados más relevantes el descenso de la tasa de abandono de la experiencia y por ende de la asignatura y un aumento de la frecuencia del alumnado que han mejorado sus resultados en los trabajos prácticos.

Martínez-Jiménez *et al.* (2004) han desarrollado y puesto en marcha un LV para el estudio interactivo de los estados de la materia. Para poder evaluar de forma cuantitativa el objetivo principal establecido en la investigación, lo desglosaron en cuatro objetivos o metas específicas, relacionadas con el aprendizaje de conceptos y procedimientos que desarrolla el alumnado al realizar trabajos prácticos de química con o sin ayuda del LV desarrollado. Además, para poder evaluar los logros de tales objetivos, se establecieron dos grupos de alumnado de Ingeniería Industrial, un grupo control (GC) que siguió la metodología tradicional y otro grupo experimental (GE) que utilizó como complemento el LV. Por otra parte, para estudiar los resultados de cada uno de los cuatro objetivos propuestos, utilizaron las puntuaciones parciales asignadas al alumnado de los diferentes grupos establecidos y se establecieron para cada objetivo cuatro categorías o niveles de aprendizaje. Del tratamiento estadístico de las puntuaciones globales de los diferentes GC y GE, se dedujo que el uso de esta metodología con soporte del LV es adecuada y favorece el nivel medio de aprendizaje del alumnado.

Morcillo *et al.* (2006) han descrito las características principales de un LV sobre los terremotos y su aplicación mediante metodología *b-learning*, incluyendo un módulo de evaluación donde el docente puede acceder a una serie de informaciones detalladas de los resultados, tanto colectivos como individuales, incluyendo un informe de los objetivos de aprendizaje alcanzados y el grado de adquisición de los mismos. Además, los autores han comparado los resultados obtenidos en el mismo test de evaluación aplicado a un grupo control (GC) de alumnado universitario de Ciencias de la Educación con metodología tradicional y otro grupo experimental (GE) que ha utilizado el LV implementado, obteniéndose que la media de las puntuaciones ha crecido en 1,4 puntos sobre 10.

López (2008) ha realizado como parte de la evaluación completa, basada en el modelo CIPP, de un LV sobre morfología e identificación de insectos, una valoración del grado de consecución de objetivos para la que se han utilizado tanto las calificaciones obtenidas por el alumnado en la realización de las actividades como las de un test global aplicado al finalizar las mismas. Estos datos se complementan con la información recogida a partir de la observación directa en el aula, del cuestionario de opinión de los alumnos y de la entrevista de los profesores con la finalidad de atender a los distintos ámbitos de la evaluación. La media de los resultados es bastante satisfactoria y para contextualizar estos resultados, se ha tomado como criterio orientativo de comparación la nota media obtenida por los alumnos en la primera evaluación en la asignatura de Ciencias Naturales, observando cómo la calificación media del LV y del test final están por encima de los resultados obtenidos en la primera evaluación.

Fernández Sánchez *et al.* (2009) han descrito un sistema de autoevaluación, denominado SIPAE (Sistema Integrado para Aprendizaje y Evaluación) que combina un conjunto de cuestionarios con la intervención didáctica mediante experimentos virtuales interactivos de un LV de dispositivos electrónicos para alumnado universitario de estudios de

ingeniería. Dicho LV, que incluye el sistema de evaluación continua y formativa SIPAE, ha sido incorporado a una plataforma informática de gestión de aprendizaje (LMS), Moodle. Para evaluar el efecto sobre el aprendizaje del alumnado, se realizó un estudio estadístico de calificaciones de cuatro cursos académicos donde se utilizaron como instrumentos de evaluación la asistencia a prácticas, la soltura con los instrumentos de evaluación, la realización y acabado de la práctica, la nota de prácticas, la nota de semestre y la calificación final. Comparando los resultados entre el grupo control (GC) de alumnado de cursos donde se desarrolló la metodología tradicional y el grupo experimental (GE) de alumnado de cursos donde se implementó el LV con el sistema de evaluación SIPAE, se obtuvo una mejora significativa en los resultados de la mayoría los distintos instrumentos evaluados para los estudiantes del GC.

Olympiou & Zacharia (2012) han tenido como objetivo investigar el efecto de condiciones de experimentación diferentes en el medio (laboratorio de experimentación real (PM) y laboratorio de experimentación virtual (VM)) y en el modo (solos o en combinación de PM y VM) para la comprensión de conceptos en el dominio de la Luz y el Color en estudiantes universitarios de Física. La primera condición implicó el uso de PM (condición PM), la segunda condición involucró el uso de VM (condición VM) y la tercera condición involucraba el uso de una combinación combinada de PM y VM (condición de PM&VM). A lo largo del estudio se utilizaron como instrumentos de evaluación para dichas condiciones un pre-test y un post-test cuyos resultados fueron objeto de análisis estadístico por medios cuantitativos y cualitativos. Los resultados revelaron que el uso de una combinación combinada de PM y VM mejoró la comprensión conceptual de los estudiantes en el dominio de la Luz y el Color más que el uso de PM o VM solo.

Fiad & Galarza (2015) han tenido como objetivo evaluar la implementación del LV de Química General en el aprendizaje sobre cantidades atómico-moleculares, identificando el concepto de mol. Se utilizó un diseño experimental con preprueba-postprueba, dividiendo al alumnado objeto del estudio en un grupo control (GC) y otro grupo experimental (GE). Los resultados revelaron cómo el alumnado del GE obtuvo una diferencia significativa entre el conocimiento de los conceptos relacionados en el tema de cantidades atómico-moleculares adquiridos con la intervención didáctica realizada con el LV, respecto al conocimiento conceptual con el que se iniciaron, mientras que los del GC, sujetos a intervención didáctica tradicional, no muestran una diferencia significativa entre el conocimiento conceptual con el que iniciaron respecto al evaluado después de la intervención. Además, el alumnado del GE obtuvo un valor para el factor de *Hake* comprendido dentro del intervalo considerado como valor satisfactorio con una ganancia de aprendizaje alta.

Redel-Macías *et al.* (2015) han planteado como objetivo principal de su investigación la de proporcionar nuevas estrategias metodológicas de aprendizaje para motivar al alumnado y desafiarlo a adquirir competencias profesionales relacionadas con la prevención de riesgos laborales. La evaluación se realizó comparando los resultados con el mismo instrumento de evaluación (test de evaluación final de los objetivos planteados) tanto para un grupo control (GC) de estudiantes universitarios de Máster que siguió la metodología tradicional y para un grupo experimental (GE) que utilizó el LV como complemento metodológico. El estudio ha demostrado que el uso como complemento didáctico del LV ayuda a elevar los resultados del test final, mejorando el grado de adquisición de los objetivos planteados y, además, reduce la tasa de fracaso y abandono en la experiencia

didáctica.

Brovelli Sepúlveda *et al.* (2016) han desarrollado su intervención didáctica y evaluativa con un Laboratorio Virtual de Química (LVQ), utilizando el *software Crocodile Chemistry* y las actividades experimentales se diseñaron de acuerdo con tres contenidos preestablecidos: Termoquímica, Ácido-base y Electrolitos en disolución. Los autores han comparado los resultados académicos obtenidos tras realizar dichas actividades experimentales aplicadas a un grupo control (GC) de alumnado universitario de Ciencias de la Educación con metodología tradicional y otro grupo experimental (GE) que ha utilizado como complemento previo el LVQ, influyendo en este GE de manera positiva tanto en el rendimiento académico, produciendo mejoras significativas en el aprendizaje, como en la motivación del alumnado.

Se ha organizado a modo resumen en la *Tabla 1.2* un listado de proyectos, que incluyen LV, donde se han evaluado distintos criterios técnicos y evaluativos, que se especifican a pie de tabla, en los distintos artículos científicos revisados por el doctorando en la presente tesis.

En dicha tabla se ha utilizado el siguiente criterio de citación de trabajos de investigación:

- En la primera columna, se ha citado el trabajo de investigación solo si en el mismo se realiza una descripción detallada del funcionamiento del laboratorio virtual.
- En la última columna, se ha citado el trabajo de investigación si incluye algún tipo de estudio, cuantitativo o cualitativo, sobre el grado de satisfacción o utilidad didáctica después de la implementación del laboratorio virtual.

Tabla 1.2. Listado de proyectos que contienen laboratorios virtuales con especificaciones técnicas y evaluativas

Laboratorio Virtual descrito	Institución desarrolladora	Campo de aplicación	Criterios de diseño y evaluación					Estudio evaluativo
			C1	C2	C3	C4	C5	
ROBOLAB (Candelas <i>et al.</i> , 2004)	Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante, España	Ingeniería (Robótica)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	(Candelas <i>et al.</i> , 2004)
Laboratorio Virtual para el estudio de los estados de la materia (Martínez-Jiménez <i>et al.</i> , 2004)	Escuela Politécnica Superior. Universidad de Córdoba, España	Física, Química e Ingeniería	No	Sí	No	No	Sí	(Martínez-Jiménez <i>et al.</i> , 2004)
Laboratorio Virtual sobre morfología e identificación de insectos (López, 2008)	Universidad Complutense de Madrid, España	Biología	No	Sí	Parcialmente	Sí	No	(López, 2008)
Laboratorio Virtual sobre redes hidráulicas (Barrio <i>et al.</i> , 2011)	Universidad de Oviedo, España	Ingeniería (Hidráulica)	Sí	Sí	No	Sí	No	(Barrio <i>et al.</i> , 2011)
Laboratorios Virtuales Web sobre el estudio dinámico de sistemas ligados (Martínez Valle <i>et al.</i> , 2011)	Escuela Politécnica Superior. Universidad de Córdoba, España	Física e Ingeniería (Mecánica)	Sí	Sí	No	No	Sí	(Martínez Valle <i>et al.</i> , 2011)
Optilab (Hatzikraniotis <i>et al.</i> , 2007)	University of Thessaloniki Greece	Física (Óptica)	Sí	Sí	Parcialmente	No	Sí	(Olympiou & Zacharia, 2012)

Laboratorio Virtual descrito	Institución desarrolladora	Campo de aplicación	Criterios de diseño y evaluación					Estudio evaluativo
			C1	C2	C3	C4	C5	
Plataforma Virtual Interactiva para la enseñanza de la Radiología Industrial (Vergara <i>et al.</i> , 2013)	Universidad Católica de Ávila, España	Ingeniería (Ciencias de los Materiales)	Sí	Sí	Sí	No	Sí	(Vergara <i>et al.</i> , 2013)
Plataforma Virtual Interactiva para Ensayos de Tracción (Vergara <i>et al.</i> , 2014b)	Universidad Católica de Ávila, España	Ingeniería (Ciencias de los Materiales)	Sí	Sí	Sí	No	Sí	(Vergara <i>et al.</i> , 2014b)
Plataforma Virtual Interactiva para Ensayos de Compresión de hormigón (Vergara <i>et al.</i> , 2014a)	Universidad Católica de Ávila, España	Ingeniería (Ciencias de los Materiales)	Sí	Sí	Sí	No	Sí	(Vergara <i>et al.</i> , 2014a)
LV de Química General (LVQ) (Woodfield <i>et al.</i> , 2009)	Brigham Young University, USA	Química (Química Inorgánica, Calorimetría, Gases, Química Cuántica y Valoraciones)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	(Fiad & Galarza, 2015)
Noise and Vibration Virtual Laboratory Web (NVVL) (Redel-Macías <i>et al.</i> , 2015)	Departamento de Física Aplicada. Universidad de Córdoba, España	Prevención de Riesgos Laborales (Seguridad e Higiene Industrial)	Sí	Sí	No	Sí	Sí	(Redel-Macías <i>et al.</i> , 2015)
Virtual laboratory of diesel production (Redel-Macías <i>et al.</i> , 2016)	Universidad de Córdoba, España	Ingeniería (Energías Renovables)	Sí	Sí	Parcialmente	Sí	No	(Redel-Macías <i>et al.</i> , 2016)

Laboratorio Virtual descrito	Institución desarrolladora	Campo de aplicación	Criterios de diseño y evaluación					Estudio evaluativo
			C1	C2	C3	C4	C5	
Laboratorio Virtual “Los terremotos”	U.S. National Science Foundation California State University System, USA	Geología	Sí	Sí	No	No	Sí	(Morcillo <i>et al.</i> , 2006)
LVQ (Crocodile Chemistry)	Sumdog Ltd	Química	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	(Brovelli Sepúlveda <i>et al.</i> , 2016)
Virtual laboratory to teach chemical reaction engineering	Lappeeranta University of Technology (LUT), Finland	Ingeniería (Química)	No	Sí	No	No	Sí	(Naukkarinen & Sainio, 2018)
Virtual laboratory of materials science (Dobrzański & Honysz, 2010)	University of Technology, Gliwice, Poland	Ingeniería (Ciencias de los Materiales)	Sí	Sí	Parcialmente	No	No	
Laboratorio Virtual para el estudio práctico de Circuitos de Semiconductores (Pontes Pedrajas & Martínez Jiménez, 2005)	Escuela Politécnica Superior. Universidad de Córdoba, España	Ingeniería (Electrónica)	Sí	Sí	No	No	No	
Laboratorio Virtual para el Estudio de Dispositivos Electrónicos (Ibarra <i>et al.</i> , 2007)	Universidad del Valle, Colombia	Ingeniería (Electrónica)	Sí	Sí	No	No	No	

Laboratorio Virtual descrito	Institución desarrolladora	Campo de aplicación	Criterios de diseño y evaluación					Estudio evaluativo
			C1	C2	C3	C4	C5	
Online Lab- Virtual Computational Laboratory (Juszczyszyn <i>et al.</i> , 2011)	University of Nevada, USA Wroclaw University of Technology, Poland	Informática	Sí	Sí	No	No	No	
Virtual metrology laboratory (Ballu <i>et al.</i> , 2016)	University of Bordeaux, France	Física e Ingeniería (Metrotecnica)	Sí	Sí	Sí	No	No	
Laboratorio Virtual como herramienta de enseñanza del tiro parabólico (Becerra-Rodríguez <i>et al.</i> , 2016)	Universidad Antonio Nariño, Colombia	Física e Ingeniería	No	Sí	No	No	No	

(C1) Las interfaces de usuario para cada equipo tienen su equivalencia en dispositivos reales análogos y son similares.

(C2) El comportamiento del sistema virtual es equivalente al comportamiento del sistema en el paradigma físico.

(C3) Existen espacios o módulos en 3D del LV.

(C4) Existe estudio evaluativo de grado de satisfacción y utilidad del LV por parte del alumnado.

(C5) Existe estudio de evaluación de la utilidad didáctica del LV (cumplimiento de objetivos) mediante el análisis estadístico comparando muestras poblaciones (grupos control que realizan metodología tradicional sin LV y grupos experimentales con el complemento del LV).

1.3. Integración de las redes sociales y la gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje del marco de la Educación Superior mediante *mobile-learning*

El uso masivo, por parte del alumnado, de diferentes dispositivos móviles (teléfonos inteligentes o *smartphones*, tabletas, etc.), así como de herramientas y recursos web, influyen directamente en los entornos personales de aprendizaje (Humanante-Ramos *et al.*, 2015).

Actualmente, los estudiantes de enseñanzas de Educación Superior son grandes usuarios de estos dispositivos móviles, siendo los teléfonos inteligentes o *smartphones* los dispositivos móviles que mayor presencia tienen ((Kukulka-Hulme *et al.*, 2011).

Los enfoques actuales para mejorar la Educación Superior se apoyan en la disponibilidad de tecnología multimedia e interactiva. El *e-learning*, caracterizado por la separación espacial entre el docente y el discente y por el uso de medios tecnológicos para desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Dalsgaard, 2006), ha evolucionado al *mobile learning* (*m-learning*) o aprendizaje móvil. El *m-learning* se basa fundamentalmente en la integración de los diferentes dispositivos móviles como herramientas educativas del proceso de aprendizaje, tanto dentro como fuera del aula, aprovechando sus características tecnológicas asociadas, tales como: portabilidad, inmediatez y conectividad, ubicuidad y adaptabilidad de servicios (Cantillo Valero *et al.*, 2012). Este es otro avance más que nos acerca al *ubiquitous learning* (*u-learning*), el potencial horizonte final de la combinación entre las tecnologías y los procesos de aprendizaje (Park, 2011). Por otra parte, existen estudios donde se confirman evidencias empíricas sobre los efectos positivos de la utilización del *m-learning* en la Educación Superior (Hwang & Tsai, 2011; Pimmer *et al.*, 2016).

Los medios de comunicación sociales (*social media*) son un término actual empleado para definir una amplia variedad de herramientas o tecnologías en red que enfatizan aspectos sociales de Internet como canal de comunicación, colaboración y expresión creativa, y que a menudo, es intercambiable con términos como *Web 2.0* o *social software* (Dabbagh & Reo, 2011). En este contexto, aparecen estudios, descriptivos y analíticos (Echenique *et al.*, 2015; Josías *et al.*, 2012; Rodríguez-Hoyos *et al.*, 2015; Wang, 2015), que muestran cómo, para la mayoría de los estudiantes universitarios, el medio tecnológico es visto como mecanismo de socialización y comunicación (personal, social y académica) en donde las redes sociales tienen un potencial destacable para la enseñanza y el aprendizaje, fundamentado en la integración de sus funciones que ofrecen potencialidades pedagógicas, sociales y tecnológicas. Los resultados de dichos estudios evidencian que las redes sociales, entre las que destacan *Facebook* (Manca & Ranieri, 2016) y *Twitter* (Gao *et al.*, 2012), junto con el *WhatsApp*, son las aplicaciones tecnológicas con fines académicos y sociales más destacadas para los estudiantes porque les facilita la coordinación y comunicación grupal, independientemente de la ubicación física, potenciando el desarrollo de las competencias tecnológicas y fomentando habilidades y aptitudes tales como socialización, el trabajo en equipo o la importancia de compartir. Además, contribuyen a la concienciación de la identidad digital de profesorado y alumnado en los

procesos sociales de participación y formación de la opinión (Díaz-Jatuf, 2014; González, 2015).

Entre las posibles ventajas sobre el uso de las redes sociales como herramientas potenciales con fin educativo, analizadas por Hung & Yuen (2010), destacan tales como: la independencia del tiempo y localización, la capacidad para realizar una comunicación bidireccional de forma síncrona o cuasi-síncrona y el fomento del aprendizaje autónomo y adaptativo. Por otra parte, permiten el diseño de entornos de aprendizaje auditivo y visual y tienen la capacidad para integrar aplicaciones de laboratorios mediante simulación, animación o con laboratorios virtuales. En concreto, existen experiencias metodológicas que avalan las ventajas del uso LV integrados en redes sociales como *Facebook* o *Twitter* (Ávila & Samar, 2017; Lerro et al., 2014; Rybar & Horodnikova, 2013; Schroeder & Greenbowe, 2009; Tomás et al., 2015).

Por otro lado, en los últimos años, la popularidad de la mensajería de texto y la mensajería instantánea ha llevado a los docentes a integrar herramientas de mensajería en el proceso de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior. Existen experiencias didácticas (So, 2016) que han demostrado cómo los teléfonos inteligentes con *Whats.App* pueden apoyar el proceso de enseñanza y el aprendizaje. Tales investigaciones han confirmado que el uso de *Whats.App*, como aplicación cuasi-síncrona, puede fomentar la comunicación efectiva, permitir la retroalimentación, brindar oportunidades de aprendizaje, tanto informal como formal, y apoyar el aprendizaje colaborativo.

Además, el auge del *m-learning*, debido a la creciente ola del *Bring Your Own Device* (BYOD) (Sayler et al., 2014), y el avance tecnológico de los dispositivos móviles están favoreciendo el diseño de nuevas experiencias metodológicas como entretenimiento educativo a través de la integración de juegos educativos en redes sociales o mediante gamificación en contexto educativo (definida por Simões et al. (2012) como “el uso de los elementos del diseño de juegos en un contexto de aprendizaje”). Existen diferentes evaluaciones metodológicas que avalan la mejora de resultados, motivación y satisfacción del alumnado mediante la dinamización de contenidos en el aula durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior, integrando juegos educativos en *Facebook* y *Moodle LMS* (Labus et al., 2015). Por otro lado, se ha de destacar el uso de plataformas web gratuitas, como *Kahoot* y *Educaplay*, que permiten a educadores y estudiantes integrar, crear, colaborar y compartir actividades dinámicas (*videoquiz*, *quiz*, sopa de letras, crucigrama, etc.) mediante gamificación. Los docentes pueden crear cuestionarios sobre cualquier materia, introducir vídeos y audios, y medir el nivel de conocimiento de los estudiantes antes y después de dar el contenido en el aula. El alumnado responde, individualmente o en grupo, a tiempo real, mediante ordenadores, tabletas o dispositivos móviles, y siempre hay un grupo o alumno ganador (Vallecillos-Pinos, 2017). No obstante, es importante evitar el abuso excesivo de estas plataformas como herramienta didáctica para evitar el efecto desgaste motivador (Wang, 2015).

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS Y SINOPSIS DE LA TESIS

En este capítulo se expone la motivación que impulsa la investigación y se establecen la hipótesis de partida y los objetivos que se pretenden alcanzar con este trabajo de investigación científica. Además, se pone de manifiesto la metodología propuesta para el desarrollo de esta tesis doctoral.



2.1. Motivación y objetivos de la tesis

Todos los objetivos establecidos en la presente tesis se enmarcan en la línea de investigación “Energía y Tecnologías de la Información” del Programa de Doctorado “Computación avanzada, energía y plasmas”, en la que las directoras y el doctorando llevan trabajando varios años dentro de los grupos de investigación de la Junta de Andalucía: TEP 149: “Modelos de simulación en Energías, Transporte, Física, Ingeniería y Riesgos Laborales” y TEP 169 “BIOSAHE”.

Como ya se ha puesto de manifiesto en la introducción, en las disciplinas tecnológicas incluidas en el ámbito del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES), las prácticas reales de laboratorio son esenciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Ariza & Quesada, 2014), tanto a nivel de Formación Profesional de Grado Superior en módulos profesionales de ciclos formativos pertenecientes a diferentes familias profesionales como Fabricación Mecánica, Instalación y Mantenimiento, Energía y Agua, Seguridad y Medioambiente o Transporte y Mantenimiento de Vehículos como en asignaturas pertenecientes a disciplinas propias de Grado Universitario de Ingeniería o Másteres Universitarios. Sin embargo, existen muchas limitaciones en el uso didáctico de dichos laboratorios experimentales con máquinas industriales, debido al elevado coste de prototipos y maquinarias, así como, por la peligrosidad de estos, si no se tiene dominio en su utilización (Calvo *et al.*, 2009). Estos inconvenientes, sumados al creciente desarrollo de software para distintos dispositivos móviles multimedia, han facilitado la creación y utilización de Laboratorios Virtuales (LV) interactivos de gran realismo que reproducen, con gran precisión, el proceso tecnológico a estudiar junto con la maquinaria, instrumentación, dispositivos y materiales empleados en los laboratorios reales, así como su manejo y respuesta. La utilización de los LV permite simular y reproducir las condiciones de trabajo de un laboratorio experimental, lo que los convierte en recursos didácticos de gran influencia en el proceso de formación del alumnado (Novoa Torres & Florez Fernandez, 2011).

Por otra parte, existen estudios, como el de los autores (Ma & Nickerson, 2006), donde se han revisado 60 laboratorios físicos, virtuales y remotos de un amplio espectro disciplinario y cuyas conclusiones principales establecen que no existe suficiente evidencia empírica para apoyar a los defensores o detractores de cada tipo de LV, por lo que se estima conveniente que se realicen más estudios experimentales que evalúen la efectividad de aprendizaje mediante el uso de LV.

Por consiguiente, la **hipótesis general de partida** de este trabajo se ha basado en que *el desarrollo e implementación didáctica de portales web interactivos que incluyen LV, que reproducen los equipos experimentales reales, mejoran la calidad de la enseñanza y ayudan al alumnado en su proceso de aprendizaje dentro del contexto constructivista y colaboracionista de enseñanza*. Este equipo de trabajo tiene una gran experiencia en el desarrollo y evaluación de software tanto a nivel profesional como didáctico; desde el año 1987 se empezó a desarrollar software de simulación y desde el 1993 se comenzó a publicar los resultados tanto de implementación como de aplicaciones didácticas, siendo numerosos los proyectos, publicaciones en revistas indexadas, congresos... (Martínez Valle *et al.*, 2011; Martínez-Jiménez *et al.*, 1997;

Martínez-Jiménez *et al.*, 2003; Martínez-Jiménez *et al.*, 2010; Martínez-Jiménez *et al.*, 2011; Martínez-Jiménez & Casado, 2004; Redel-Macías *et al.*, 2011; Redel-Macías *et al.*, 2015a; Redel-Macías *et al.*, 2015b), que avalan la validez de la hipótesis de partida.

Las **hipótesis secundarias o específicas** formuladas han sido las siguientes:

H1. Las características técnicas, funcionales y pedagógicas de los LV deben cumplir una lista de requisitos mínimos para hacerlos eficientes y exitosos.

H2. El uso combinado del laboratorio tradicional físico con LV incrementa la posibilidad de mejora de las calificaciones en asignaturas de estudios de Educación Superior.

H3. La integración de LV en redes sociales combina metodológicamente la eficiencia de las prácticas virtuales con la ubicuidad de las redes sociales, mejorando la participación e incrementando la posibilidad de mejora del rendimiento académico.

H4. La implementación de un entorno de aprendizaje ubicuo combinado con la gamificación puede mejorar el proceso de aprendizaje global en enseñanzas de Educación Superior.

En consecuencia, y derivado de la hipótesis de partida establecida, el **objetivo general de esta tesis doctoral** ha sido *valorar cómo influye el uso de laboratorios virtuales y su integración con gamificación y redes sociales en asignaturas científico-tecnológicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado de enseñanzas del MECES: Ciclo Formativo de Grado Superior de Formación Profesional, Grado y Máster.*

Para ello se han pretendido alcanzar los siguientes **objetivos específicos**:

O1. Validar tecnológicamente los LV desarrollados.

O2. Validar la utilización pedagógica de LV para asignaturas científico-tecnológicas del ámbito del MECES, desde el punto de vista tanto cuantitativo como cualitativo, valorando al programa con relación al logro de objetivos y con relación a la opinión del profesorado y alumnado.

O3. Destacar los factores positivos, avances y logros derivados de la utilización de los laboratorios virtuales para enseñanzas del ámbito científico-tecnológico del MECES, y aquellos otros que, sin estar consolidados, puedan suponer un punto de partida para la reflexión.

O4. Poner de manifiesto las actuales limitaciones, aspectos deficitarios u otros factores que puedan estar impidiendo o restringiendo una implantación más amplia de los LV para el aprendizaje de los procedimientos en este tipo de enseñanzas.

O5. Validar la influencia de las redes sociales como medio de difusión de los LV y herramienta metodológica complementaria.

O6. Validar la influencia de juegos interactivos mediante herramientas multimedia de Gamificación: *Genial.ly* y *Kaboot!* para la evaluación previa y post-intervención de las sesiones prácticas de Laboratorios Virtuales.

La metodología propuesta, para el desarrollo de los trabajos de investigación en esta tesis doctoral, se ha basado en el establecimiento de las siguientes fases de trabajo:

- **Fase 1ª. Revisión del estado del arte:** análisis del contexto actual de implementación y validación de varios LV, como sistemas ubicuos y *webmóvil* en enseñanzas de diferentes niveles de la Educación Superior, en base a criterios técnicos de diseño como son: la correspondencia entre la interfaz del LV y del laboratorio-real asociado, la equivalencia entre el comportamiento del sistema virtualmente y en el paradigma físico, la visualización efectiva y existencia de espacios del LV en 3D y la especificación sobre si han sido objeto, o no, de evaluación didáctica.
- **Fase 2ª. Implementación y valoración de la Plataforma Virtual de Ensayos de Tracción (PVIET):** el punto de partida de esta investigación se ha centrado en llevar a cabo una evaluación sobre la utilidad didáctica y pedagógica en un contexto real de docencia de un Laboratorio Virtual de Ensayos de Tracción Mecánica (LVET) utilizado en asignaturas del ámbito de fabricación mecánica en Formación Profesional de Grado Superior (MECES-1), titulación desde la que se puede acceder a los diferentes Grados de Ingeniería Universitaria en España.
- **Fase 3ª. Desarrollo, implementación, validación y valoración de la Web Virtual Interactiva (WVI) de Instrumentación Eléctrica (Oscivirtual):** esta fase ha estado integrada por diferentes etapas; en primer lugar, el doctorando ha participado en un trabajo previo en el desarrollo e implementación del Laboratorio Virtual “Oscivirtual” (OV), alojado en los servidores de la Universidad de Córdoba (UCO) y, posteriormente, se han diseñado encuestas de satisfacción para la validación del OV por profesorado externo al grupo de trabajo, es decir, por revisores del *software*.

A continuación, se han diseñado cuestionarios de evaluación mediante *Kaboot*, como herramienta de gamificación, para apoyo metodológico a la docencia de actividades prácticas de la WVI de Instrumentación Eléctrica.

Posteriormente, se ha realizado una evaluación inicial de conocimientos previos mediante el *Kaboot* diseñado y el OV se ha empleado como soporte didáctico en las prácticas del alumnado de primer curso de Grado de Ingeniería Informática (MECES-2), utilizándose como actividad complementaria y de refuerzo.

En último lugar, se ha evaluado el grado de satisfacción del alumnado con la WVI de Instrumentación Eléctrica utilizada y se ha realizado una evaluación, mediante análisis estadístico, para comprobar si existe correlación entre el uso del OV y de la gamificación con una mejora promedial de las calificaciones del alumnado.

- **Fase 4ª. Desarrollo, implementación, validación y valoración de Laboratorios Virtuales sobre la Caracterización de Biodiésel (LVCB) de la plataforma web Biorrefinerías de la UCO:** esta fase ha estado integrada por diferentes etapas; en primer lugar, el doctorando ha participado en un trabajo previo, en el desarrollo e implementación de tres Laboratorios Virtuales sobre Caracterización de Biodiésel (LVCB) integrados dentro de una Plataforma Virtual Interactiva enfocada al estudio General del Biodiésel de la Universidad de Córdoba (UCO) y, posteriormente, se han diseñado encuestas de satisfacción para validación de los tres LVCB por profesorado externo al grupo de trabajo, es decir, por revisores del *software*.

A continuación, se ha implementado una encuesta sobre el uso de las redes sociales (SNS) y su posible incorporación como apoyo como herramienta complementaria en la docencia de la asignatura “Biomasa para la generación de energía” del Máster Universitario de Energías Renovables Distribuidas (MECES-3), creándose como respuesta el grupo de *Facebook* “*Biomasa Gen*” y un portal de difusión en esta misma red social llamado “*BiomasaGen*”, que incluye material TIC como apoyo a la docencia con videos, noticias, grupos y donde se utiliza gamificación mediante la herramienta *Genial.ly*, permitiendo el trabajo colaborativo, a distancia y ubicuo.

En último lugar, se ha evaluado el grado de satisfacción del alumnado con los LVCB utilizados y se ha realizado una evaluación mediante análisis estadístico para comprobar si existe correlación entre el uso de los LVCB con ayuda del grupo de *Facebook* como medio de difusión y una mejora promedial de las calificaciones del alumnado, comparando los resultados en las calificaciones de varios cursos académicos donde se han utilizado diferentes metodologías que van desde el uso exclusivo de Laboratorios Experimentales (LE), el uso de Laboratorios Virtuales (LV) o el uso mixto de LE-LV.

2.2. Sinopsis de la tesis

Las aportaciones de esta tesis doctoral están directamente relacionadas con los objetivos expuestos anteriormente, por ello el documento de esta tesis está dividido en siete capítulos.

- *Capítulo 1.- Introducción:* en este primer capítulo se ha realizado un análisis previo del papel actual de las TIC en el Espacio Europeo de Educación Superior, para a continuación analizar el contexto actual de integración de los LV junto al uso de redes sociales y gamificación en el proceso de enseñanza-aprendizaje en Educación Superior.
- *Capítulo 2.- Objetivos y sinopsis de la tesis:* en este segundo capítulo se ha expuesto el contexto de aplicación de la investigación, la motivación que la impulsa y los objetivos que se persiguen.
- *Capítulo 3.- Implementación y valoración de la Plataforma Virtual Interactiva de Ensayos de Tracción Mecánica (PVIET):* en este tercer capítulo se ha llevado a cabo una descripción y evaluación sobre la utilidad didáctica y pedagógica en un contexto real de docencia de un Laboratorio Virtual de Ensayos de Tracción Mecánica (LVET) utilizado en asignaturas del ámbito de fabricación mecánica en Formación Profesional de Grado Superior en España (MECES-1/EQF-5).
- *Capítulo 4.- Gamificación combinada con la experimentación física en la Web Virtual Interactiva (WVI) de Instrumentación Eléctrica (Oscivirtual):* este cuarto capítulo se ha centrado en la implementación de una aplicación web móvil (<http://www.uco.es/oscivirtual/>), con el objetivo de capacitar a los estudiantes de la asignatura de Física en los Grados de Ingeniería Eléctrica e Informática (MECES-2/EQF-6) en el conocimiento del osciloscopio y las fuentes de alimentación eléctrica y su aplicación. Esta web virtual interactiva está alojada en una plataforma actualizable que se puede usar en cualquier lugar y con cada dispositivo electrónico para lograr el aprendizaje ubicuo (*u-learning*). Además, se ha generado un cuestionario con la herramienta en línea *Kaboot* sobre el tema de Física para el Grado en Ingeniería Informática antes de llevar a cabo el laboratorio virtual y práctico. El efecto de la combinación de la web virtual interactiva, el *u-learning* y la gamificación han sido analizados y validados estadísticamente.
- *Capítulo 5.- Caracterización del biodiésel utilizando laboratorios virtuales que integran redes sociales y aplicaciones web mediante aprendizaje u-learning:* este quinto capítulo se ha centrado en el aprendizaje *b-learning* de la caracterización de biocombustibles, a través de tres LVCB implementados en una plataforma virtual interactiva. Además, los mismos contenidos de la plataforma han sido desarrollados como aplicación web e integrados en grupo de *Facebook*, denominado *BiomasaGen*, al que se puede acceder de forma directa, automática y ubicua (*u-learning*). Posteriormente, se ha evaluado, utilizando el método CIPP, tanto los LV como la aplicación web desarrollada. Por último, se ha evaluado la utilidad didáctica de la combinación de LV integrados en la red social *Facebook* para alumnado de Máster Universitario (MECES-3/EQF-7).
- *Capítulo 6.- Conclusiones y líneas de futuro:* en este capítulo se han presentado las principales conclusiones que se extraen de los trabajos llevados a cabo a lo largo de la investigación. Igualmente se proponen los aspectos susceptibles de profundización o

mejora. Se ha finalizado aportando posibles líneas de investigación que sean continuación del trabajo desarrollado en esta tesis.

- *Capítulo 7.- Bibliografía:* en este capítulo se ha expuesto un listado ordenado de las referencias bibliográficas, recursos electrónicos y normativa que han sido citadas a lo largo de la presente tesis doctoral.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DIDÁCTICA Y PEDAGÓGICA DE LA PLATAFORMA VIRTUAL INTERACTIVA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN MECÁNICA (MECES-1)

Este capítulo se centra en llevar a cabo una evaluación sobre la utilidad didáctica y pedagógica en un contexto real de docencia de una Plataforma Virtual Interactiva de Ensayos de Tracción Mecánica, utilizada por profesorado y alumnado de módulos profesionales de la familia profesional de Fabricación Mecánica en Ciclos Formativos de Grado Superior de Formación Profesional (MECES-1/EQF-5).



3.1. Introducción

En la actualidad, los estudios de Formación Profesional (FP) en España, ante la actual demanda de empleo, pretenden dar respuesta a la necesidad de personal cualificado especializado en los distintos sectores profesionales.

Las enseñanzas de Formación Profesional están en permanente evolución, adaptación y actualización. Todo ello es debido a los diferentes cambios del mercado laboral que son motivados por varios factores intrínsecos, tales como: el elevado grado de competitividad, los rápidos cambios tecnológicos, la exigencia continua de nuevas necesidades de capacidades y destrezas para la adecuación a las empresas y el surgimiento de nuevos yacimientos de empleo (Gallego Ortega & Rodríguez Fuentes, 2011).

En este contexto, se pone de manifiesto la relevancia de las actividades prácticas en talleres y laboratorios de los diferentes ciclos formativos de formación profesional, como estrategia metodológica para la construcción de competencias profesionales de tipo eminentemente procedimental y competencias personales de tipo actitudinal.

Los laboratorios y talleres de los ciclos formativos de las diferentes familias profesionales en España, y Andalucía en particular, han sido tradicionalmente utilizados como el lugar predilecto para desarrollar prácticas curriculares experimentales; sin embargo, existen en la actualidad una serie de limitaciones y restricciones que pueden reducir su funcionalidad y eficacia (Lucena *et al.*, 2013):

- Algunos de los centros educativos que imparten ciclos formativos de grado medio y superior de nuestra comunidad autónoma no cuentan en la actualidad con el equipamiento mínimo necesario establecido en las órdenes y/o decretos que establecen sus currículos; o bien, se encuentra bastante obsoleto.
- Por otra parte, el aumento de ratios alumnado/profesorado ha contribuido a que los espacios de los talleres y laboratorios existentes en algunos centros de nuestra comunidad autónoma no cumplan las superficies mínimas necesarias según normativa curricular.
- Además, el estancamiento en el presupuesto para gastos ordinarios de material fungible y mantenimiento de las instalaciones y maquinaria, junto a la falta de inversiones para renovación-actualización de maquinaria, limitan el número y diversidad de actividades prácticas que se realizan cada curso. De forma particular, el balance general de ingresos y gastos puede resultar negativo en ciclos formativos de los denominados “pesados”.

Para intentar paliar y minimizar tales limitaciones, por falta de recursos materiales y económicos, los enfoques educativos actuales se están apoyando en la utilización complementaria de recursos TIC específicos, como son las Plataformas Virtuales Interactivas (PVI) que incluyen Laboratorios Virtuales (LV) y que nos ofrecen las ventajas establecidas en el Capítulo 1 de la presente tesis.

En dicho Capítulo 1, se ha realizado una revisión sobre LV diseñados e implementados en diferentes campos científico-tecnológicos, entre ellos, el campo de la Ingeniería. En el ámbito específico de la Ingeniería de Materiales se han encontrado diferentes herramientas TIC dedicadas a la enseñanza de esta materia, tales como: simuladores virtuales en 2D de máquinas de ensayo de tracción (Dobrzański *et al.*, 2008), Plataformas Virtuales Interactivas, donde en aulas informatizadas, se da acceso al alumnado a diferentes LV relacionados con la caracterización de diversos tipos de materiales a través de ensayos destructivos (Dobrzański & Honysz, 2010), webs en las que además de mostrarse un ensayo virtual de tracción, se ha diseñado una base de datos que incluye una colección de ejercicios interactivos relacionados con este tema (es.steeluniversity.org), y por último, se ha localizado una Plataforma Virtual en entorno 3D que muestra de manera interactiva el funcionamiento de la máquina universal de ensayos de tracción para la caracterización mecánica de los materiales y donde, además, se analizan los resultados de encuestas de valoración del uso de la plataforma virtual por parte del alumnado de ingeniería de diferentes universidades (Vergara *et al.*, 2014b).

En este contexto se debe reseñar que el Ministerio de Educación de España promovió, dentro del programa de Internet en el Aula, enmarcado en el Plan Avanza, el desarrollo, puesta a punto y validación de diferentes Plataformas Virtuales Interactivas (PVI) para FP, entre los que se encontraba uno sobre *Ensayos de Tracción Mecánica*. El diseño y la creación de la aplicación informática fue del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), y la puesta a punto, verificación y validación ha sido llevada a cabo por grupos docentes mixtos de Educación Secundaria Obligatoria y Universitaria dentro del Espacio Español de Educación Superior.

El objetivo específico del presente capítulo ha sido el estudio de verificación y validación de la Plataforma Virtual Interactiva sobre Ensayos de Tracción (PVIET), así como el análisis de su influencia en el proceso de enseñanza- aprendizaje del alumnado del Ciclo Formativo de Grado Superior de Formación Profesional en Construcciones Metálicas (MECES-1/EQF-5), para su utilización en el módulo profesional: *Definición de Procesos de Fabricación Mecánica*.

El estudio de esta herramienta virtual se ha completado con la evaluación del grado de satisfacción de este alumnado con el uso de estas aplicaciones. Es importante destacar que estos estudios de Formación Profesional pueden tener una doble vía: es decir, o bien pueden ser finalistas en el proceso de contratación de profesionales para el sector de fabricación mecánica o, por otro lado, pueden ser puente en el acceso al Grado de Ingeniería Universitario.

Los estudios de Técnico Superior en Construcciones Metálicas corresponden a un Ciclo Formativo de Grado Superior con una presencialidad de 2000 horas, durante dos cursos académicos. Según el Real Decreto 174/2008, de 8 de febrero, por el que se establece el título de Técnico Superior en Construcciones Metálicas, estos estudios tienen como objetivo el que su alumnado adquiera la competencia profesional general de diseñar productos de calderería, estructuras metálicas e instalaciones de tubería industrial, y planificar, programar y controlar su producción, partiendo de la documentación del proceso y las especificaciones de los productos a fabricar, asegurando la calidad de la

gestión y de los productos, así como la supervisión de los sistemas de prevención de riesgos laborales y protección ambiental.

El módulo profesional, *Definición de Procesos de Fabricación Mecánica*, se imparte en primer curso y tiene una duración de 192 horas. Los principales objetivos didácticos o resultados de aprendizaje que se pretenden alcanzar con su consecución son los siguientes:

- Establecer procesos de mecanizado, corte y conformado, justificando su secuencia y las variables de control de cada fase.
- Establecer los procesos de unión y montaje, definiendo las especificaciones y variables de proceso.
- Determinar los costes de mecanizado, conformado y montaje, analizando los costes de las distintas soluciones de fabricación.
- Organizar la disposición de los recursos en el área de producción, relacionando la disposición física de los mismos con el proceso de fabricación.
- Definir el plan de prueba y ensayos con el fin de comprobar el nivel de fiabilidad y calidad del producto, elaborando el procedimiento de inspección.

Una parte muy importante del módulo profesional versará sobre contenidos procedimentales, como son la preparación de probetas y realización de ensayos destructivos y no destructivos en el laboratorio del centro educativo. Entre todos ellos, destaca el *Ensayo de Tracción Mecánica*, siendo su programación temporal de 12 horas del total del módulo profesional.

3.2. Descripción experimental. Materiales y métodos

Como ya se ha comentado anteriormente, el Ministerio de Educación de España, a través del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), ha desarrollado diversos recursos educativos digitales interactivos y multimedia, publicados en su portal educativo en Internet, <http://recursostic.educacion.es/fprofesional/simuladores/web/>, que se adaptan al currículo de distintas áreas y materias de Formación Profesional.

Fruto de esta acción, en colaboración con la Subdirección General de Orientación y Formación Profesional, se han desarrollado una serie de Plataformas Virtuales Interactivas (PVI) para diferentes Familias de Formación Profesional, unos producidos con la ayuda del Fondo Social Europeo, mediante convenios con las Patronales y Fundaciones de los distintos Sectores y otros dentro del Programa Internet en el Aula en el que han participado, junto al Ministerio de Educación, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y las Consejerías de Educación de las Comunidades Autónomas.

En ellos se desarrollan, mediante simulaciones interactivas, contenidos incluidos en los currículos oficiales, planteando casos reales que podrá encontrarse el alumnado en su futura vida laboral. Su finalidad principal es la de crear un contenido didáctico e innovador para que el estudiante de formación profesional realice prácticas simuladas en el mismo entorno que, posteriormente, abordará en el laboratorio real del centro educativo y/o en su actividad profesional, mediante toma de decisiones y análisis de los efectos de estas.

El autor de la presente tesis ha colaborado en la implementación didáctica, verificación, validación y evaluación de la calidad de uno de ellos, la PVI de Ensayos de Tracción Mecánica (PVIET).

3.2.1. Descripción de la PVI de Ensayos de Tracción Mecánica (PVIET)

Cuando un material es sometido a un esfuerzo, este responde de formas muy variadas. Las respuestas más características se denominan propiedades mecánicas, que son propiedades físicas que describen el comportamiento de un material sólido al aplicarle fuerzas de tracción, compresión y torsión.

Antes de utilizar un material en un trabajo determinado, se suelen realizar ensayos cuya finalidad es observar algunas de estas propiedades mecánicas. Los ensayos de tracción son una gama de ensayos destructivos muy extendida y practicada por su valor para determinar propiedades como la ductilidad, la elasticidad, la fragilidad y la plasticidad. Estas propiedades son muy importantes, por sus aplicaciones en gran número de procesos y desarrollos industriales.

Por otra parte, los nuevos procesos de fabricación han permitido que hoy día se disponga de materiales con propiedades significativamente superiores a las de los materiales tradicionales. Estas propiedades han podido ser optimizadas mediante nuevos métodos de caracterización, que han permitido observar y entender una amplia variedad

de fenómenos y predecir el efecto que el procesamiento tiene sobre la nanoestructura, la microestructura y la macroestructura de los materiales.

La investigación científica sobre nuevos materiales metálicos se fundamenta en la obtención de compuestos que tengan excelentes propiedades y que, a su vez, sean económicamente viables y rentables. Esto implica que los costos inmersos en los procesos de producción deben ser aceptables. En el caso particular de los metales, el principal objetivo es sintetizar materiales con excelentes propiedades mecánicas entre las cuales se pueden mencionar la de una elevada resistencia a la tracción (Dávila *et al.*, 2011).

El ensayo de tracción mecánica consiste en estirar una probeta de dimensiones normalizadas en una máquina cuyas mordazas o elementos de sujeción de la probeta, se desplazan a una velocidad constante. Así se obtienen registros gráficos *tensión-alargamiento* o *tensión-deformación* que se corresponden con las curvas características (Figura 3.1) de cada material trabajado (Davis, 2004).

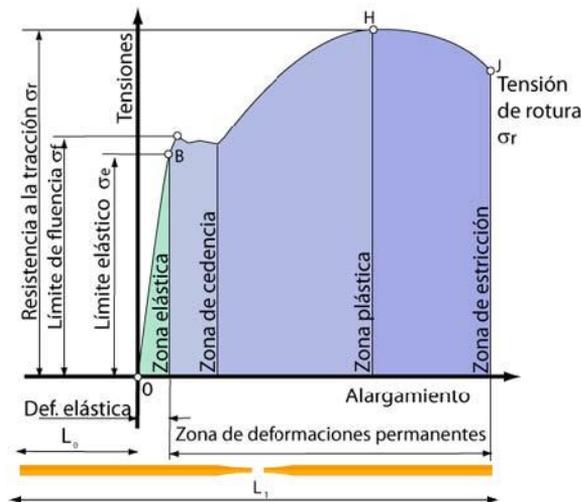


Figura 3.1. Diagrama Tensión-Alargamiento. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

Este tipo de ensayos destructivos está normalizado; es por ello por lo que, en función del tipo de material, su proceso de fabricación, aplicación y condiciones de trabajo existe una normativa específica de referencia. La normativa define cómo debe ser el ensayo de tracción y los elementos que intervienen en él, para que se obtengan resultados concluyentes acerca del material, independientemente de la geometría y de la máquina de ensayo.

En la formación académica de los futuros Técnicos Superiores de Formación Profesional de Grado Superior de la familia profesional de Fabricación Mecánica, es fundamental el aprendizaje de las bases teóricas y procedimentales de este tipo de ensayos

de tracción mecánica. Sin embargo, estas actividades prácticas tienen el inconveniente tanto de la inversión inicial de la máquina universal de ensayos de tracción-compresión (Figura 3.2), como de sus gastos de funcionamiento y mantenimiento. Debemos tener en cuenta que, al ser ensayos destructivos, las probetas no son reutilizables, produciendo un encarecimiento notable de las enseñanzas prácticas en función del número de los grupos de prácticas y la tipología de materiales a ensayar. Además, junto con el inconveniente económico se debe reseñar las limitaciones de espacios para actividades de Laboratorio de Metrología y Ensayos en los centros y limitación tiempos establecidos para llevar a cabo dichas actividades prácticas.



Figura 3.2. Máquina universal de ensayos de tracción-compresión en centro educativo

Con el fin de minimizar estos inconvenientes y limitaciones de tipo económico, falta de espacios y tiempo asignado, se ha propuesto la utilización de la PVIET como una herramienta de apoyo a la acción educativa con una base tecnológica avanzada, en la que convergen entornos gráficos de gran calidad con soluciones de software que permiten realizar una trazabilidad, y en base a ella una retroalimentación y un *feedback* con el usuario.

La PVI de Ensayos de Tracción (PVIET), perteneciente a la Familia Profesional de Fabricación Mecánica que se muestra en la Figura 3.3, es una aplicación web que tiene como finalidad la de ayudar al estudiante en su formación como usuario de una máquina universal de ensayos. Reproduce con gran realismo el entorno productivo, herramientas de trabajo y, en general, las distintas situaciones que se dan en la realización de ensayos de tracción con metales, acompañando al estudiante a lo largo de todas las etapas del proceso para llevar a cabo un ensayo de tracción.



Figura 3.3. Simuladores virtuales para la familia profesional de Fabricación Mecánica. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

La pantalla de acceso a la PVIET muestra dos perfiles de uso: docente y estudiante (Figura 3.4); e incluye un bloque de contenidos didácticos (con unidades didácticas, glosario y vídeos didácticos) y tres opciones de simulación (*Observe, Pruebe y Demuestre*), cada una de ellas dividida en cinco fases. Asimismo, existe un área de ayuda para facilitar la navegación.



Figura 3.4. Pantalla de acceso a la Plataforma Virtual Interactiva de Ensayos de Tracción. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

Las cinco fases de la simulación son las siguientes:

1) Fase I. Recepción del pedido (Figura 3.5).



Figura 3.5. Pantalla de recepción del pedido. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

2) Fase II. Análisis del proceso de trabajo (Figura 3.6).



Figura 3.6. Pantalla de análisis de la orden de trabajo. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

- 3) Fase III. Subfase I. Preparación del material a ensayar (Figura 3.7).



Figura 3.7. Preparación de la probeta a ensayar. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

- 4) Fase III. Subfase II. Preparación de la máquina de ensayos (Figura 3.8).



Figura 3.8. Zona de preparación de la máquina de ensayos. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

- 5) Fase IV. Desarrollo del ensayo propiamente dicho, donde se cargan los parámetros iniciales necesario en el desarrollo de la práctica, se realiza el ensayo y se muestra un

seguimiento visual de la gráfica tensión-deformación mientras se realiza el ensayo de tracción (Figura 3.9).



Figura 3.9. Realización del ensayo de tracción. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

6) Fase V. Averías, mantenimiento y resultados (Figura 3.10).

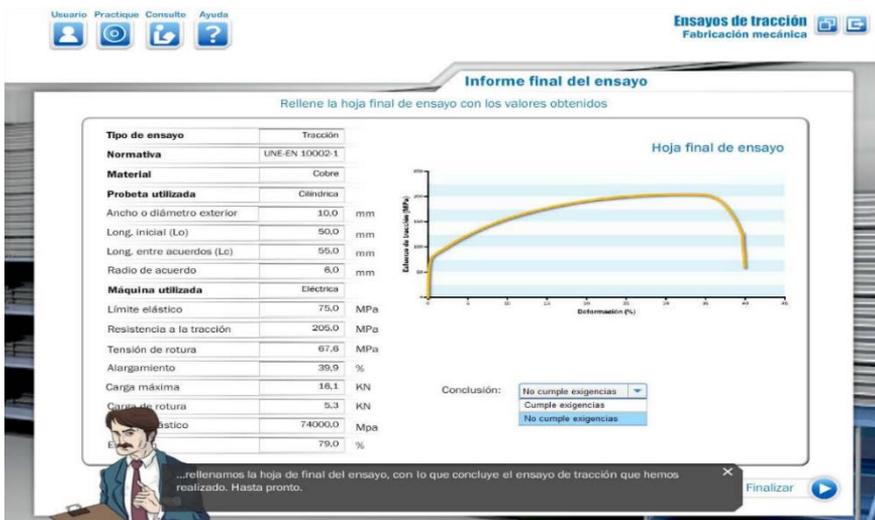


Figura 3.10. Informe final del ensayo de tracción. (Fuente: INTEF. Web de simuladores de Formación Profesional)

Existe implementado un panel de configuración en el que se puede seleccionar el caso de uso a estudiar, asignarle un determinado nivel de dificultad (medio o elevado), e introducir, si lo desean, incidencias que compliquen el ensayo de tracción a simular.

La PVIET, al ser un sistema tutor con metodología *learning by doing*, permite avanzar en un aprendizaje gradual de la materia y con la constante supervisión del sistema, mediante registro de todas las acciones del usuario. La aplicación permite su utilización tanto dentro como fuera de un LMS.

El usuario puede consultar los contenidos didácticos, al principio o en cualquier momento de la simulación, y practicar en las opciones *Observe* y *Pruebe*.

Mientras la opción *Observe* permite obtener una visión general e interactiva de la forma de realizar el trabajo, la opción *Pruebe* implica una simulación interactiva de los procesos de ensayo de tracción donde el usuario introduce y modifica los parámetros y variables, aunque con supervisión del sistema, que ofrece pistas.

Por último, la opción *Demuestre*, con interactividad plena, pero sin la supervisión del sistema, equivale a una prueba de evaluación. En este apartado el usuario debe realizar, en un tiempo limitado, la simulación completa del proceso sin recibir indicaciones, aunque el simulador registrará su comportamiento, para evaluar conocimientos y actitudes, y terminará otorgando una calificación numérica (entre 0 y 100). Cada error cometido disminuye un número de puntos, en función del nivel de dificultad seleccionado.

La *Ayuda* de uso de la aplicación incluye una demo y una función de búsqueda de términos, así como la declaración de accesibilidad, versión y créditos del simulador.

3.2.2. Metodología aplicada en la experiencia de investigación docente

Diseño Experimental de la Investigación

Como se ha indicado anteriormente, el objetivo específico del presente capítulo de esta tesis ha sido el estudio de la verificación y validación de la Plataforma Virtual Interactiva sobre Ensayos de Tracción (PVIET), así como el análisis de su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado del Ciclo Formativo de Grado Superior de Formación Profesional en Construcciones Metálicas (MECES-1/EQF-5), para su utilización en el módulo profesional: Definición de Procesos de Fabricación Mecánica.

En este caso de investigación educativa, la línea de trabajo docente se ha desarrollado principalmente en las etapas de verificación, validación y posterior evaluación de la plataforma virtual interactiva.

Para poder evaluar de forma cuantitativa este objetivo específico, se ha desglosado en cuatro objetivos o metas específicas, relacionadas con el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes que desarrolla el alumnado al conocer y realizar ensayos de tracción mecánica a materiales. Tales objetivos específicos han sido los siguientes:

- a) Objetivos específicos de carácter conceptual (**O₁**): identificar la resistencia a la tracción de los metales y su comportamiento elástico y plástico, explicar el proceso de obtención de las probetas y describir el funcionamiento general y la puesta a punto de la máquina universal de ensayos.

- b) Objetivos específicos de carácter procedimental (**O₂**): seleccionar el material para la obtención de la probeta, mecanizar la probeta de acuerdo con lo establecido en la norma ISO -*International Organization for Standardization*-, preparar la máquina universal de ensayos y los equipos auxiliares y ejecutar el ensayo de tracción, seleccionando la velocidad y parámetros según propiedades de los materiales.
- c) Objetivos específicos de carácter procedimental (**O₃**): interpretar los gráficos obtenidos y calcular las tensiones unitarias y alargamiento de los materiales.
- d) Objetivos específicos de carácter actitudinal (**O₄**): planificar de forma metódica los ensayos, valorar el orden y limpieza durante las fases del proceso, rigor en los cálculos, mostrar iniciativa y autonomía personal en la toma de decisiones y mostrar una actitud participativa y colaborativa con los compañeros.

Para evaluar el logro y adquisición de tales objetivos didácticos, por una parte, con la utilización complementaria de la PVIET, y por otra parte, sin la ayuda de la PVIET, se han comparado los resultados de aprendizaje alcanzados por distintos grupos de alumnado en diferentes cursos escolares en el módulo profesional de segundo curso, Definición de Procesos de Fabricación Mecánica, de un Ciclo de Grado Superior de Formación Profesional de Construcciones Metálicas que se imparte en la Comunidad Autónoma de Andalucía. En la primera fase del estudio se han recogido datos de dos grupos de alumnado, pertenecientes a los cursos 2010-2011 y 2011-2012 respectivamente, como grupos de control {GC1(N=18) y GC2 (N =17)}, que siguieron una metodología didáctica tradicional, y en los que no utilizaron la Plataforma Virtual Interactiva. En la segunda fase, se han recopilado resultados de evaluación de otros dos grupos de alumnado, pertenecientes a los cursos 2012-2013 y 2013-2014, que desarrollaron los mismos contenidos teórico-prácticos, utilizando la PVIET descrita, como herramienta didáctica complementaria {GE1 (N = 19) y GE2 (N =18)}. La *Figura 3.11* muestra un algoritmo para el funcionamiento de esta experiencia práctica sobre ensayos de tracción.

El alumnado que ha accedido a este Ciclo Formativo de Grado Superior lo ha hecho cumpliendo alguno de los requisitos académicos exigidos o una vez superadas unas pruebas de acceso que son generales en toda la Comunidad Autónoma de Andalucía. Además, los valores medios de edad del alumnado de ambas muestras han presentado diferencias estadísticamente significativas, de modo que se puede deducir que los conocimientos previos y las capacidades de aprendizaje han sido equivalentes en los distintos grupos estudiados. El estudio comparativo de los resultados del aprendizaje desarrollados con los grupos de control y los grupos experimentales se ha realizado a partir de los resultados obtenidos mediante la utilización de diversos instrumentos de evaluación, que se comentan posteriormente.

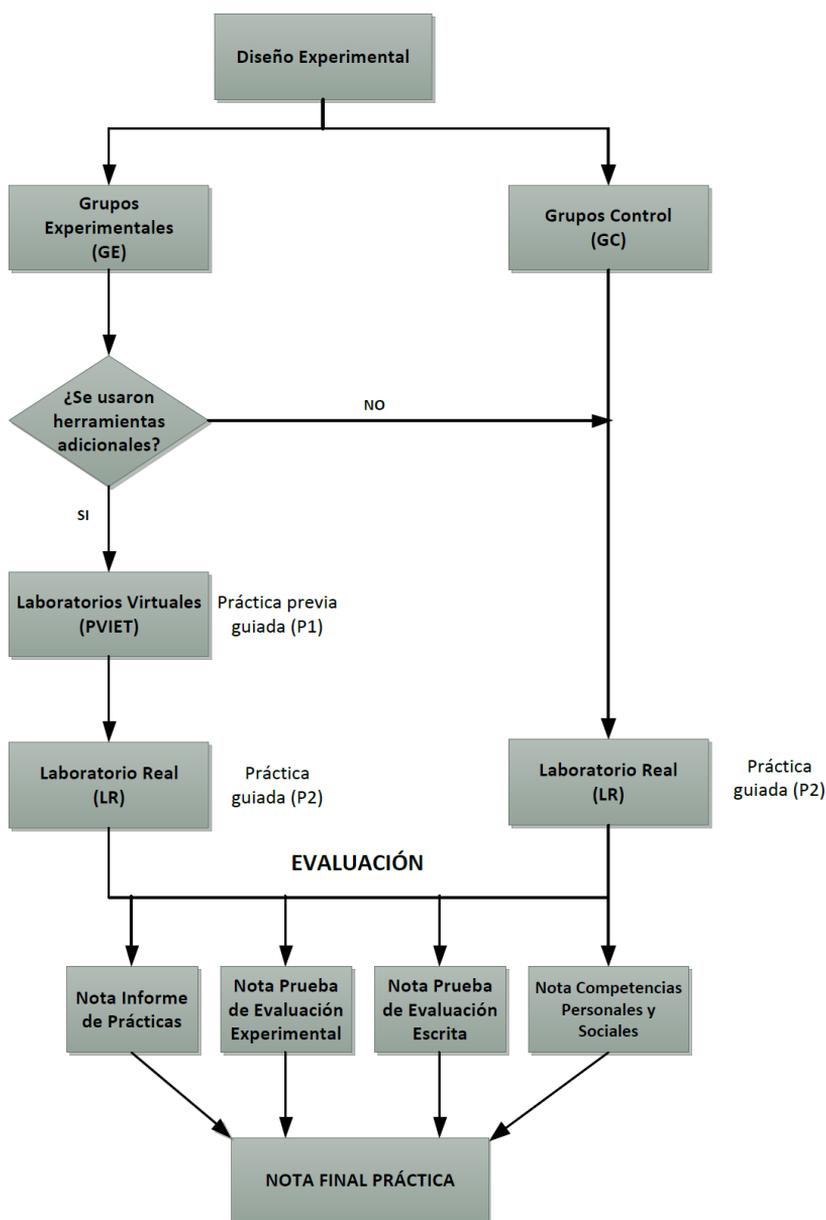


Figura 3.11. Algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre ensayos de tracción

Descripción del Proceso seguido en la Experimentación Educativa

Por un lado, la metodología de aprendizaje empleada con los dos grupos de control (GC1 y GC2) fue la siguiente: además de las clases magistrales, se diseñaron un conjunto de actividades prácticas a realizar en la máquina universal de ensayos de tracción-compresión del Laboratorio de Metrología y Ensayos, proporcionando al alumnado de tales grupos una información previa de carácter teórico y un guión de las actividades a realizar durante el desarrollo de los ensayos prácticos. Una vez finalizaron la fase de ensayos, dicho alumnado presentó un informe de prácticas, en el que se expusieron y analizaron los resultados obtenidos, se extrajeron conclusiones y se respondieron diversas cuestiones relacionadas con la interpretación de los procesos estudiados. Posteriormente, realizaron una prueba de evaluación, basada en un cuestionario escrito, donde se plantearon diversas preguntas relacionadas con el aprendizaje de los contenidos citados anteriormente.

Por el otro lado, la metodología empleada con los dos grupos experimentales (GE1 y GE2) fue idéntica a la implementada con los grupos de control, tanto en las explicaciones teóricas como en las actividades prácticas realizadas en la máquina universal de ensayos de tracción-compresión. Sin embargo, a los grupos experimentales (GE) se les complementó su formación con prácticas virtuales realizadas con la PVIET. Aunque los contenidos conceptuales y procedimentales tratados fueron similares tanto en el puesto de trabajo real como en el virtual, el número de ejemplos de materiales (cobre, acero estructural, fundición, acero inoxidable, acero inoxidable dúplex, latón al plomo y aluminio) tratados fue mucho más numeroso y variado con la utilización de la PVIET. Los dos grupos experimentales (GE) trabajaron en pequeños grupos durante varias sesiones en cada curso correspondiente.

El tiempo dedicado al desarrollo de la experimentación fue similar en ambas etapas, ya que el alumnado de los grupos experimentales (GE) sustituyó la instrucción operativa teórica por la primera sesión de trabajo con la PVIET, en la que pudieron analizar la información disponible en el módulo tutorial que incluye unidades y vídeos didácticos.

Evaluación pedagógica de la experiencia

Para realizar un balance del desarrollo de esta experiencia educativa, que nos permitiera conocer el grado de adquisición de los logros de los objetivos educativos propuestos, se ha realizado una evaluación de los resultados del aprendizaje alcanzados por cada alumno perteneciente a los grupos de control (GC1 y GC2) y a los grupos experimentales (GE1 y GE2). En esta evaluación se han utilizado los siguientes instrumentos de evaluación asignados respectivamente a cada uno de los cuatro objetivos didácticos establecidos:

1. **IE₁ (asociado al O₁):** la calidad de los informes de prácticas que elaboró el alumnado al finalizar la experiencia, donde se mostraban los resultados obtenidos para cada uno de los ensayos de tracción realizados y las respuestas a las cuestiones propuestas en las guías de trabajo.

2. **IE₂ (asociado al O₂):** los resultados de una prueba de evaluación experimental, en la que se le propuso al estudiante un caso práctico de los ensayos de tracción realizados durante el proceso de aprendizaje.
3. **IE₃ (asociado al O₃):** los resultados de una prueba de evaluación escrita, integrada por diversas cuestiones en las que debían demostrar que sabían relacionar los contenidos teórico-prácticos implicados en el estudio y analizar los resultados obtenidos en diferentes casos prácticos de ensayos de tracción.
4. **IE₄ (asociado al O₄):** los resultados de la evaluación mediante la utilización de rúbricas para conocer el grado de adquisición de competencias personales y sociales (iniciativa y autonomía personal y trabajo colaborativo).

El procedimiento de evaluación ha sido el mismo con los grupos de control (GC) y los grupos experimentales (GE).

Con el fin de evaluar el nivel de aprendizaje alcanzado por cada alumno en cada uno de los cuatro objetivos didácticos formulados (O₁, O₂, O₃ y O₄), se ha asignado una puntuación numérica parcial por objetivo comprendida entre 0 y 10 puntos, correspondiente al resultado de cada instrumento de evaluación utilizado para calificar el rendimiento específico alcanzado en cada objetivo respectivo. Por otra parte, para evaluar el rendimiento global de cada alumno se han sumado las puntuaciones parciales correspondientes a los cuatro objetivos, de modo que a cada alumno le ha correspondido una puntuación comprendida entre 0 y 40 puntos.

A partir de tales puntuaciones parciales, se han podido definir niveles de aprendizaje globales que han permitido representar de forma gráfica tales diferencias y extraer conclusiones sobre el desarrollo de la experiencia, como se verá posteriormente. También se han podido realizar tratamientos estadísticos de diferencias de rendimiento entre los diferentes grupos poblacionales. Con los datos de la evaluación correspondientes a las puntuaciones parciales de los cuatro objetivos y a la puntuación global, obtenidos en esta experiencia en los grupos de control y experimental, se han aplicado diversas pruebas de contraste para analizar si las diferencias entre tales grupos son significativas desde el punto de vista estadístico.

Valoración del uso del laboratorio virtual en relación con la opinión de los participantes

Otro de los objetivos de esta experiencia educativa, en la que se ha utilizado la PVIET, ha sido averiguar hasta qué punto su aplicación ha satisfecho las necesidades del grupo al que pretendía servir. Por esta razón, se han analizado las valoraciones sobre el éxito de la aplicación, procedentes de los distintos grupos participantes, relacionados con el mismo. Además de los resultados cuantitativos que se han pretendido analizar, y que han sido descritos en apartados anteriores, la evaluación cualitativa de esta PVIET ha consistido en obtener información de los observadores (profesorado) y la opinión de los participantes (alumnado). Para ello, al final de la experiencia con la plataforma virtual, todos los estudiantes rellenaron una encuesta de satisfacción relacionada con aspectos funcionales y metodológicos de la herramienta.

Los propósitos de esta retroalimentación han sido, por una parte, la de evaluar la utilidad del sistema, ya que se sabe que la satisfacción y la motivación del estudiante son factores clave de éxito (Levy, 2007; Redel-Macías *et al.*, 2016; Verdú *et al.*, 2012), y por otra parte, la de seguir realizando mejoras de diseño en la plataforma virtual interactiva. Por ello, los 12 ítems del cuestionario propuesto se agruparon en torno a cinco bloques o temáticas principales:

- Bloque I (B_I): Documentación (Q1 y Q2).
- Bloque II (B_{II}): Facilidad de uso (Q3, Q4 y Q5).
- Bloque III (B_{III}): Habilidad para motivación (Q6 y Q7).
- Bloque IV (B_{IV}): Calidad en los contenidos (Q8).
- Bloque V (B_V): Promoción del aprendizaje (Q9, Q10, Q11 y Q12).

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Resultados y discusión de la evaluación pedagógica de la experiencia

Para estudiar los resultados de la evaluación de cada uno de los objetivos didácticos formulados (O₁, O₂, O₃ y O₄), se ha partido de las puntuaciones parciales asignadas al alumnado de los diferentes grupos y se han establecido para cada objetivo cinco categorías o niveles de aprendizaje atendiendo a la siguiente clasificación:

- Categoría I: corresponde a puntuaciones muy bajas (muy deficiente).
- Categoría II: corresponde a puntuaciones bajas (deficiente).
- Categoría III: corresponde a puntuaciones medias (aceptable).
- Categoría IV: corresponde a puntuaciones altas (bueno).
- Categoría V: corresponde a puntuaciones muy altas (excelente).

Esta clasificación se ha basado en el siguiente criterio de agrupación numérica: para una puntuación máxima de 10 puntos, el aprendizaje muy deficiente representa una puntuación entre 0 y 3, el deficiente entre 3 y 5, el aceptable entre 5 y 7, bueno entre 7 y 9 y excelente por encima de los 9 puntos.

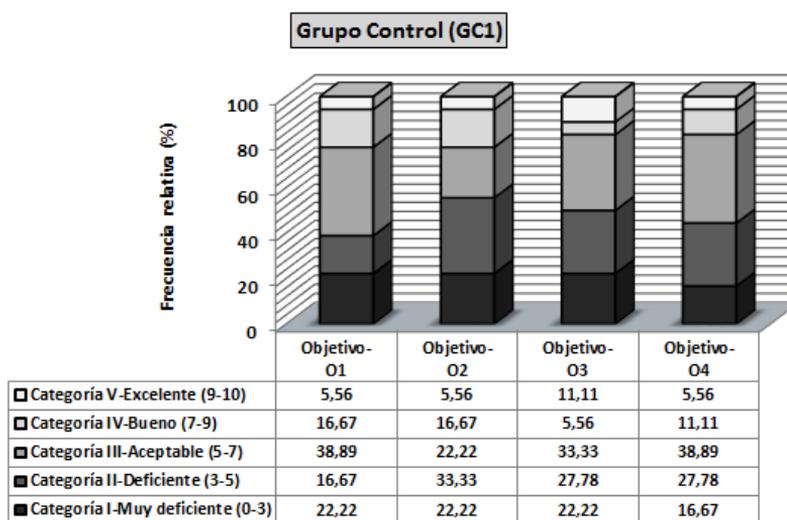


Figura 3.12. Resultados de la evaluación por objetivos (O₁, O₂, O₃ y O₄) del Grupo Control (GC1)

En la Figuras 3.12 y la Figura 3.13, se representan los resultados de la evaluación de los cuatro objetivos (O₁, O₂, O₃ y O₄), distribuidos por categorías (I, II, III, IV y V) correspondientes a los grupos de control, GC1 y GC2, respectivamente. Para cada objetivo y grupo se muestran las frecuencias relativas (%), correspondientes a cada uno de los cuatro niveles establecidos.

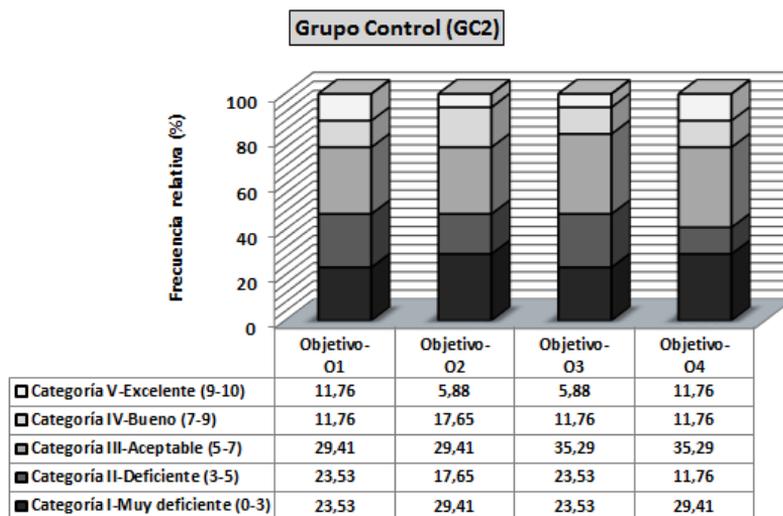


Figura 3.13. Resultados de la evaluación por objetivos (O₁, O₂, O₃ y O₄) del Grupo Control (GC2)

En las citadas figuras se pueden observar que los resultados de los logros obtenidos por ambos grupos de control son bastante similares en los cuatro objetivos evaluados.

Por otra parte, tras el análisis detallado de los resultados de calificaciones por el logro de objetivos en los grupos de control (GC1 y GC2) (Figura 3.12 y Figura 3.13), se observa que las categorías IV y V (correspondientes a puntuaciones buenas y excelentes), muestran valores porcentuales mucho más bajos que las categorías I, II y III (correspondientes a puntuaciones muy deficientes, deficientes y aceptables), lo que indica que el aprendizaje alcanzado no es óptimo, aunque sí aceptable.

En los grupos experimentales (GE1 y GE2) se ha seguido el mismo proceso de evaluación que en los grupos de control y se han aplicado los mismos procedimientos de análisis y presentación de datos. En la Figuras 3.14 y la Figura 3.15, se representan los resultados obtenidos por el alumnado de tales grupos. Del análisis de ambas figuras se puede inferir que los resultados obtenidos por ambos grupos también presentan una distribución similar de frecuencias en las diversas categorías de los objetivos evaluados.

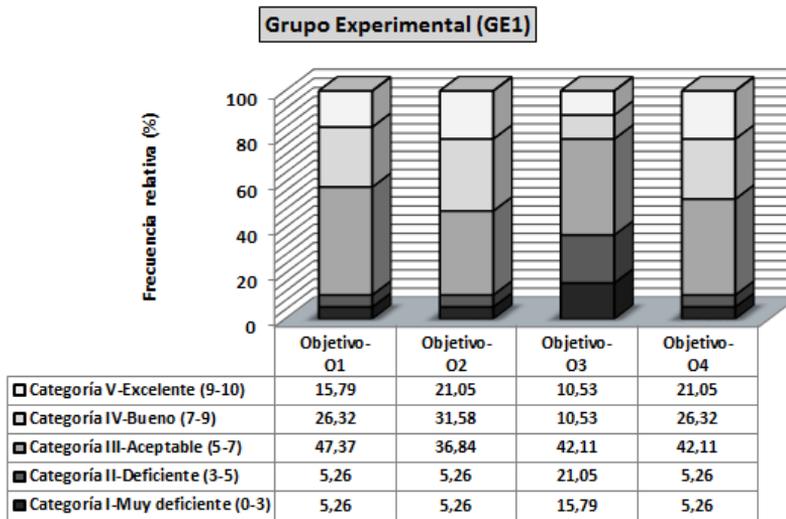


Figura 3.14. Resultados de la evaluación por objetivos (O₁, O₂, O₃ y O₄) del Grupo Experimental (GE1)

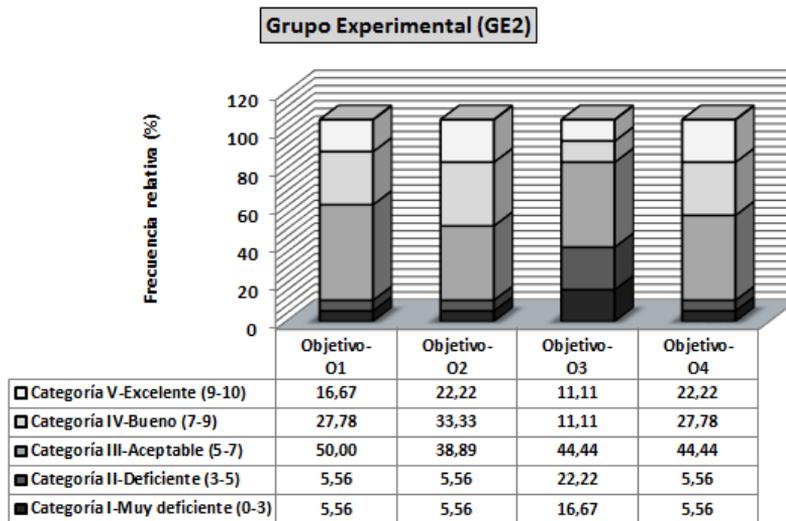


Figura 3.15. Resultados de la evaluación por objetivos (O₁, O₂, O₃ y O₄) del Grupo Experimental (GE2)

De forma análoga, tras el análisis detallado de los resultados de calificaciones por el logro de objetivos en los grupos experimentales (GE1 y GE2) (Figura 3.14 y Figura 3.15), se observa que, para los cuatro objetivos, las frecuencias relativas de las categorías I y II (correspondientes a puntuaciones muy deficientes y deficientes), han disminuido respecto a los valores porcentuales de los grupos de control (GC1 y GC2). Por otra parte, en las categorías III, IV y V (correspondientes a puntuaciones aceptables, buenas y excelentes),

las frecuencias relativas son más altas en los grupos experimentales, lo que supone un incremento del número de alumnos de los grupos GE1 y GE2 que han superado tales objetivos frente a los que no lo consiguen en los grupos GC1 y GC2.

Sin embargo, el desplazamiento de alumnado de las categorías I y II (GC1 y GC2) a las categorías superiores (GE1 y GE2) en el objetivo O₃ (capacidad de resolución de cuestiones teórico-prácticas) es menos pronunciado, debido a la complejidad en la resolución de casos prácticos y a que la utilización de la PVIET no implica una mejora notable en la capacidad de abstracción del alumnado.

En la *Tabla 3.1* y la *Tabla 3.2*, se muestra el estudio estadístico realizado con los resultados obtenidos por cada grupo de control y experimental, respectivamente al logro de cada uno de los objetivos. Los parámetros representados han sido: la media aritmética (\bar{x}), la desviación estándar (σ), coeficiente de correlación (cc) y cuartiles (Q₁, Q₂, Q₃ y Q₄).

Tabla 3.1. Análisis estadístico de las calificaciones de los grupos control 1 y 2 (GC1 y GC2)

	GC1				GC2			
	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
\bar{x}	4,95	4,69	4,75	4,83	4,95	4,88	4,80	4,82
σ	2,51	2,45	2,53	2,31	2,55	2,53	2,46	2,74
cc	0,972							
Q ₁	3,15	3,13	3,41	4,00	3,00	2,75	3,00	2,00
Q ₂	5,00	4,00	4,25	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00
Q ₃	6,75	6,44	6,00	6,00	6,75	6,75	6,00	6,00
Q ₄	9,50	9,25	9,40	10,00	9,00	9,25	9,50	10,00

Tabla 3.2. Análisis estadístico de las calificaciones de los grupos experimentales 1 y 2 (GE1 y GE2)

	GE1				GE2			
	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
\bar{x}	6,41	6,86	5,38	6,69	6,44	6,89	5,65	6,61
σ	2,07	2,18	2,35	2,24	2,07	2,19	2,49	2,33
cc	0,996							
Q ₁	5,25	6,00	4,00	6,00	5,31	5,63	4,00	5,25
Q ₂	6,25	7,00	6,00	6,00	6,25	7,25	6,00	6,50
Q ₃	7,50	8,25	6,25	8,00	7,88	8,38	7,00	8,00
Q ₄	10,00	10,00	9,50	10,00	9,50	10,00	10,00	10,00

Al comparar el logro de resultados de los grupos de control, GC1 y GC2, para cada uno de los cuatro objetivos, las diferencias entre las medias de cada uno de ellos, al ser muy poco significativas, se pueden despreciar (coeficiente de correlación, cc=0,972). Lo mismo sucede con los grupos experimentales, GE1 y GE2, en donde las diferencias son totalmente despreciables (coeficiente de correlación, cc=0,996). Esto se debe a que los grupos, tanto los de control como los experimentales, han tenido las mismas

características iniciales, han desarrollado un proceso de aprendizaje y han alcanzado un nivel de rendimiento similares.

En consecuencia, los buenos coeficientes de correlación indican que tanto los grupos de control como los experimentales son homólogos entre ellos, siendo más homogéneos los grupos experimentales.

Sin embargo, las diferencias entre las medias de los grupos experimentales, GE1 y GE2, respecto a los de control, GC1 y GC2, sí son manifiestamente significativas. Esto es consecuencia de una mejora de los resultados de las calificaciones en el logro de objetivos de los grupos experimentales respecto a los de control, y por tanto se avala la hipótesis sobre la validez pedagógica de la PVIET como herramienta de aprendizaje complementaria en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Asimismo, y tal como se ha indicado anteriormente, se indican en la *Tabla 3.1* y la *Tabla 3.2*, los cuatro cuartiles en los que se ha dividido toda la población de calificaciones por logro de los cuatro objetivos (O_1 , O_2 , O_3 y O_4) de los cuatro grupos de alumnado estudiados (GC1, GC2, GE1 y GE2), estableciéndose el primer cuartil en el 25 % de las notas medias más bajas, el segundo cuartil entre el 25% y 50%, el tercer cuartil entre 50 y 75% y el cuarto cuartil desde el 75 al 100%. Se observa que las notas medias por logro de objetivos de los grupos experimentales se han incrementado hacia los cuartiles más altos respecto de los grupos de control. Además, se muestra que los espacios intercuartiles de los grupos experimentales son menores que en los grupos de control, lo que supone que ha habido un desplazamiento hacia las calificaciones medias más altas.

A través del análisis y procesamiento estadístico también se han establecido las diferencias de rendimiento entre los diferentes grupos objeto del estudio.

En primer lugar, se ha aplicado la prueba de Kruskal-Wallis (Hecke, 2012), para ver si existe mejora en las calificaciones por cada objetivo con el uso de la PVIET, comparando los resultados obtenidos por los dos grupos experimentales y los grupos control. Los resultados de dicha prueba no paramétrica se muestran en la *Tabla 3.3*, y del análisis de los mismos se obtiene que para los objetivos O_1 (Chi-cuadrado=6,19 y valor de $p=0,013$), O_2 (Chi-cuadrado=12,01 y valor de $p=0,00052$) y O_4 (Chi-cuadrado=10,05 y valor de $p=0,00152$), la hipótesis nula establecida (el uso de la PVIET no ha mejorado significativamente las calificaciones obtenidas) ha sido rechazada. Se puede afirmar, por lo tanto, que hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales y los grupos control con una probabilidad del 99,7%, 99,9% y 99,8% para los objetivos O_1 , O_2 y O_4 respectivamente. Por lo tanto, tras el resultado obtenido, se infiere que el uso de la PVIET mejora las calificaciones según el logro de los cuatro objetivos establecidos.

Tabla 3.3. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis por objetivos

Prueba de Kruskal-Wallis		
Objetivo	Chi-cuadrado	Valor de p
O ₁	6,19	0,01300
O ₂	12,01	0,00052
O ₃	2,01	0,15600
O ₄	10,05	0,00152

Sin embargo, la prueba de Kruskal-Wallis muestra que para el objetivo O₃ (Chi-cuadrado=2,01 y valor de p=0,156), la hipótesis nula establecida ha sido aceptada, por lo que el uso de la PVIET implica una mejora poco significativa de las calificaciones obtenidas en el logro de resultados para este objetivo, y podría postularse que se puede deber a que el uso de la plataforma virtual interactiva como herramienta didáctica complementaria a que la utilización de la PVIET no implica una mejora notable en la capacidad de abstracción del alumnado.

Además de lo expuesto, el estudio cuantitativo ha incluido una evaluación y categorización del rendimiento general de todo el alumnado de los diferentes grupos, analizando el conjunto de datos obtenidos a lo largo de la experiencia. Para disponer de una calificación global, se han sumado las puntuaciones correspondientes a los cuatro objetivos, de modo que a cada sujeto le corresponde una puntuación comprendida entre 0 y 40 puntos. Para ello, se han establecido cuatro niveles de rendimiento global:

- Nivel I: corresponde a puntuación global entre 0 y 10 que representa un aprendizaje deficiente).
- Nivel II: corresponde a puntuación global entre 10 y 20, que corresponde a un aprendizaje semiaceptable).
- Nivel III: corresponde a puntuación global entre 20 y 30, que representa un buen nivel de aprendizaje).
- Nivel IV: corresponde a puntuación global entre 30 y 40, que corresponde a un nivel de aprendizaje óptimo o muy bueno).

En la *Figura 3.16*, se han representado los resultados globales de los cuatro grupos de alumnado estudiados (GC1, GC2, GE1 y GE2), representando los porcentajes correspondientes a los cuatro niveles de rendimiento global en cada grupo.

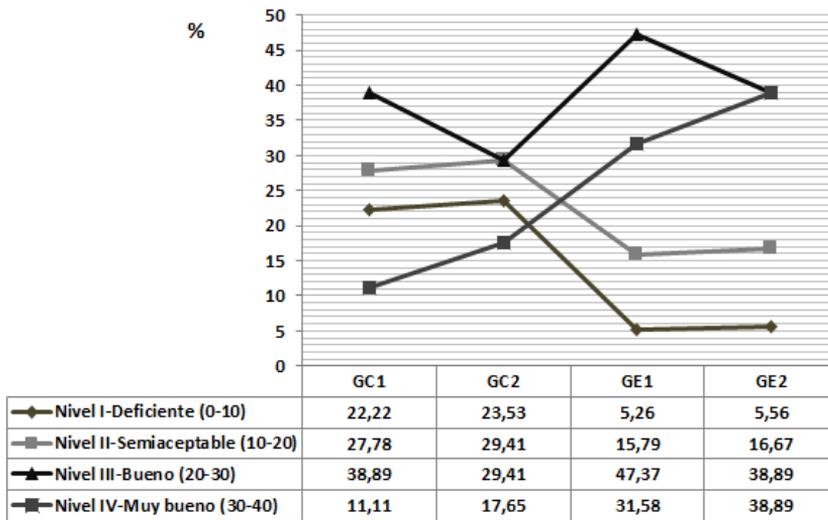


Figura 3.16. Resultados porcentuales correspondientes a los cuatro niveles de rendimiento global (suma de puntuaciones de los cuatro objetivos) en cada grupo control y experimental

Del análisis de dicha figura, se observa que los grupos de control, GC1 y GC2, muestran resultados muy parecidos en los cuatro niveles de rendimiento global. De forma análoga se observa en los resultados de los grupos experimentales, GE1 y GE2, aunque estos grupos presentan un rendimiento global superior a los anteriores grupos control. En efecto, los niveles I y II representan un porcentaje mayor en los grupos de control respecto a los grupos experimentales (con variaciones próximas al 19% y al 14% respectivamente). Por el contrario, en el nivel III se obtienen resultados bastante similares tanto en los grupos experimentales como en los grupos control (aunque con variaciones máximas en torno al 18% entre GC2 y GE1). Por último, en el nivel IV de rendimiento global, los grupos de control alcanzan unos porcentajes bajos y son mejorados por los grupos experimentales, lo cual indica que ha resultado exitosa la experiencia metodológica utilizada y, por tanto, se logra alcanzar un nivel de rendimiento óptimo para los grupos experimentales (con variaciones máximas en torno al 27%).

Por otra parte, los valores obtenidos para la prueba de Kruskal-Wallis que relaciona las calificaciones generales obtenidas y el uso de la PVIET, muestran que la hipótesis nula establecida ha sido rechazada ($\text{Chi-cuadrado}=27,63$ y valor de $p=1,47 \times 10^{-07}$). Por lo tanto, tras el resultado obtenido se infiere una mejora en las calificaciones finales del grupo experimental independientemente de los resultados específicos por objetivos parciales.

Como análisis estadístico complementario, se ha llevado a cabo un análisis de varianza mediante la prueba ANOVA, para comprobar la significación estadística de las diferentes notas obtenidas entre el alumnado de los cuatro cursos académicos (2010-2014) y los cuatro objetivos establecidos. Según los resultados obtenidos en la prueba ANOVA (Tabla 3.4), existe una diferencia global significativa entre las calificaciones del alumnado de los cursos académicos 2010-11 y 2011-12 (GC1 y GC2, respectivamente) con el alumnado de

los cursos académicos 2012-13 y 2013-14 (GE1 y GE2, respectivamente). Es decir, no existe diferencia significativa entre los dos grupos de control y los dos grupos experimentales. Sin embargo, la diferencia en las calificaciones del alumnado, comparando los grupos de control y los grupos experimentales, unos con respecto a los otros, y por objetivos, no son tan significativas.

Tabla 3.4. Resultados de la prueba ANOVA relacionando objetivos y años

Prueba ANOVA			
	Sum Sq	Valor de F	Valor de p
Objetivo	21,75	1,32	0,267700000
Año	168,55	30,72	0,000000069
Interacción			
Objetivo: Año	18,57	1,13	0,338100000
Residuales	1536,45		

Todo lo expuesto anteriormente en el análisis descriptivo y estadístico implica que la utilización de la plataforma interactiva descrita, complementaria a las actividades prácticas en laboratorio real, ha contribuido a mejorar el desarrollo de procedimientos y destrezas necesarios para resolver los problemas prácticos relacionados con la preparación y realización de ensayos destructivos de tracción, junto a la elaboración de informes sobre los mismos. Asimismo, se puede afirmar que la metodología basada en el uso de la PVIET favorece la adquisición de competencias personales y sociales referentes al grado de iniciativa y autonomía personal junto con la de cooperación en el trabajo grupal.

3.3.2. Resultados de la valoración del uso de la PVIET en relación con la opinión de los participantes

Una vez finalizada la experiencia práctica del uso de la PVIET como complemento a las actividades prácticas en el laboratorio de Metrología y Ensayos del centro educativo, al alumnado de los grupos experimentales (GE1 y GE2) se les solicitó que rellenasen un cuestionario de satisfacción sobre la plataforma virtual interactiva utilizada.

La *Tabla 3.5* muestra los resultados de dicho cuestionario de satisfacción, completado por el alumnado de los grupos experimentales (GE1 y GE2), expresado en tanto por ciento. Además, se presenta el estudio estadístico de estos resultados a las 12 preguntas del cuestionario propuesto (Q_1 a Q_{12}) que se han agrupado en torno a cinco bloques o temáticas principales (B_I , B_{II} , B_{III} , B_{IV} y B_V). Las respuestas se han calificado porcentualmente en una escala *Likert* de 0-7 puntos, que va desde el valor numérico 1 (muy en desacuerdo) al valor numérico 7 (muy de acuerdo).

Tabla 3.5. Resultados de encuestas de opinión del alumnado por bloques temáticos

Calificación en % sobre escala <i>Likert</i> de 0-7 puntos									
	1: Muy desacuerdo 2: Totalmente desacuerdo; 3: Desacuerdo 4: Indeciso 5: De acuerdo; 6: Totalmente de acuerdo 7: Muy de acuerdo								
Bloque	1	2	3	4	5	6	7	\bar{x}	σ
B_I	0,00	0,00	0,00	2,50	35,00	34,00	28,50	5,89	0,83
B_{II}	0,00	0,00	0,00	4,70	20,00	24,30	51,00	6,22	0,92
B_{III}	0,00	0,00	0,00	6,30	43,70	30,30	19,70	5,63	0,81
B_{IV}	0,00	0,00	0,00	0,00	36,00	32,00	32,00	5,96	0,83
B_V	0,00	0,00	0,00	2,00	39,75	29,75	28,50	5,80	0,80
Bloque I (B _I): Documentación (Q ₁ y Q ₂)					\bar{x} : media aritmética				
Bloque II (B _{II}): Facilidad de uso (Q ₃ , Q ₄ y Q ₅)					σ : desviación típica				
Bloque III (B _{III}): Habilidad para motivación (Q ₆ y Q ₇)									
Bloque IV (B _{IV}): Calidad en los contenidos (Q ₈)									
Bloque V (B _V): Promoción del aprendizaje (Q ₉ , Q ₁₀ , Q ₁₁ y Q ₁₂)									

En términos generales, los resultados globales de las encuestas muestran que la experiencia fue positivamente evaluada por la mayoría de los estudiantes, siendo la puntuación media para todas las preguntas (Q₁ a Q₁₂) de alrededor de 6 puntos (muy de acuerdo) (ver *Figura 3.17*).

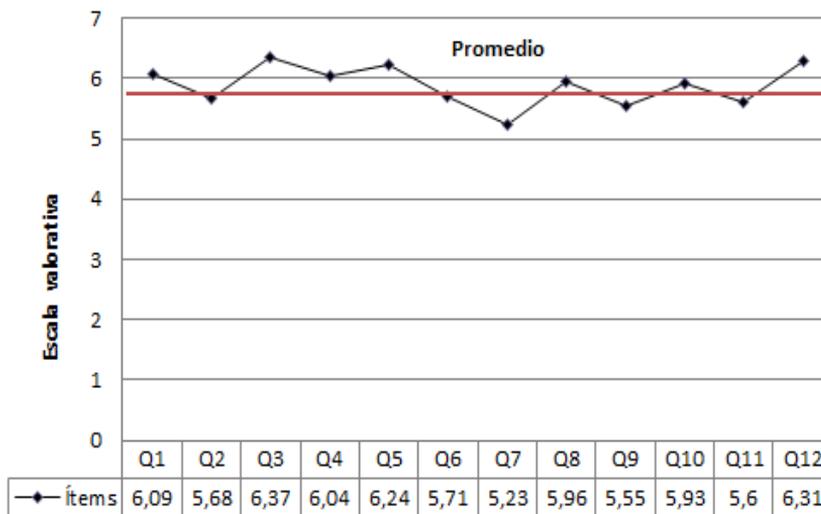


Figura 3.17. Valores medios obtenidos para cada una de las preguntas del cuestionario

En primer lugar, acerca de las preguntas o ítems del bloque I, sobre si los estudiantes opinan que la documentación proporcionada (B_I) por el PVIET es suficiente o no, se aprecia que el 34% de los encuestados respondieron que estaban totalmente de acuerdo

(6) y un 28,50% estaban muy de acuerdo (7), respectivamente; siendo la puntuación media de este bloque I de 5,89 ($\sigma=0,83$). Tras este análisis, es posible afirmar que la mayoría de los estudiantes han considerado los consejos, sugerencias e información complementaria de la plataforma virtual como suficiente en la PVIET.

Además, los estudiantes han valorado las preguntas o ítems del bloque II, sobre facilidad de uso (B_{II}) en los experimentos y la organización de la PVIET, tal que un 23,30% de los encuestados respondieron que estaban totalmente de acuerdo (6) y un 51,00% que estaban muy de acuerdo (7), respectivamente, con la facilidad de uso de la misma; siendo la puntuación media de este bloque II de 6,22 ($\sigma=0,92$). Tras este análisis, es posible afirmar que la mayoría de los estudiantes han considerado la facilidad de uso como suficiente en la PVIET.

Por otra parte, los estudiantes han valorado las preguntas o ítems del bloque III, sobre la motivación del alumnado (B_{III}) por el uso de la PVIET, tal que un 43,70% de los encuestados respondieron que estaban totalmente de acuerdo (6) y un 30,30% que estaban muy de acuerdo (7), respectivamente, con la motivación que ofrece la misma; siendo la puntuación media de este bloque III de 5,60 ($\sigma=0,81$). Tras este análisis, es posible afirmar que la mayoría de los estudiantes han considerado el uso de esta nueva herramienta didáctica como motivadora.

De forma análoga, y siguiendo con la valoración realizada por los estudiantes sobre las preguntas o ítems del bloque IV, acerca de la calidad de los contenidos ofrecidos (B_{IV}) para llevar a cabo un ensayo de tracción mecánica, se ha obtenido que un 32,00% de los encuestados respondieron que estaban totalmente de acuerdo (6) y otro 32,00% que estaban muy de acuerdo (7), respectivamente, con la calidad de los contenidos de la plataforma virtual interactiva; siendo la puntuación media de este bloque IV de 5,96 ($\sigma=0,83$).

Por último, los estudiantes han valorado las preguntas o ítems del bloque V, sobre la promoción del aprendizaje (B_V) con el uso de la PVIET, tal que un 29,75% de los encuestados respondieron que estaban totalmente de acuerdo (6) y un 28,50% que estaban muy de acuerdo (7), respectivamente, con la ayuda en el aprendizaje que ofrece la misma; siendo la puntuación media de este bloque IV de 5,80 ($\sigma=0,80$).

3.4. Conclusiones

En este tercer capítulo de la presente tesis se ha verificado y validado la Plataforma Virtual Interactiva sobre de Ensayos de Tracción (PVIET), y se ha analizado su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado del Ciclo Formativo de Grado Superior de Formación Profesional de Construcciones Metálicas (MECES-1/EQF-5), para su utilización en el módulo profesional: Definición de Procesos de Fabricación Mecánica.

Como conclusión del presente trabajo, se puede inferir que la utilización de la PVI de Ensayos de Tracción, propuesta, como herramienta didáctica complementaria en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ha servido para alcanzar y mejorar las calificaciones de los objetivos didácticos que se han establecido previamente.

Se ha desarrollado y validado un software de un marcado carácter pedagógico orientado a lograr en el alumnado, de Ciclos Formativos de Grado Superior de la familia profesional de fabricación mecánica y Grados de Ingenierías Universitaria, un aprendizaje comprensivo, autónomo y cooperativo de los ensayos destructivos de tracción mecánica en metales.

La plataforma virtual interactiva descrita constituye una nueva herramienta efectiva para presentar a los estudiantes conceptos iniciales sobre ensayos destructivos y su puesta práctica. Las simulaciones en ordenador de los principales procedimientos prácticos sobre el ensayo de tracción son una parte esencial que posibilita esta plataforma virtual interactiva.

Esta PVIET fue utilizada por estudiantes del Ciclo Formativo de Grado Superior de Formación Profesional de Construcciones Metálicas con muy buenos resultados. De hecho, el profesorado pudo comparar, con satisfacción, los logros y mejoras en el aprendizaje de los estudiantes a lo largo de diferentes cursos académicos.

El estudio estadístico realizado para evaluar el grado de efectividad pedagógica de la PVIET permite concluir que:

- El proceso de evaluación empleado proporciona resultados similares para los grupos de control (GC1 y GC2) establecidos, por lo que se puede considerar fiable.

- La similitud en los resultados obtenidos entre los dos grupos experimentales (GE1 y GE2) nos lleva a concluir que el proceso de aprendizaje diseñado es homogéneo.

- La diferencias que encontramos entre los niveles alcanzados por los grupos experimentales y de control nos llevan a afirmar que el software empleado es una herramienta didáctica adecuada para el proceso de aprendizaje por descubrimiento y significativo del alumnado.

Basado en los resultados obtenidos, este estudio ha demostrado que el uso complementario en la metodología propuesta ayudó a mejorar las calificaciones en la evaluación parcial de los objetivos y la evaluación global del módulo profesional,

reduciendo el número de pruebas escritas suspensas y el abandono del módulo profesional.

Por otra parte, la valoración y evaluación pedagógica de esta PVIET han puesto de manifiesto algunas ventajas de tipo práctico en su utilización, como una notable influencia en la motivación y la concentración del alumnado durante su actividad práctica. Asimismo, se ha facilitado el aprendizaje autónomo, al tener que seguir el desarrollo del programa de forma individual, administrarse las ayudas y reflexionar sobre sus errores y, permitiendo la necesaria retroalimentación a través de las acciones realizadas por el alumnado para el progreso de su aprendizaje.

Por último, la valoración del alumnado participante ha sido muy positiva, apreciando numerosos beneficios pedagógicos, algunos de los cuales se han visto reflejados en el grado de consecución de los objetivos didácticos. Además, los estudiantes indicaron que tanto la documentación, vídeos y guías didácticas, como los ejercicios prácticos de la PVIET fueron de gran interés durante su utilización.

CAPÍTULO 4. GAMIFICACIÓN COMBINADA CON LA EXPERIMENTACIÓN FÍSICA EN LA WEB VIRTUAL INTERACTIVA DE INSTRUMENTACIÓN ELÉCTRICA (MECES-2)

Este capítulo se centra en la implementación de una aplicación web móvil, con el objetivo de capacitar a los estudiantes de la asignatura de Física en los Grados de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad de Córdoba (MECES-2/EQF-6) en el conocimiento del osciloscopio y las fuentes de alimentación eléctrica y su aplicación. Está alojada en una plataforma actualizable que se puede usar en cualquier lugar y con cada dispositivo electrónico para lograr el aprendizaje ubicuo (*u-learning*). Además, se ha generado un cuestionario con la herramienta en línea *Kahoot* sobre el tema de Física para el Grado en Ingeniería Informática antes de llevar a cabo el laboratorio virtual y práctico. El efecto de la combinación de la web virtual interactiva, el *u-learning* y la gamificación han sido analizados y validados estadísticamente.



4.1. Introducción

Las Instituciones de Educación Superior han cambiado ampliamente las formas tradicionales de interacción entre profesores y estudiantes como consecuencia de la Declaración de Bolonia (1999), cuando se creó el Espacio Europeo para la Educación Superior (EESS). El cambio más importante en este proceso de transformación fue la inclusión de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) (Canós-Rius & Guitert-Catases, 2014; Flores & de Arco, 2012; San Miguel del Hoyo, 2011).

Las TIC intervienen en el entorno de aprendizaje de las personas y están relacionadas tanto con los dispositivos electrónicos móviles (O'Reilly, 2009), como también con aquellas herramientas y recursos de la *Web 2.0* (Dalsgaard, 2006).

El avance de estas tecnologías, apoyadas en la integración de tecnología multimedia e interactiva, ha servido para mejorar tanto el rendimiento de los estudiantes como el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Como resultado, el *e-learning* (educación y capacitación a través de Internet), que se caracteriza por la separación espacial entre docentes y estudiantes, se ha integrado en el entorno educativo (Kukulska-Hulme *et al.*, 2011).

Mientras tanto, las tecnologías móviles (teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, asistentes digitales personales (PDA), tabletas...) han rediseñado el paradigma social, cultural y educativo, donde los estudiantes son los usuarios más activos (Cantillo Valero *et al.*, 2012). Esta innovación ha permitido a las enseñanzas de la Educación Superior no solo movilidad, sino también conectividad, ubicuidad, permanencia, portabilidad e inmediatez (Park, 2011). Por lo tanto, el aprendizaje móvil (*m-learning*), que se basa en el aprendizaje a través de dispositivos móviles portátiles con conectividad inalámbrica como teléfonos móviles, tabletas o PDA, y su combinación con herramientas educativas, se ha convertido en un componente valioso en los procesos de aprendizaje.

Además, el *m-learning* ha evolucionado a Aprendizaje Ubicuo (*u-learning*), que se basa en la capacidad de aprender de diferentes contextos y situaciones, en diversos momentos y a través de diferentes dispositivos o medios, para mejorar las oportunidades dentro del proceso de aprendizaje. Este nuevo patrón de estudio está creciendo con fuerza debido al desarrollo de plataformas de educación virtual, la opción de estudiar mediante teléfonos inteligentes (*m-learning*), la realidad virtual, la gamificación y las diversas herramientas digitales que mejoran la Educación (Hwang & Tsai, 2011).

De hecho, muchos estudios recientes confirman los efectos positivos del uso de *m-learning* y *u-learning* en Educación Superior (Gallardo *et al.*, 2015; Pimmer *et al.*, 2016). Además, otros estudios han demostrado cómo la mayoría de los estudiantes universitarios prefieren estas herramientas tecnológicas, con gran capacidad pedagógica, social y tecnológica, debido a sus elementos comunicativos y sociales (Josías *et al.*, 2012; Saylor *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2012).

Además, la tendencia al alza del *Bring Your Own Device* (BYOD) (Blohm & Leimeister, 2013) y el *m-learning* están favoreciendo el diseño de nuevas experiencias metodológicas, en particular el uso de aplicaciones webs gratuitas, como *Kaboot*. De hecho, este enfoque

pedagógico permite a los docentes y estudiantes integrar, crear, colaborar y compartir conocimientos a través de la gamificación, aprovechando elementos atractivos y divertidos (González-Mariño *et al.*, 2016). Al usarlos, los docentes pueden crear cuestionarios sobre cualquier tema, introducir videos y audios, medir el nivel de conocimiento y desafiar a los estudiantes antes y después de enseñar los contenidos en el aula (Zepeda-Hernández *et al.*, 2016). Al mismo tiempo, los estudiantes responden, individualmente o en grupos, en tiempo real y siempre hay un grupo ganador o un estudiante ganador (Hamman *et al.*, 2017). Por otra parte, estas actividades mejoran el desarrollo de habilidades y aptitudes (Shim *et al.*, 2017), como la capacitación de estudiantes en diferentes campos (Boada *et al.*, 2015). Se ha demostrado que este tipo de herramientas mejoran el rendimiento y la capacidad de autoaprendizaje, facilitan la autoevaluación del conocimiento y validan el proceso de enseñanza-aprendizaje (Morris & Maynard, 2010; Schmucker *et al.*, 2014). Sin embargo, algunos autores, como Wang (2015), señalan que es importante evitar el uso excesivo de los juegos como herramienta didáctica para evitar el efecto de desgaste en la motivación.

Otras herramientas educativas que se han hecho muy populares en la Educación Superior son los entornos de aprendizaje basados en la *Web 2.0*, destacando entre ellos los Laboratorios Virtuales (LV) desarrollados para trabajar en línea (Xu *et al.*, 2014). Los LV se enmarcan en lo que se conoce como entornos virtuales de aprendizaje (EVA) que, aprovechando las funcionalidades de las TIC, ofrecen nuevos contextos para la enseñanza y el aprendizaje (Urréjola *et al.*, 2011). Los LV están libres de las restricciones impuestas por el tiempo y el espacio en la enseñanza presencial y son capaces de garantizar una comunicación continua (virtualizada) entre alumnado y profesorado (Lorandi Medina *et al.*, 2011; Vergara *et al.*, 2014b).

La relevancia de las prácticas experimentales de laboratorio en el campo científico-tecnológico es notable, ya que contribuye, a través de la interactividad de los estudiantes, a la adquisición de habilidades profesionales e intelectuales, así como al desarrollo de habilidades personales como la autonomía en la toma de decisiones o el trabajo colaborativo (Lozano-Guerrero & Valenzuela-Valdés, 2015). Por este motivo, durante la última década, muchas universidades (entre ellas, la Universidad Politécnica de Madrid, <https://3dlabs.upm.es>) han estado utilizando el *m-learning* como complemento del aprendizaje tradicional de laboratorio (Kim *et al.*, 2015), y han promovido el uso de LV tanto mediante web móvil como a través de juegos educativos integrados en redes sociales como *Facebook* o *Twitter* (Fiad & Galarza, 2015). Existen varios estudios en el campo científico-tecnológico aplicados a la Educación Superior, que han validado la utilidad didáctica de diferentes LV en prácticas virtuales de laboratorio, tanto en web móvil (Labus *et al.*, 2015; Martínez-Jiménez *et al.*, 2010; Olympiou & Zacharia, 2012; Rybar & Horodnikova, 2013) como integrados en redes sociales (Lerro *et al.*, 2014; Schroeder & Greenbowe, 2009; Tomás *et al.*, 2015).

Los objetivos propuestos en este estudio son:

En primer lugar, crear una aplicación web móvil (<http://www.uco.es/oscivirtual/>), capacitar a los estudiantes de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad de Córdoba en la creación y gestión de dispositivos electrónicos (osciloscopio y fuentes de

alimentación eléctrica) y su aplicación en las prácticas de laboratorio de circuitos, oscilaciones y ondas.

En segundo lugar, implementar y validar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes del Grado en Ingeniería Informática (MECES-2/EQF-6) de la Universidad de Córdoba en la asignatura de *Física* con 6 créditos ECTS, con una duración de 150 horas, 60 presenciales y 90 sesiones no presenciales. En dicha asignatura se desarrollan 24 horas de sesiones prácticas, de las cuales, dos sesiones de dos horas cada una, respectivamente, se dedican al estudio y entrenamiento de instrumentación eléctrica. Para tal fin, se ha combinado la gamificación, a través de la creación e implementación de cuestionarios en la herramienta en línea *Kaboot*, con la práctica virtual de instrumentación eléctrica vía web y la verificación de su efectividad en el desarrollo de la práctica sobre “Laboratorios Experimentales sobre Circuitos de Corriente Alterna”.

La importancia de este estudio reside en una plataforma actualizable que se puede utilizar en todas partes y con todos los dispositivos electrónicos actuales: tabletas, teléfonos móviles, ordenadores de sobremesa y portátiles, etc.

4.2. Descripción experimental. Materiales y métodos

4.2.1. Tecnología e instrumentación virtual implementada

Un osciloscopio es un instrumento de visualización electrónico para la representación gráfica de señales eléctricas que pueden variar en el tiempo. Es muy usado en electrónica de señal, frecuentemente junto a un analizador de espectro. Presenta los valores de las señales eléctricas en forma de coordenadas en una pantalla, en la que normalmente el eje X (horizontal) representa tiempos y el eje Y (vertical) representa tensiones. Debido a su funcionamiento, el osciloscopio es utilizado para medir ondas eléctricas, en empresas de energía eléctrica, plantas nucleares, y centrales hidroeléctricas entre otras.

En electrónica, se usa directamente en la medida de la energía eléctrica y su paso en componentes electrónicos. En las empresas radio difusoras y televisivas es usado para medir las ondas de las señales emitidas. En medicina, su uso es más preciso, como en electrocardiogramas y electroencefalogramas entre otros.

De ahí, la gran importancia que tiene el aprendizaje para su correcta utilización, aunque pueda presentar alguna complejidad en su uso para usuarios noveles. Con el fin de agilizar el aprendizaje del funcionamiento de un osciloscopio junto con los generadores de señales alternas, se ha desarrollado una Web Virtual Interactiva (WVI) de Instrumentación Eléctrica, "oscivirtual (OV)" (<http://www.uco.es/oscivirtual/>), bajo entorno web que permite la implementación de un aprendizaje ubicuo (*u-learning*), utilizando cualquier dispositivo electrónico portátil (*m-learning*), que reproduce fielmente el comportamiento de los dispositivos y que facilita el uso correcto de la instrumentación real en prácticas experimentales de laboratorio por parte del estudiante.

El *software* "oscivirtual" se ha desarrollado mediante el *software ASP.net* con el *plug-in* de *Java*. Para la aplicación web, se ha utilizado la *HTML5* (*HyperText Markup Language, versión 5*), *CSS3* y *Javascript*. El lenguaje *HTML5* es considerado el producto de la combinación de *HTML*, *CSS* y *Javascript*. Estas tecnologías son altamente dependientes y actúan como una sola unidad organizada bajo la especificación de *HTML5*. *HTML* está a cargo de la estructura y *CSS* presenta la estructura y el contenido en la pantalla. *Javascript*, por otra parte (abreviado comúnmente *JS*), es un lenguaje de programación interpretado, dialecto del estándar *ECMAScript*. Se define como orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente (*client-side*), implementado como parte de un navegador *web* permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas webs dinámicas, aunque existe una forma de *JavaScript* del lado del servidor (*Server-side JavaScripto SJS*). Su uso en aplicaciones externas a la web es también significativo.

La plataforma desarrollada es accesible desde cualquier navegador: *Internet Explorer*, *Google*, *Mozilla*, *Safari*, *Opera*..., y bajo cualquier sistema operativo, *Microsoft*, *IOS* o *Android*, por lo que se convierte en un sistema *u-learning* de aprendizaje en línea válido para dispositivos electrónicos portátiles como teléfonos inteligentes, tabletas...

En el diseño e implantación de la web virtual, se ha seguido un esquema de trabajo dual que compatibiliza tanto el entorno didáctico como informático. El entorno informático comprende todo el proceso de implementación del entorno didáctico en un módulo que integre texto, gráficos y programas con una estructura modular. El desarrollo de esta instrumentación virtual ha tenido como objetivo inicial crear una interfaz fácil e intuitiva con un marcado carácter didáctico, y que fuera eficiente, confiable e íntegra. De ahí que todas las pantallas de la aplicación tienen características e interfaces similares, que son lo más intuitivas posible, para minimizar las dificultades de navegación en el programa. Por otra parte, existen pantallas de soporte de ayuda para mostrar el significado de los controles utilizados, y el acceso a cada pantalla es asistido con una explicación.

Las figuras adjuntas muestran el diseño arquitectónico (Figura 4.1) y el diagrama modelo de los objetos que conforman el portal web (Figura 4.2).

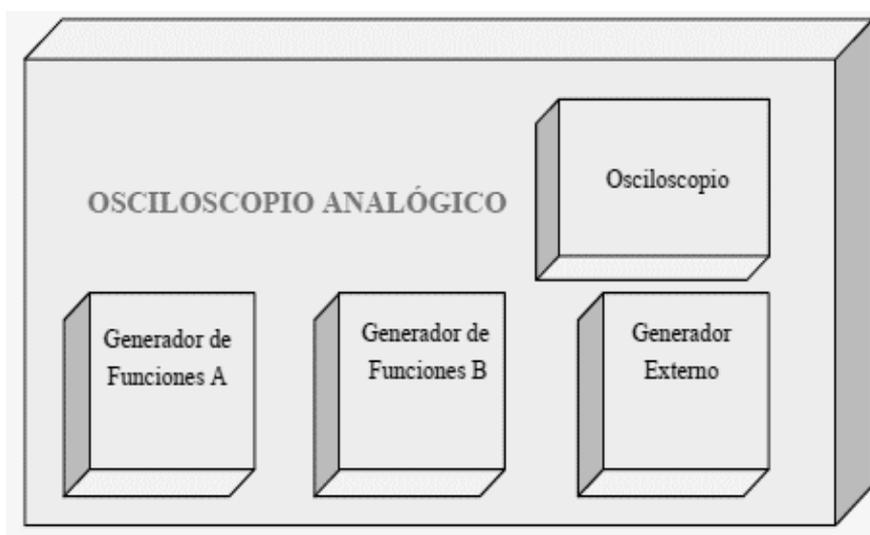


Figura 4.1. Diseño arquitectónico de un osciloscopio analógico

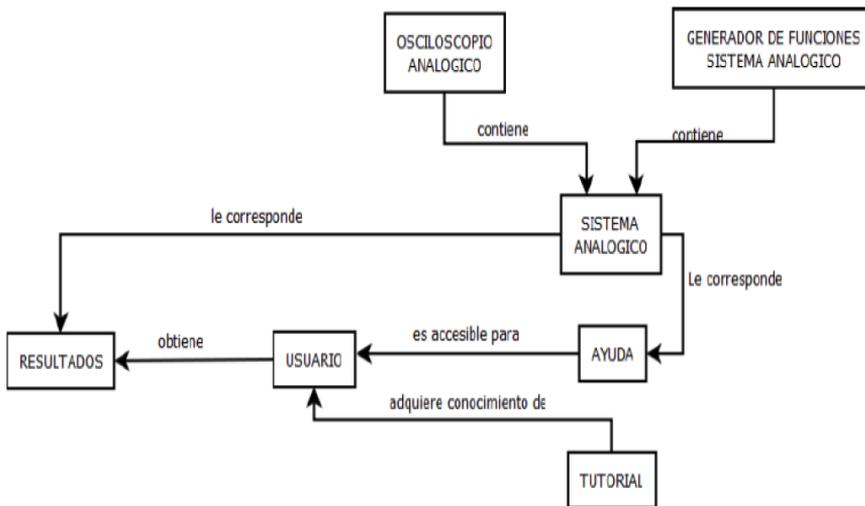


Figura 4.2. Diagrama objeto de los objetos que conforman el portal web

La interfaz de la Web Virtual Interactiva (WVI) de Instrumentación Eléctrica ha sido desarrollada lo más intuitiva posible con el formato clásico para páginas web, de modo que el alumno-usuario se sienta cómodo y le resulte fácil trabajar con ella. El aspecto más destacado del software es la interactividad, que permite a los usuarios decidir en cada momento el curso de su proceso de aprendizaje y poder modificar el experimento.

Debido a que la aplicación ha sido desarrollada dentro del entorno de una página web, para acceder a ella, el usuario solo tendrá que abrir un navegador y teclear la URL <https://www.uco.es/oscivirtual/>.

El programa consta de partes diferentes, pero interconectadas: tutorial, laboratorio virtual, ayuda, guía de programas, etc. Aunque cada parte se puede llevar a cabo de manera independiente, es recomendable seguir ese orden, al menos en el uso inicial de *software*. En la distribución de la pantalla hay diferentes barras de herramientas, ubicadas en ambos lados de la pantalla y en la parte inferior (Figura 4.3).

En las barras de herramientas hay iconos de acceso a las diferentes opciones del Osciloscopio Virtual (osciloscopio analógico, mapa de conexión, impresión del osciloscopio, ayuda del programa, tutorial y guía de actividades prácticas).



Figura 4.3. Pantalla inicial de acceso al Osciloscopio Virtual

Barra de herramientas vertical izquierda

Esta barra de herramientas vertical situada a la izquierda y consta de tres botones:

- Botón de acceso al osciloscopio virtualizado.

Al pulsar sobre este icono aparecen el osciloscopio analógico, los generadores de funciones para el canal A y B y la tabla de datos.

- Generador de funciones A: está situado en la parte superior izquierda de la pantalla. Este generador de funciones va conectado al canal A del osciloscopio analógico.
- Generador de funciones B: está situado en la parte superior derecha de la pantalla. Este generador de funciones va conectado al canal B del osciloscopio analógico.
- Osciloscopio analógico: está situado en la parte inferior derecha. En este aparato se visualizan las señales de los generadores de funciones.
- Tabla de visualización de datos: se encuentra en la esquina inferior izquierda y contiene los datos seleccionados en: osciloscopio, generador A y generador B.

Este es el programa más relevante por sus beneficios educativos. Al usarlo, los estudiantes realizan experimentos virtuales siguiendo una guía de programas de actividades y logran resultados equivalentes a los obtenidos en un laboratorio real.

El estudiante debe trabajar de acuerdo con la siguiente metodología: primero se debe encender el primer generador presionando el botón de encendido/apagado con el botón izquierdo del ratón; luego se debe seleccionar el intervalo de frecuencia y el valor particular de trabajo de la magnitud. Al presionar el botón de voltaje y fase, el usuario puede introducir la salida deseada para el primer generador.

Para ver la señal, el osciloscopio debe estar encendido con el botón izquierdo del ratón y debe seleccionarse el canal A. Tal como se puede realizar en laboratorios

experimentales, cada control debe estar correctamente ajustado para obtener una señal perfectamente medida. Para ver dos señales, se debe trabajar con el segundo generador de la misma manera que con el primero y conectándolo al canal B, ajustando correctamente todos los botones y controles. Las señales dadas por el generador pueden ser cuadradas, triangulares o sinusoidales.

El alumnado puede cuantificar con los voltajes del osciloscopio, los periodos y, en consecuencia, la frecuencia de las señales individuales. Seleccionando el botón "dual" pueden verse simultáneamente ambas señales y medir la diferencia en las fases entre ellas (Figura 4.4). Al pulsar el botón "add", puede obtenerse el resultado de la señal como la suma de las anteriores.



Figura 4.4. Visualización de diferencia en las fases entre dos señales

En lo que respecta a la pedagogía, el hecho de que el alumnado pueda observar la señal de frecuencia modulada es muy interesante, ya que les permite verificar que las oscilaciones lineales con frecuencias similares, pero no necesariamente con la misma forma, generan, al superponerlas, una nueva señal con la misma dirección y frecuencia modulada. Este fenómeno es muy similar al que sucede con las oscilaciones mecánicas, lo que resulta mucho más difícil de ver en un laboratorio real (Figura 4.5). Además, cuando se selecciona el modo X-Y, el usuario puede obtener figuras de Lissajous (Figura 4.6). En consecuencia, el aspecto más relevante de este software es que el estudiante trabaja de la misma manera que en un laboratorio real.



Figura 4.5. Visualización de señal de frecuencia modulada



Figura 4.6. Visualización de figuras de Lissajous

- Botón de acceso al mapa de conexiones.

Dependiendo del osciloscopio que se esté visualizando, aparece o el mapa de conexiones del osciloscopio analógico o el mapa de conexiones del osciloscopio digital. El estudiante puede buscar el mapa de conexión para ver cómo vincular los instrumentos de trabajo cuando trabaja con un laboratorio experimental.

- Botón para imprimir el osciloscopio.

Al pulsar sobre este icono, se imprime por la impresora seleccionada el osciloscopio analógico tal y como se ve en pantalla.

Barra de herramientas vertical derecha

Esta barra de herramientas vertical está situada a la derecha y consta de tres botones:

- Botón de acceso a la ayuda del programa.

Al pulsar sobre este icono, aparece la ayuda del programa.

- Botón de acceso al tutorial sobre osciloscopios.

Al pulsar sobre este icono, aparece un tutorial sobre osciloscopios. Los diferentes conceptos y principios básicos del osciloscopio relacionados con los temas tratados en el OV se explican mediante un tutorial *HTML* ilustrado y animado. Los conocimientos adquiridos por el alumnado en esta sección se utilizarán y, por lo tanto, se reforzarán en la sección del laboratorio virtual.

- Botón de acceso a la memoria práctica.

Al pulsar sobre este icono, aparece la memoria práctica que servirá de guía para practicar con el osciloscopio virtual.

Barra de herramientas inferior

Desde la barra de herramientas inferior se puede acceder a la Plataforma *Moodle*, a la página web de la Universidad de Córdoba, a la del departamento de Física Aplicada y a la de los Laboratorios Virtuales en Ciencia y Tecnología.

4.2.2. Diseño de cuestionarios de *Kahoot*

Con el fin de evaluar el conocimiento de los estudiantes y mejorar su interés en la materia, se les propuso en esta experiencia educativa un juego utilizando *Kaboot*, antes y después de las diferentes sesiones teórico-prácticas de la materia. La gamificación tuvo como objetivo crear una implicación activa en clase en un ambiente distendido, en el que todos se sintieran cómodos participando.

Kaboot es una herramienta dinámica, de fácil usabilidad, gratuita y de acceso libre que permite a los docentes evaluar los aprendizajes del alumnado de una manera rápida, interactiva y amena (Dellos, 2015; Fuentes *et al.*, 2016; Pintor Holguín *et al.*, 2014). Además, uno de los aspectos a destacar de *Kaboot* es que todos los resultados de las pruebas que se realizan quedan registrados y listos para descargar en una hoja de cálculo, lo cual permite hacer un seguimiento continuo de todas las pruebas de evaluación realizadas (Johns, 2015; Martín *et al.*, 2017).

En particular el cuestionario *online* o *popquiz* que se desarrolló específicamente para la práctica de instrumentación virtual (Figura 4.7) fue accesible desde dispositivos móviles con acceso a *Internet* mediante PIN proporcionado al alumnado-usuario. Constó de 12

preguntas con respuesta cerrada y cuatro opciones para elegir. La tasa media de respuesta fue de 60 segundos por pregunta.

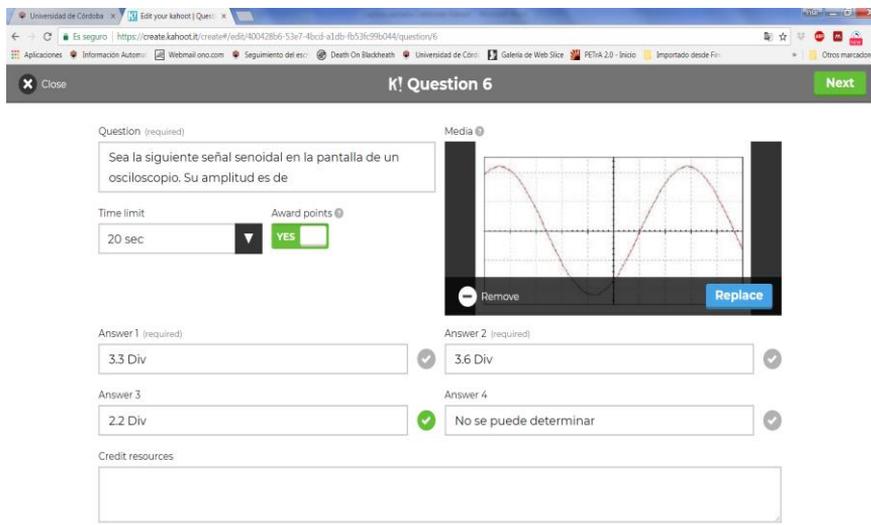


Figura 4.7. Pregunta n°6 del cuestionario popquiz diseñado

La prueba les permitió a los estudiantes medirse contra otros compañeros de clase al recibir una serie de puntos por respuesta correcta y rapidez en la respuesta. De esta manera, el juego dio 1000 puntos por la respuesta correcta en el primer segundo y, a partir de ahí, se fueron restando hasta los 500 puntos (Figura 4.8).

Osciloscopio					
Puntuaciones obtenidas					
Ranking	Jugador	Puntuación total	Respuestas correctas	Respuestas incorrectas	
1	A1	8651	9	3	
2	A2	7079	8	3	
3	A3	6282	8	4	
4	A4	6059	7	4	
5	A5	5701	7	5	
6	A6	5681	7	3	
7	A7	5494	6	6	
8	A8	5466	6	6	
9	A9	4965	6	6	
10	A10	4701	6	5	
11	A11	4652	6	6	
12	A12	4347	6	5	

Figura 4.8. Ejemplo de resultados ordenados por ranking de puntuación

4.2.3. Metodología aplicada a la experiencia de investigación docente

Diseño y procedimiento de evaluación de la experiencia

Para realizar una evaluación cuantitativa del segundo objetivo principal de este capítulo, centrado en contrastar los resultados del desempeño cuando se trabaja con Laboratorio Real y Laboratorio Virtual (LR+LV), y cuando solo se realiza con Laboratorio Real (LR), los interrogantes que relacionan los objetivos de esta investigación se han dividido en cuatro interrogantes o cuestiones. Estos han estado relacionados con el aprendizaje de conceptos y procedimientos, llevados a cabo por los estudiantes al realizar trabajos de laboratorio eléctrico, con o sin la ayuda, de la WVI de Instrumentación Eléctrica que se ha implementado.

Los interrogantes propuestos que servirán para verificar el cumplimiento de objetivos específicos de esta investigación han sido:

- (1) ¿Puede el uso de juegos mediante *Kaboot* antes de las actividades prácticas mejorar la motivación de los estudiantes y ser útil para preparar dichas actividades?
- (2) ¿La introducción de una sesión práctica mediante el laboratorio virtual (OV) facilita la comprensión y operatividad de las siguientes prácticas desarrolladas en laboratorios experimentales reales?
- (3) ¿La combinación de gamificación y web virtual interactiva beneficia el proceso de aprendizaje y mejora los resultados parciales y generales de la asignatura?
- (4) ¿Están los estudiantes satisfechos con el uso combinado de juegos y plataformas de aprendizaje en línea?

Para lograr los objetivos específicos establecidos, la experiencia metodológica propuesta se utilizó con estudiantes de primer curso de Grado de Ingeniería en Informática de la Universidad de Córdoba. La *Figura 4.9* muestra un algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre circuitos de corriente alterna.

En la primera etapa de la investigación, se tomaron los datos de dos grupos de estudiantes que siguieron un método de enseñanza tradicional (grupos de control GC1 y GC2). Dicho método tradicional se basó en clases magistrales teóricas y experimentación práctica de circuitos de corriente alterna en laboratorios reales.

Para llevar a cabo el estudio realizado con los grupos de control (GC1 y GC2), se prepararon varios experimentos de laboratorio con la ayuda de una guía de prácticas P2, que proporcionaron a los estudiantes de estos grupos información teórica previa a través de la plataforma *Moodle*. Las prácticas experimentales que se realizaron fueron: el estudio de tensión, intensidad, falta de coordinación y caracterización de componentes de circuitos eléctricos RC (resistivo-capacitivo), RL (resistivo-inductivo), LC (inductivo-capacitivo) y RLC (resistivo-inductivo-capacitivo) de corriente alterna.

En la segunda etapa de la investigación, se tomaron datos de otros dos grupos de alumnado, denominados grupos experimentales (GE1 y GE2), a los que se les impartió el mismo contenido teórico-práctico utilizando la WVI de Instrumentación Eléctrica y

complimentaron el cuestionario de *Kahoot*. Dicha metodología alternativa se basó en la utilización de dichas herramientas complementarias, con la ayuda de la guía de prácticas P1, previas a la experimentación práctica de circuitos de corriente alterna en el laboratorio real. Los contenidos educativos con respecto a los conceptos y procedimientos del proceso de experimentación del laboratorio real fueron los mismos que se llevaron a cabo en los grupos de control, utilizando como ayuda la guía de prácticas P2. El alumnado de los grupos experimentales (GE1 y GE2) trabajó en grupos pequeños durante varias sesiones, primero con el laboratorio virtual (OV) y luego cuando visitaron el laboratorio real.

Al finalizar este proceso en ambas etapas, los estudiantes de los grupos control (GC1 y GC2) y experimental (GE1 y GE2), entregaron un informe escrito en el que mostraron y analizaron los resultados obtenidos, emitiendo unas conclusiones y respondiendo a diversas preguntas relacionadas con la interpretación de los experimentos realizados en el laboratorio. Finalmente, realizaron una prueba de evaluación basada en un cuestionario escrito, en el que se plantearon varias preguntas relacionadas con el aprendizaje de los conceptos y procedimientos anteriores.

El tiempo dedicado al experimento fue similar en ambas etapas, ya que los estudiantes de los grupos experimentales (GE1 y GE2) sustituyeron el estudio teórico de la primera sesión de trabajo con la WVI de Instrumentación Eléctrica en la que pudieron analizar la información disponible en su módulo tutorial. El alumnado de estos grupos experimentales pudo utilizar dicha web virtual interactiva las veces que lo estimó conveniente y de forma ubicua.

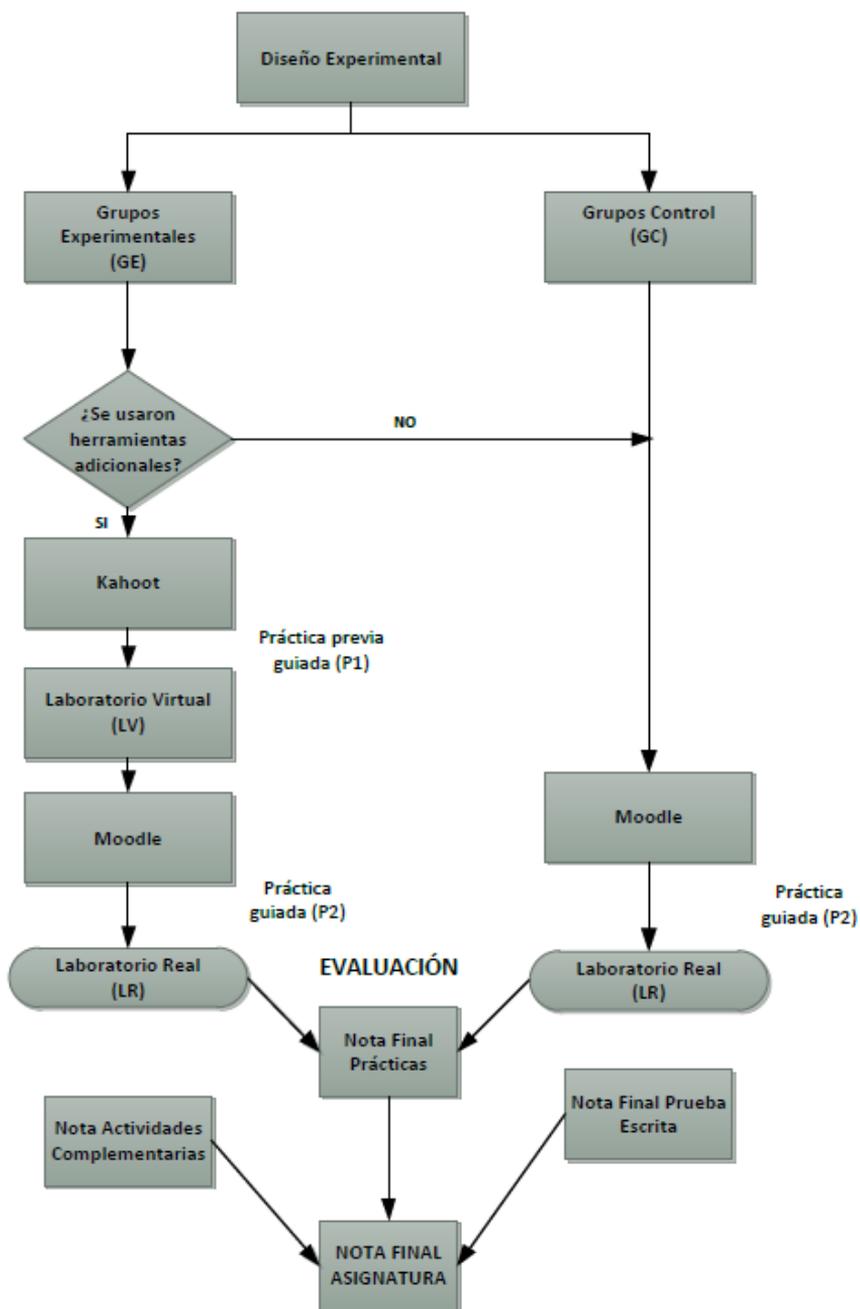


Figura 4.9. Algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre circuitos de corriente alterna

Diseño del estudio y la muestra seleccionada

Este estudio experimental de enseñanza, principalmente de estudiantes universitarios de sexo masculino, con edades entre 18 y 19 años, se llevó a cabo desde septiembre a enero de 2017 a 2018.

La muestra estuvo compuesta por 196 sujetos, que aceptaron participar en el estudio de forma voluntaria. Los participantes que conformaron la muestra para el estudio se dividieron en cuatro grupos diferentes: dos grupos de control, CG1 (n=50) y CG2 (n=54) (total N=104), y dos grupos experimentales, GE1 (n=44) y GE2 (n=48) (total N=92).

Las variables independientes del estudio fueron: edad, estudios previos de procedencia, sexo, la nota final de la asignatura, el resultado de la gamificación mediante *Kaboot* y el resultado del test de evaluación del osciloscopio. Los resultados de la evaluación se obtuvieron mediante un cuestionario práctico a través de la plataforma telemática *Moodle*. Cada cuestionario se generó de un repositorio de preguntas, con una puntuación final de 0 a 10.

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico *SPSS versión 22*. En primer lugar, se realizó un estudio descriptivo de análisis cuantitativo obteniendo la media, la desviación estándar, el error estándar y el coeficiente de variación de cada variable independiente. A continuación, se establecieron las notas finales de la asignatura, los resultados de la gamificación y los resultados del test de osciloscopio real y se compararon para el grupo experimental (GE) y el grupo de control (GC). Las pruebas de hipótesis utilizadas fueron: la prueba de ANOVA, prueba de correlación, *Chi-cuadrado*, regresión logística y lineal. Además, las pruebas de *Shapiro-Wilkins* y *Kormogove* se llevaron a cabo para analizar la normalidad de los datos.

4.3. Resultados y discusión

En una primera etapa, se ha llevado a cabo un estudio descriptivo frecuencial relacionado con el tipo de procedencia del alumnado, donde se han obtenido los siguientes resultados porcentuales: el 73,73% del alumnado procedía desde un Bachillerato de Ciencias y Tecnología, el 19,09% del alumnado procedía desde Ciclos Formativos de FP de Grado Superior de la Familia Profesional de Informática y el restante 7,27% procedía desde un Bachillerato de Ciencias Sociales o Bachillerato de Ciencias de la Salud. Además, se ha realizado un estudio descriptivo frecuencial de la distribución de género, cuyos resultados han sido: Hombre=86,55% y Mujer=13,45%. La edad promedio y el tipo de procedencia para el ingreso a la Universidad de ambas muestras no han mostrado diferencias estadísticamente significativas en las variables iniciales, (Shapiro-Wilkins $p > 0,05$), por lo que se puede suponer que sus conocimientos previos y habilidades de aprendizaje fueron similares.

A continuación, se ha realizado un estudio descriptivo de la media, desviación estándar e intervalo de confianza de las variables propuestas para estudio: nota final de la asignatura, nota final de prácticas y nota de la prueba escrita. Tal como se muestra en la *Tabla 4.1*, el alumnado perteneciente a los grupos de control (GC) ha obtenido una media aritmética más baja tanto en la calificación final de la asignatura, como en la puntuación de la prueba escrita y en la calificación final de prácticas, en comparación con los resultados obtenidos para el alumnado de los grupos experimentales (GE). En concreto, se infiere como las calificaciones obtenidas en la nota final de prácticas por el alumnado de los grupos control (GC) tienen una media más baja y una desviación típica más alta comparados con los resultados obtenidos por el alumnado de los grupos experimentales (GE).

Tabla 4.1. Resultados del estudio descriptivo de las variables: nota final de la asignatura, nota de prueba escrita y nota final de prácticas

	Grupos Control (GC)			Grupos Experimentales (GE)		
	\bar{x}	σ	IC	\bar{x}	σ	IC
Nota final de la asignatura	5,13	2,27	4,68-5,58	6,87	2,46	6,12-7,53
Nota de prueba escrita	4,47	2,30	4,09-4,92	6,09	2,36	5,60-6,58
Nota final de prácticas	6,28	1,98	5,90-6,67	7,26	1,34	6,98-7,53
\bar{x} : media aritmética σ : desviación típica IC: Intervalo de confianza						

Por otro lado, la *Figura 4.10* muestra los resultados de un estudio comparativo frecuencial entre las notas finales de la asignatura obtenidas por el alumnado agrupado en los Grupos Control (GC) y el alumnado agrupado en los Grupos Experimentales (GE). Se muestra una tendencia en la disminución porcentual del alumnado “no presentado” o

“suspense” hacia categorías de notas superiores, mejorando el porcentaje de alumnado “aprobado”, “notable”, “sobresaliente” y “matrícula de honor” en los Grupos Experimentales (GE) donde se ha llevado a cabo la experiencia conjunta de gamificación y uso de la Web Virtual Interactiva del Osciloscopio Virtual.

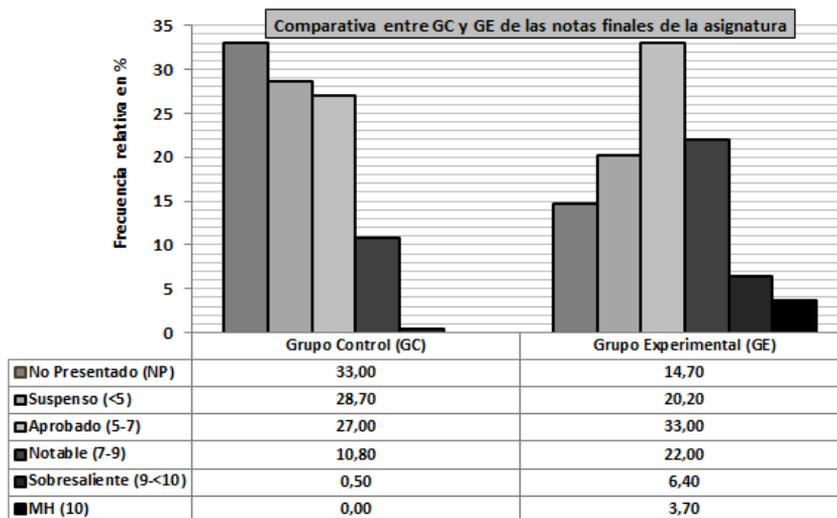


Figura 4.10. Estudio descriptivo comparativo frecuencial de las notas finales de la asignatura entre alumnado de Grupo Control (GC) y Grupo Experimental (GE)

Del mismo modo, la *Figura 4.11* muestra los resultados de un estudio comparativo frecuencial entre las notas finales de prácticas y las notas de la prueba escrita, obtenidas por el alumnado agrupado en los Grupos Control (GC) y el alumnado agrupado en los Grupos Experimentales (GE). En el diagrama de tallo y hojas representado en dicha *Figura 4.11*, se observa una tendencia en la disminución porcentual del alumnado con calificaciones menores de 5 hacia categorías de notas superiores, mejorando el porcentaje de alumnado con notas entre 6-9 en los Grupos Experimentales (GE) donde se ha llevado a cabo la experiencia conjunta de gamificación y uso de la WVI de Instrumentación Eléctrica.

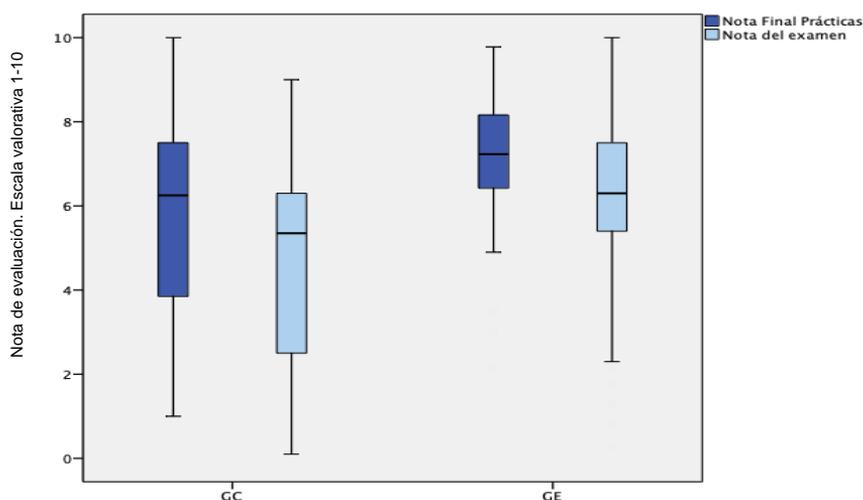


Figura 4.11. Diagrama de tallo y hojas de las notas finales de prácticas y las notas de la prueba escrita entre alumnado de Grupo Control (GC) y Grupo Experimental (GE)

Para analizar estadísticamente, si la utilización conjunta de la gamificación y de la WVI de Instrumentación Eléctrica ha tenido algún impacto sobre los resultados de la evaluación final del alumnado, de la evaluación de la prueba escrita y de la evaluación final de las prácticas, se ha llevado a cabo la prueba paramétrica ANOVA. La correlación entre las notas finales de la asignatura y el uso de gamificación combinado con la WVI de Instrumentación Eléctrica que ha sido muy significativa (ANOVA=114,94, Valor de $p < 0,001$). De forma análoga, se ha obtenido una correlación entre las calificaciones finales de prácticas y el uso de gamificación combinado con la WVI de Instrumentación Eléctrica ha sido muy significativa (ANOVA=95,66, Valor de $p < 0,001$). Por tanto, se infiere diferencias entre los grupos control (GC) y los grupos experimentales (GE) con una significancia estadística superior al 99,99%. Se corrobora que el uso combinado de gamificación y la WVI mejora la comprensión y experiencia de aprendizaje. El análisis de los resultados obtenidos está en consonancia con los de estudios previos, en los que se pone de manifiesto que el uso de LV mejora el desarrollo de habilidades y destrezas prácticas, así como el conocimiento de las técnicas durante largos periodos de tiempo (Norin *et al.*, 2018; Phua *et al.*, 2017; Redel-Macías *et al.*, 2016).

Por otro lado, en la *Tabla 4.2* se muestran los resultados del análisis de correlación entre el alumnado de los Grupos Experimentales (GE) que han utilizado de forma conjunta la gamificación mediante *Kaboot* y la WVI de Instrumentación Eléctrica, la calificación final de la asignatura, calificación de la prueba escrita y de la calificación final de las prácticas. Se ha establecido la relación entre la variable calificación final de la asignatura con la inclusión de la gamificación mediante *Kaboot* y la Web Virtual Interactiva y se ha comprobado la correlación positiva entre pertenecer a los Grupos Experimentales (GE) y las variables de calificación final de la asignatura, calificación de la prueba escrita y de la calificación final de las prácticas.

Mediante la prueba estadística de independencia Chi-cuadrado se ha demostrado que las variables establecidas son dependientes, especialmente existe correlación entre los siguientes pares de variables: entre la calificación final de la asignatura y la calificación final de las prácticas y entre la calificación final de la asignatura y la calificación de la prueba escrita.

Tabla 4.2. Análisis de correlación de Pearson entre Grupo Experimental, nota final de la asignatura, nota de prueba escrita y nota final de prácticas

Correlación (Valor de p)			
	GE	Nota final de la asignatura	Nota de prueba escrita
Nota final de la asignatura	0,323 (p<0,001)***		
Nota de prueba escrita	0,300 (p<0,001)***	0,903 (p<0,001)***	
Nota final de prácticas	0,328 (p<0,001)***	0,531 (p<0,001)***	0,585 (p<0,001)***
Grado de significancia estadística: *Significancia de p<0,05 **Significancia de p<0,01 ***Significancia de p<0,001			

Además, se ha realizado un estudio de correlación cualitativo para ver la diferencia entre los subgrupos (GC1, GC2, GE1 y GE2) con respecto a la variable de calificación final de la asignatura, mediante la prueba Chi-cuadrado. Los resultados de dicho estudio de correlación (Chi-cuadrado=70,35 y valor de $p < 0,001$), muestran la existencia de diferencias estadísticamente muy significativas entre los subgrupos experimentales (GE1 y GE2) y los subgrupos de control (GC1 y GC2). Por lo tanto, tras el resultado obtenido, se infiere que la inclusión de la gamificación mediante *Kaboot* y el uso de la WVI de Instrumentación Eléctrica, mejora las calificaciones finales de la asignatura.

La *Figura 4.12* muestra los resultados de un estudio comparativo frecuencial entre las calificaciones finales de la asignatura obtenidas por el alumnado agrupado en los grupos de los cursos 2015-16 (GC), 2016-17 (GC), 2017-18 (GC) y 2017-18 (GE). Del análisis de dicha tabla se infiere una tendencia en la disminución porcentual del alumnado “no presentado” o “suspenseo” hacia categorías de notas superiores, mejorando el porcentaje de alumnado “aprobado”, “notable”, “sobresaliente” y “matrícula de honor” en los Grupos Experimentales (GE) del curso 2017-18.

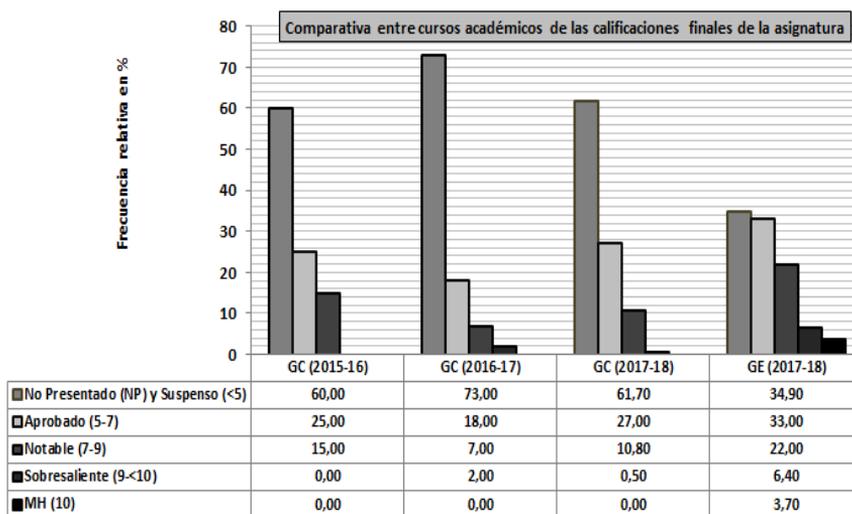


Figura 4.12. Estudio descriptivo comparativo frecuencial de las notas finales de la asignatura entre alumnado de los cursos 2015-16, 2016-17 y 2017-18

Finalmente, se ha llevado a cabo un análisis comparativo, mediante la prueba paramétrica ANOVA ($F=22,0$ y valor de $p<0,001$), sobre la calificación final de la asignatura obtenida en los grupos de alumnado de los cursos 2015-16 (GC), 2016-17 (GC), 2017-18 (GC) y 2017-18 (GE). La correlación entre las calificaciones de la evaluación final y el uso combinado de gamificación mediante *Kaboot* y el uso de la WVI de Instrumentación Eléctrica de ha sido muy significativo (valor de $p<0,001$). Se infiere que la inclusión de la gamificación y el uso de la Web Virtual Interactiva mejora las calificaciones finales de la asignatura.

4.4. Conclusiones

En este estudio se probó una aplicación web móvil interactiva (<http://www.uco.es/oscivirtual/>) para capacitar, a estudiantes de Grado de Ingeniería Eléctrica e Informática (MECES-2/EQF-6) en la asignatura de Física, en el uso del osciloscopio y las fuentes de alimentación eléctrica y sus aplicaciones.

La aplicación está alojada en una plataforma actualizable que se puede utilizar en cualquier lugar y sitio, permitiendo la implementación de un aprendizaje ubicuo (*u-learning*), utilizando cualquier dispositivo electrónico portátil (*m-learning*)

Además, se desarrolló e implementó un cuestionario sobre la herramienta en línea *Kahoot* en la asignatura de Física para el Grado en Ingeniería Informática. Se estudió y validó el efecto de la combinación de la aplicación web móvil interactiva (osciloscopio virtual) en un entorno de aprendizaje virtual con gamificación, complementarios a la metodología tradicional de actividades prácticas llevadas a cabo en el laboratorio real.

Los grupos experimentales (GE), donde la capacitación del osciloscopio virtual (OV) mediante el uso de la WVI de Instrumentación Eléctrica se combinó con la gamificación en línea de *Kahoot*, mostraron calificaciones más altas, tanto en la nota final de prácticas como en la nota final de la asignatura, que en los grupos de control (GC), que no recibieron aprendizaje virtual o gamificación, con una significación estadística. Además, se ha demostrado la correlación directa lineal entre las calificaciones finales de prácticas, calificaciones finales de prueba escrita y las calificaciones finales de la asignatura. Esto nos permite afirmar, que la implementación de un entorno de aprendizaje ubicuo combinado con la gamificación puede mejorar el proceso de aprendizaje global en enseñanzas de Educación Superior.

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL BIODIÉSEL UTILIZANDO LABORATORIOS VIRTUALES QUE SE INTEGRAN EN REDES SOCIALES Y APLICACIONES WEB MEDIANTE APRENDIZAJE U-LEARNING (MECES-3)

Este capítulo se centra en el aprendizaje *b-learning* de la caracterización de biodiésel, a través de tres LV, implementados en una plataforma virtual interactiva. Además, los mismos contenidos de la plataforma han sido desarrollados como aplicación web e integrados en un grupo de *Facebook*, denominado *BiomasaGen*, al que se puede acceder de forma directa, automática y ubicua (*u-learning*). Posteriormente, se ha evaluado utilizando el método CIPP, tanto los LV como la aplicación web desarrollada. Por último, se ha evaluado la utilidad didáctica de la combinación de LV integrados en la red social *Facebook* para alumnado de Máster Universitario (MECES-3/EQF-7).



5.1. Introducción

En la actualidad, el sistema de enseñanzas de Educación Superior se caracteriza por la inclusión de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Klimova *et al.*, 2016; Torres *et al.*, 2016; Vidacek-Hains *et al.*, 2016). Este hecho ha llevado a la consolidación de nuevas vías de investigación aplicadas al desarrollo tecnológico, dando como resultado la creación de una amplia variedad de herramientas didácticas interactivas accesibles desde diferentes dispositivos electrónicos: ordenador, teléfono móvil, tableta... (Castillo-Manzano *et al.*, 2017; Martínez-Jiménez *et al.*, 2010; Olufadi, 2015). Las aplicaciones y herramientas tecnológicas desarrolladas se han incorporado a diferentes actividades educativas, entre las que destacan las prácticas experimentales de laboratorio (Cambronero-López *et al.*, 2017) y cuyos objetivos se basan en elevar el rendimiento del proceso educativo (Ramírez-Romero & Rivera-Rodríguez, 2017) y la capacidad de autoaprendizaje del estudiante (Roy *et al.*, 2015). En este sentido, también nos facilitan la autoevaluación de conocimientos del alumnado (Hulsman & van der Vloodt, 2015) y sirven para evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el que está inmerso el binomio profesor-alumno (Sapia *et al.*, 2016).

Dentro de estas aplicaciones, y en consonancia con lo expuesto en el Capítulo 1 de la presente tesis, caben destacar los Laboratorios Virtuales (LV), los cuales pueden ser integrados en Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) o en Plataformas Virtuales Interactivas *b-learning* (PVI) (Olympiou & Zacharia, 2012). El *b-learning* es un modelo mixto de aprendizaje que apoya la formación presencial en aulas virtuales (Olelewe & Agomuo, 2016) y que se caracteriza por la flexibilidad e interactividad que aportan los recursos TIC. Dichos recursos didácticos facilitan el aprendizaje colaborativo, al ser complementados con herramientas comunicativas-interactivas como *chat*, correo-e, foros de discusión, sistemas de mensajería instantánea y *weblogs* (Venville *et al.*, 2017).

En dicho Capítulo 1, se ha realizado una revisión sobre LV diseñados e implementados en diferentes campos científico-tecnológicos, incluyendo el campo de la Ingeniería, así como numerosas investigaciones evaluativas en el ámbito científico-tecnológico que han sometido a validación la utilidad y efectividad de diversos LV aplicados a enseñanzas de Educación Superior. Estos laboratorios virtuales promueven la adquisición de habilidades y destrezas prácticas cuando no es posible el acceso a laboratorios experimentales por diferentes limitaciones o al utilizarlos como herramientas didácticas de apoyo a los laboratorios experimentales de enseñanzas de Ciclos Formativos de Grado Superior, Grado y Máster Universitarios.

Por otra parte, en un trabajo de investigación previo, se desarrolló un LV centrado en la producción de biodiésel, al que se puede acceder a través de una página web (Redel-Macías *et al.*, 2016). Esta aplicación web fue probada con alumnado del Máster Universitario de “Energías Renovables Distribuidas” (MECES-3/EQF-7) de la Universidad de Córdoba (UCO), logrando muy buenos resultados. Sin embargo, la aplicación fue desarrollada mediante el programa de edición multimedia *Flash Player*, que tiene soporte para un lenguaje de programación interpretado conocido como *ActionScript*, y que solo permite utilizarlo como aplicación web alojada en ordenadores personales (con sistemas

operativos *Windows* o *MacOSX*). Además, se espera que *Adobe Flash Player* desaparezca en 2020, siendo reemplazado por lenguajes de programación como *HTML5*.

Por otra parte, en la sociedad actual, la utilización creciente de las redes sociales (social networks: SNSs), tales como *Facebook*, *Twitter*, *Instagram* o *WhatsApp*, se ha convertido en una realidad indiscutible. Estas redes se han transformado en la forma más común de interacción sociocultural que poseen los jóvenes, (Watson *et al.*, 2015). Los medios audiovisuales, tales como vídeos y fotos, tienen un impacto mayor que los mensajes de texto en los usuarios y por ello son muy utilizados como medio de propagación de ideas en las redes sociales (Ghali *et al.*, 2016; Pittman & Reich, 2016). Además, los jóvenes son los usuarios más adictos, accediendo a las mismas diariamente e incluso muchos de ellos con mayor frecuencia (Rodgers & Chabrol, 2009). Debido a esta adicción al uso de las SNSs, las redes sociales tienen una gran influencia en ellos modificando en numerosas ocasiones sus hábitos y formas de vida (Hayes *et al.*, 2015).

En base a esta influencia, numerosos autores han propuesto metodologías educativas basadas en el *b-learning* y *ubiquitous learning (u-learning)*, en las que se incluyan las redes sociales en el proceso educativo (de Kraker *et al.*, 2013; Dlouhá *et al.*, 2013; Lorenzo-Romero & Buendía-Navarro, 2016), destacando la importancia que pueden adquirir en el proceso de enseñanza debido a la fluidez de la comunicación entre alumnado y profesorado (Celik *et al.*, 2015). El *u-learning* suele estar asociado al aprendizaje móvil (*m-learning*) permitiendo el acceso a las plataformas independientemente del momento y el lugar. La fácil accesibilidad a contenidos educativos desde dispositivos ubicuos (teléfonos móviles inteligentes, tabletas, tarjetas inteligentes sin contacto...) nos permite el acceso a cualquier aprendizaje de actividades integradas en la vida cotidiana, en cualquier lugar y en cualquier momento.

Por otra parte, las redes sociales nos permiten la comunicación, con expertos en materias concretas o alumnado de otros centros, aumentando el sentimiento de comunidad educativa (Arteaga Sánchez *et al.*, 2014; Cincera *et al.*, 2018; Van Waes *et al.*, 2016). Existen trabajos previos que incluyeron el uso de redes sociales como herramientas de aprendizaje para temáticas del entorno de la medicina o la química (Ainin *et al.*, 2015; Al-Rahmi *et al.*, 2018a). Además, el alumnado puede investigar en las redes sociales y encontrar los recursos necesarios para completar las tareas diarias de una manera más eficiente y autodidacta, ya que estas redes pueden incorporar herramientas multimedia tales como vídeos, enlaces a web, tutoriales y animaciones (Konstantinidis *et al.*, 2013). Permiten crear grupos privados para cada clase o cada asignatura, lo que facilita que el alumnado resuelva sus dudas a través de las redes y permite que el profesorado conozca un poco más las inquietudes de su alumnado y saber el modo de actuación en caso de que exista cualquier problema o necesidad. Sin embargo, cabe destacar que, para que el uso de las redes sociales sea una herramienta didáctica eficaz en el aula, tienen que tener cierto grado de control y responsabilidad tanto por parte del alumnado como del profesorado.

Sin duda, las redes sociales son una magnífica oportunidad para el aprendizaje, la educación y el desarrollo profesional del alumnado, así como un lugar para el intercambio de experiencias. Como resultado, el uso conjunto de redes sociales y plataformas virtuales de aprendizaje hace más efectivo el proceso de enseñanza-aprendizaje (So, 2016). En este

sentido, pocos estudios han estudiado la influencia de la integración de LV integrados en redes sociales como metodología de aprendizaje *u-learning*. Además, en el campo de la biomasa, solo nuestro trabajo previo (Redel-Macías *et al.*, 2016), desarrolla e implementa un LV con el propósito de la mejora en el proceso de aprendizaje de alumnado de Máster Universitario.

Por las razones expuestas anteriormente, el objetivo principal de este capítulo ha sido desarrollar, implementar, verificar y validar tres Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel, denominados: “Determinación del Poder Calorífico de biocombustibles mediante calorímetro automático”, “Determinación de la densidad de biocombustibles mediante areómetro” y “Determinación de la viscosidad cinemática de biocombustibles mediante viscosímetro Cannon-Fenske”. Todos ellos están integrados dentro de una plataforma virtual interactiva (PVI), en la que el doctorando ha participado en su diseño e implementación, enfocada al estudio del biodiésel y que puede accederse a través del siguiente enlace web:

<http://www.uco.es/docencia/grupos/laboratoriovirtualceia3/es/laboratorios-virtuales>

Adicionalmente, también se han analizado las implicaciones que ha tenido el desarrollo de la versión para dispositivos móviles de estos laboratorios virtuales. Por ello, además del objetivo anteriormente establecido, se ha propuesto, como objetivo secundario, valorar la influencia del uso de una red social que integra la posibilidad de utilización de estos tres laboratorios virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, para mejorar la accesibilidad y difusión de la información, se ha creado un grupo de *Facebook*, denominado *BiomasaGen* (<https://www.facebook.com/BiomasaGen-602859903242579/>), complementario a la Plataforma Biodiésel, y a la que se puede acceder directamente, aunque también se puede utilizar autónomamente y de forma ubicua. En nuestro trabajo previo, (Redel-Macías *et al.*, 2016), no fueron considerados ni la inclusión de redes sociales como plataforma de aprendizaje donde se integren LV, ni el desarrollo y uso de aplicaciones para web móvil. Por ello, para paliar las limitaciones que generaba la incompatibilidad en la utilización de *Adobe Flash Player* para ejecutar los LV a través del móvil, se ha mejorado la plataforma virtual interactiva permitiendo el uso de *m-learning* y *u-learning*.

Se debe reseñar que no existen estudios previos publicados sobre evaluación de LV de Caracterización de Biodiésel integrados en redes sociales. Por ello, para la evaluación de los LVCB integrados en el grupo de *Facebook*, desde su diseño de hasta su implementación, se ha utilizado el Método CIPP (Stufflebeam & Zhang, 2017), que se centra en el contexto, entrada, proceso y producto final. Dicha metodología de evaluativa incluye la validación de expertos, estudiantes y profesorado junto a la verificación del grado de satisfacción y efectividad de las herramientas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El análisis del grado de satisfacción, que incluye el uso del software y la red social que los sustenta, además de su influencia en el proceso de enseñanza aprendizaje, se ha llevado a cabo con el alumnado del Máster de Energías Renovables Distribuidas (MECES-3/EQF-7) de la Universidad de Córdoba (UCO), en la asignatura, *Biomasa para la generación de energía*.

Para lograr alcanzar los objetivos propuestos, el presente estudio se ha dividido en cuatro fases: desarrollo de tres Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel, diseño del grupo de *Facebook BiomasaGen*, evaluación de los LV como herramientas didácticas complementarias mediante el método CIPP y, por último, valoración de la combinación de ambos recursos didácticos, grupo de *Facebook* y LV, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de alumnado de Máster.

5.2. Descripción experimental. Materiales y métodos

5.2.1. Desarrollo e implementación de laboratorios virtuales de caracterización de biodiésel

Se han implementado tres laboratorios virtuales (LVCB) (Figura 5.1 y Figura 5.2) que reproducen fielmente la caracterización de biodiésel en el laboratorio real mediante métodos fisicoquímicos. Tales LVCB se denominan respectivamente “Determinación del poder calorífico de biocombustibles mediante calorímetro automático”, “Determinación de la densidad de biocombustibles mediante areómetro” y “Determinación de la viscosidad cinemática de biocombustibles mediante viscosímetro *Cannon-Fenske*”.



Figura 5.1. Zona de acceso a laboratorios virtuales

Dichos LVCB forman parte de una plataforma web general denominada “*Biorrefinerías Virtuales*”, desarrollada por nuestro equipo de trabajo de la Universidad de Córdoba (Redel-Macías *et al.*, 2016) en colaboración con las Universidades de Huelva, Cádiz, Birmingham (Reino Unido), Manchester (Reino Unido) y Atenas (Grecia).

A dicha plataforma web se accede a través de la siguiente dirección web: <http://www.uco.es/docencia/grupos/laboratoriovirtualceia3/es/> (Figura 5.3). Se ha implementado utilizando el sistema de gestión de base de datos relacional de código abierto *MySQL* y un servidor *HTTP Apache*. El diseño de animaciones y simulaciones se realizó principalmente en lenguaje de programación *ActionScript* en un entorno *Adobe Flash 8*, para brindar una mejor definición a los gráficos 3D.



Figura 5.2. Pantalla de selección de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel



Figura 5.3. Zona de acceso a laboratorios virtuales

Los biocombustibles figuran entre los productos más importantes obtenidos en una biorrefinería, ya que pueden utilizarse en motores Otto (bioetanol) o en motores diésel (biodiésel). El control de calidad de estos productos es imprescindible para facilitar la aceptación de los biocombustibles tanto por los clientes como por los fabricantes de vehículos (Pinzi *et al.*, 2009). Dicho control de calidad se realiza a través del análisis sus

propiedades fisicoquímicas más características, como son el poder calorífico, la densidad y la viscosidad cinemática.

- Determinación del Poder Calorífico de biocombustibles mediante calorímetro automático C200 IKA

Mediante esta práctica se pretende determinar el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico inferior (PCI) de cualquier combustible líquido y, posteriormente se realiza análisis de los resultados comparándolos con los tabulados en normas nacionales e internacionales. Estos parámetros indican la energía liberada cuando un combustible experimenta una combustión completa, incluyendo en el cálculo del PCS el calor de vaporización del agua; mientras que en el cálculo del PCI no se tiene en cuenta la parte correspondiente al calor latente de condensación del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase, sino que se expulsa en forma de vapor. Como ejemplo de sus implicaciones prácticas, con el biodiésel se obtiene un valor más bajo de poder calorífico en comparación con el del diésel, por lo que se necesita aumentar el consumo de combustible para proporcionar la misma potencia del motor (Dorado *et al.*, 2003).

Uno de los métodos para determinar el poder calorífico de los biocombustibles es el método práctico mediante calorímetros que sirve para determinar el calor liberado durante la combustión completa de la unidad de masa de un combustible. Según norma ASTM D240, se introduce una muestra de combustible previamente pesada en la bomba calorimétrica, dentro de un recipiente de disgregación en exceso de oxígeno; al provocar la combustión se mide el aumento de temperatura producido en el calorímetro. Una vez obtenido el valor del PCS medido directamente por el calorímetro, se procede, a partir de este valor, a calcular el PCI. Dicho valor del PCI será igual al PCS menos el calor latente de condensación del agua que se forma durante la combustión.

- Determinación de la densidad de biocombustibles mediante areómetro

La experiencia consiste en determinar la densidad del biodiésel, del aceite refinado de girasol y del combustible diésel mediante el procedimiento del areómetro y su posterior comparación con valores tabulados. Todo el procedimiento se realiza conforme a la norma UNE-EN ISO 3675, comparando los resultados obtenidos con los valores estándar establecidos.

La densidad es una propiedad importante de los combustibles, que afecta directamente a las características de rendimiento del motor, tales como el número de cetano y el poder calorífico. Además, el sistema de inyección de un motor diésel está diseñado en función de un volumen específico de combustible. En consecuencia, las variaciones en la densidad del combustible afectarán a la potencia generada por el motor, debido a las variaciones de la masa de combustible inyectado (Alptekin & Canakci, 2008).

- Determinación de la viscosidad cinemática de biocombustibles mediante viscosímetro *Cannon-Fenske*

La experiencia propuesta está centrada en determinar la viscosidad cinemática a diferentes temperaturas de muestras de biodiésel y de aceite refinado de girasol para compararlas con la del diésel en las mismas condiciones de temperatura. La medida se

realiza utilizando los viscosímetros de *Cannon-Fenske* y siguiendo la normativa UNE-EN ISO 3104.

La viscosidad es una propiedad fundamental para los combustibles que se utilizan motores diésel, ya que influye directamente en el funcionamiento de los inyectores y por lo tanto en el proceso de formación del chorro y su posterior atomización (Lee *et al.*, 2005).

5.2.2. Diseño del Grupo *BiomasaGen* como parte de la red social *Facebook*

La versión inicial (2015) de los laboratorios virtuales alojados en la plataforma web descrita es visible desde cualquier navegador ejecutado bajo *Windows* en ordenadores personales. Sin embargo, presenta el principal inconveniente de que los laboratorios virtuales desarrollados en *Adobe Flash*, no se pueden ejecutar actualmente bajo otros sistemas operativos, tales como *Android* o *IOS*, soporte de tabletas o móviles inteligentes. Además, *Adobe* ha decidido dejar de desarrollar *Flash* a partir del 2020.

Para solventar dichas limitaciones de accesibilidad y poder trabajar con los LVCB desde cualquier dispositivo electrónico, se decidió integrarlos en la red social más utilizada, *Facebook*, mediante el uso del programa de diseño *Genial.ly*. Dicho *software*, soporta el lenguaje de programación *HTML 5.0*, habiéndose obtenido una versión más actualizada y ubicada (<https://www.genial.ly/58f76b27ba1aa60a6437807e/biomasa>). Se creó un grupo de trabajo sobre biomasa en la red social *Facebook* (ver *Figura 5.4* y visitar el link <https://www.facebook.com/BiomasaGen-602859903242579/>), integrándose en dicho grupo los LVCB diseñados con *Genial.ly* (*Figura 5.5*). Cada laboratorio virtual contiene un experimento de caracterización de biodiésel, explicándose y realizándose paso a paso, reproduciendo el proceso real.



Figura 5.4. Grupo *BiomasaGen* en *Facebook*



Figura 5.5. Acceso a los LVCB vía Genial.ly integrados en el grupo de Facebook

Los laboratorios virtuales incluidos en portales webs presentan la funcionalidad necesaria para simular los procesos reales, de la manera más realista posible. Por ello, los LV diseñados en nuestra aplicación reproducen fidedignamente el laboratorio real mediante animaciones gráficas, que permiten simular la realidad y mostrar información que no se puede transmitir fácilmente a través de texto o ilustraciones estáticas. En nuestros Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel (LVCB), el desarrollo de experimentos se basa en el uso de animaciones 3D, bien en *Adobe Flash* para la versión de *Windows*, o bien en *Genial.ly* en la versión para dispositivos móviles. De esta manera, se pueden ilustrar adecuadamente procedimientos detallados como el pesaje de materias primas, manipulación de muestras o protocolos de seguridad e higiene.

La descripción pormenorizada de la estructura diseñada para cada LVCB, se detalló en Peinazo-Morales, (2012). En resumen, cada LV consta de las siguientes pestañas ejecutables situadas en la parte superior de la pantalla: *Inicio*, *Move por la Práctica*, *Tutorial de Prácticas*, *Ayuda*, *Enlaces* y *Contacta*. Así mismo, estos se despliegan en varias opciones, por ejemplo:

- El menú *Move por la Práctica* incluye la descripción completa del laboratorio virtual con cada uno de sus componentes, así como los cuestionarios de autoevaluación y encuestas de satisfacción.
- El menú *Tutorial de Práctica* despliega los siguientes submenús: guía de la práctica que el alumno puede descargarse en formato *pdf*, organigrama explicativo y galería fotográfica. Además, se encuentra un videotutorial de cada práctica completa que se enlaza con *youtube*, facilitando al alumnado la comprensión del proceso operativo a seguir en cada una de las prácticas virtuales, así como posteriormente, en el laboratorio real. Los videotutoriales se grabaron en el laboratorio del área de máquinas y motores térmicos del departamento de Química Física y Termodinámica Aplicada y

corresponden a las prácticas reales sobre la determinación de la densidad, viscosidad cinemática y PCS de diferentes tipos de biocombustibles, diésel y gasolina. A continuación, se editaron dichos vídeos con la ayuda del programa informático *Pinnacle VideoSpin*, donde se han montado los citados vídeos y añadido títulos y subtítulos.

- En el menú *Ayuda* se encuentra una guía de usuario y un foro de ayuda.

En la *Pantalla Principal* se representa un laboratorio con efecto tridimensional en el que nuestra asistente virtual Azahara nos indica mediante mensajes las acciones a realizar paso a paso (Figura 5.6). El proceso reproduce fielmente la realidad de cada laboratorio, lo que permite que el alumnado que lo utilice no solo trabaje virtualmente, sino que sea conducido a través de la práctica, asesorado, ayudado a validar resultados y también pueda autoevaluar los conocimientos adquiridos.



Figura 5.6. Pantalla principal de inicio de cada Laboratorio Virtual de Caracterización de Biodiésel

5.2.3. Método CIPP para la evaluación de los LVCB

Para llevar a cabo la evaluación integral de los LV de Caracterización de Biodiésel (LVCB), mediante el modelo CIPP, se utilizaron unos cuestionarios basados en los diseñados por la autora (López, 2008) en su trabajo de tesis doctoral, para cada una de las fases del proceso evaluativo. Según el Modelo CIPP, la evaluación debe contemplar cuatro fases: contexto, entrada, proceso y producto. En nuestro trabajo de investigación se agruparon y adaptaron en tres fases, al estar interrelacionadas: contexto, diseño y evaluación de los LVCB y, por último, proceso de implementación de los LVCB.

▪ Evaluación del contexto

La evaluación del contexto se diseñó para identificar las características del entorno donde se han estado utilizando estos LVCB, que ha sido la asignatura de biomasa para la generación de energía del Máster de Energías Renovables Distribuidas de la Universidad de Córdoba (UCO). Esta identificación se realizó mediante la búsqueda de resultados sobre el grado de integración de las TIC en cuanto a posibles limitaciones en los recursos existentes (materiales, horarios, formación...) y acerca de la actitud del profesorado a la utilización de estos LV como recurso didáctico complementario a las prácticas reales de laboratorio.

El instrumento utilizado para recabar dicha información descriptiva fue un cuestionario donde se tuvieron en cuenta varias dimensiones esenciales (*Tabla 5.1*), que plasmasen el grado de integración de las TIC en la actualidad en asignaturas de este postgrado. El cuestionario constaba de un total de 17 ítems de formato cerrado, algunos de los cuales incluyen respuestas múltiples y/o escalas valorativas tipo *Likert*.

Tabla 5.1. Dimensiones del cuestionario sobre grado de integración de las TIC. (Fuente: López, 2008)

Dimensiones del cuestionario	
I. Recursos del centro	I-1 Laboratorios
	I-2 Ordenadores
	I-3 Conexión a Internet
	I-4 Software específico
II. Datos personales	II-1 Niveles educativos donde imparte docencia
	II-2 Experiencia docente
	II-3 Formación en TIC
III. Utilización de los LVCB	III-1 Opinión respecto al trabajo experimental
	III-2 Frecuencia de uso de los LVCB
	III-3 Destrezas experimentales que se trabajan en los LVCB
	III-4 Obstáculos para la realización de las prácticas
IV. Utilización de las TIC para el aprendizaje procedimientos	IV-1 Opinión respecto a la utilización de las TIC en trabajo experimental
	IV-2 Frecuencia de uso de las TIC
	IV-3 Finalidad de uso de las TIC
	IV-4 Destrezas experimentales que se trabajan con las TIC
	IV-5 Obstáculos para la incorporación de las TIC al trabajo práctico
	IV-6 Conocimientos de recursos TIC para el trabajo experimental

▪ Evaluación del programa educativo: diseño y evaluación de los LVCB

La evaluación del programa educativo consistió en comprobar si la aplicación diseñada cumplía con las características y objetivos predefinidos tanto desde un punto de vista técnico como didáctico. La metodología utilizada se basó en una revisión previa de antecedentes, el diseño de la aplicación y una evaluación completado el diseño, antes de su utilización en el aula, por expertos en diseño e implementación de este tipo de LV en su ámbito de utilización.

El diseño de los LV de Caracterización de Biodiésel (LVCB) fue evaluado por un grupo de expertos docentes, mediante rúbrica previa a la defensa del Trabajo Fin de Máster (TFM) “Laboratorio Virtual de caracterización de biocombustibles” (Peinazo-Morales, 2012).

Una vez diseñado y, previo a su implantación en el aula, se decidió someterlo a una evaluación por un segundo grupo de expertos en el diseño y utilización de LV, ofreciendo su punto de vista respecto a las características técnicas y pedagógicas del mismo (*Tabla 5.2*). Se utilizó una ficha de evaluación que constaba de cuatro apartados: el primero correspondía a la valoración de aspectos técnicos y funcionales del programa y constaba de 11 ítems; en el segundo se valoraban aspectos pedagógicos y constaba de 8 ítems; el tercero era un apartado de observaciones de los evaluadores y, en el último apartado se solicitaba la valoración global del programa (baja, media, alta o excelente).

Tabla 5.2. Descripción de los objetivos técnico-funcionales y objetivos pedagógicos (Fuente: López, 2008)

Objetivos técnico-funcionales (I)	Objetivos pedagógicos (P)
I1. Información al usuario (sobre uso y objetivos)	P1. Relevancia de contenidos
I2. Entorno visual (presentación del contenido)	P2. Eficacia (grado que facilita el aprendizaje)
I3. Navegación (facilidad de uso, eficacia, velocidad)	P3. Adecuación de los contenidos (al nivel cognitivo del usuario)
I4. Elementos multimedia (cantidad, calidad)	P4. Capacidad de motivación
I5. Interactividad (posibilidad de manipulación, facilidad de entrada de datos, respuestas)	P5. Tutorización (utilidad de los recursos de ayuda)
I6. Contenidos (claridad, organización)	P6. Autonomía (grado en que fomenta la toma de decisiones)
I7. Servicio de ayuda (disponibilidad, acceso)	P7. Esfuerzo cognitivo (comprensión, comparación, exploración, reflexión metacognitiva)
I8. Registro de calificaciones (acceso a la información, utilidad)	P8. Evaluación (grado en que favorece la retroalimentación)
I9. Acceso a otros recursos (enlaces)	
I10. Adecuación del diseño al nivel educativo	
I11. Adecuación del contenido al tiempo empleado	

▪ Evaluación del proceso de implementación de los LVCB

La evaluación del proceso se llevó a cabo para conocer cómo se desarrollaron en un contexto real los LVCB diseñados, incluyendo la consideración de elementos personales, formales y materiales que pudiesen condicionar la aplicación del programa.

La evaluación del proceso se realizó en todos los cursos académicos en los que se desarrollaron las actividades prácticas de laboratorio en la asignatura *Biomasa para la generación de energía*, impartida en el Máster de Energías Renovables Distribuidas. Para ello se utilizaron cuatro fuentes de información:

1. La observación estructurada en el aula como técnica de investigación cualitativa, mediante la utilización de una ficha registral como instrumento de observación por parte del profesorado responsable de la asignatura. Se incluyeron aspectos referidos al contexto donde se desarrolló la aplicación de los LVCB (condiciones del aula, funcionamiento de los equipos, duración de la actividad...), aspectos relativos a la actitud del alumnado ante los LVCB (autonomía, concentración, motivación...) y aspectos relativos al papel desarrollado por el docente en el desarrollo de la actividad (explicaciones, intervenciones, atención al alumnado...).
2. La información aportada por el software educativo.
3. La valoración del alumnado recogida en un cuestionario, cuyas categorías se establecen en la *Tabla 5.3*, que contenía dos tipos de preguntas, por un lado, preguntas descriptivas que estuvieron orientadas a conocer cómo se desarrolló la experiencia y, por otro lado, preguntas sobre la opinión del alumnado, su interés y motivación por este tipo de actividades prácticas de laboratorio con el apoyo didáctico de laboratorios virtuales.

Tabla 5.3. Categorías del cuestionario de valoración del alumnado. (Fuente: López, 2008)

Valoración del alumnado	
I. Conocimiento de la herramienta	I-1 Disponibilidad de ordenador en casa
	I-2 Frecuencia de uso particular del ordenador
	I-3 Frecuencia de uso en la universidad
II. Desarrollo de la experiencia	II-1 Dificultad en el manejo de los LVCB
	II-2 Utilización de los tutoriales y videotutoriales de ayuda
	II-3 Repetición de las actividades y exploración del programa
III. Valoración del programa utilizado	III-1 Valoración de los tutoriales y videotutoriales de ayuda
	III-2 Valoración de las actividades desarrolladas
	III-3 Valoración de la evaluación
	III-4 Valoración del aprendizaje
IV. Motivación	IV-1 Grado de interés de las actividades desarrolladas
	IV-2 Disposición y actitud

4. La valoración del profesorado que fue recabada mediante una entrevista como técnica de investigación cualitativa, cuyas categorías se establecen en la (Tabla 5.4), consistente en preguntas descriptivas con respuesta cerrada y cuestiones de opinión con respuesta abierta.

Tabla 5.4. Categorías de la entrevista al profesorado. (Fuente: López, 2008)

Categorías de la entrevista al profesorado	
I. Datos personales	I-1 Experiencia docente
	I-2 Nivel de formación en TIC
	I-3 Procedencia de la formación en TIC
II. Opinión respecto al trabajo experimental	II-1 Importancia concedida al trabajo experimental
	II-2 Frecuencia de utilización del laboratorio
	II-3 Obstáculos percibidos para la realización de prácticas de laboratorio
	II-4 Sistema de evaluación utilizado de las prácticas de laboratorio
III. Opinión respecto a las TIC	III-1 Opinión respecto a la aplicación de las TIC al trabajo experimental
	III-2 Frecuencia y finalidad de la utilización de las TIC en el aula
	III-3 Obstáculos percibidos para la integración de las TIC
IV. Valoración de la experiencia	IV-1 Valoración técnica del programa
	IV-2 Valoración pedagógica
	IV-3 Valoración del proceso de aplicación
	IV-4 Motivación del alumnado
	IV-5 La formación como obstáculo
	IV-6 Ventajas e inconvenientes de estos programas
	IV-7 Conocimiento de recursos y modelos
	IV-8 Actitud hacia los laboratorios virtuales

5.2.4. Evaluación de la valoración del alumnado sobre la utilización de las redes sociales

Como ya se ha comentado previamente, las redes sociales se han convertido en un medio de conexión y propagación de noticias entre los jóvenes que están influyendo y marcando tendencia en su modelo de conducta. Son numerosos los estudios que reconocen la importancia que pueden llegar a tener las redes sociales como herramientas TIC en la educación (Celik *et al.*, 2015; Lorenzo-Romero & Buendía-Navarro, 2016). De ahí que, en nuestra investigación sobre influencia de las TIC en la educación, y más especialmente de entornos virtuales, se enfocara hacia la introducción y utilización de las redes sociales en nuestro sistema de aprendizaje.

Con el fin de valorar la opinión inicial del alumnado sobre el uso de estas redes sociales en la enseñanza, se diseñó un cuestionario anónimo y de libre contestación que se les proporcionó mediante cuestionario vía Moodle, previamente a la realización del Máster (Tabla 5.5).

Por otro lado, la valoración final después de la implementación del grupo de *Facebook* se realizó mediante otro cuestionario adicional, correspondiente al grado de satisfacción final del alumnado, en el que se le preguntó cuestiones relacionadas con el uso del portal web, los LVCB y redes sociales utilizadas.

Tabla 5.5. Cuestionario sobre el uso de las redes sociales en asignaturas de Máster (N=46)

Cuestionario previo sobre redes sociales al alumnado	
I. ¿Utilizas alguna red social?	Sí
	No
II. ¿Qué red o redes sociales sueles usar?	Facebook
	Twitter
	Instagram
	WhatsApp
	Otras (Snaptchat, Google+, Lindedln, etc)
III. ¿Cuántas redes sociales distintas utilizas?	0
	1
	2
	3
IV. ¿Con qué frecuencia de uso utilizas dichas redes sociales?	Diariamente
	Tres o cuatros veces por semana
	Dos veces por semana
	Una vez a la semana
V. ¿Con qué fin utilizas las redes sociales?	Para conversar o mostrar información informal a todos mis amigos
	Para conocer información y compartirla con otras personas
	Para mantener el contacto social con amigos o familiares
	Para publicar fotos y comentarios a otros usuarios
VI. Califica de 1 a 5, qué tan importante son para ti las redes sociales	Nada importante
	Poco importante
	Regular
	Importante
	Muy importante
VII. ¿Crees que el uso de las redes sociales afecta a las relaciones persona a persona?	Sí
	No
	Tal vez
VIII. Si eres usuario de Facebook, ¿cuántos amigos tienes como contactos?	No soy usuario de Facebook
	Entre 50-150
	Entre 200-300
	Entre 300-500
	Más de 500
IX. ¿De tus amigos en red o redes sociales, a cuántos conoces en persona?	No lo sé
	Menos de la mitad
	Más de la mitad
	Todos o casi todos
	No lo sé
	Cada 15 minutos
	Cada 20 minutos

Cuestionario previo sobre redes sociales al alumnado	
X. ¿Con qué frecuencia diaria revisas tus redes sociales?	Cada hora
	Cada dos horas
	Con una frecuencia mayor a las dos horas
XI. ¿Consideras que las redes sociales pueden ser usadas en asignaturas de Máster como herramienta de información y comunicación entre profesorado y alumnado?	Sí
	No
	Tal vez
XII. ¿Te gustaría que tus profesores y profesoras usaran las redes sociales como medios de comunicación para fines académicos?	Sí
	No
	Tal vez

5.2.5. Metodología aplicada a la experiencia de investigación docente

Los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel (LVCB) se han utilizado como herramienta didáctica en la asignatura Biomasa para la Generación de Energía (6 créditos ECTS, que corresponden a 100 horas; 40 presenciales y 60 no presenciales), del Máster de Energías Renovables Distribuidas (MECES-3/EQF-7) de la Universidad de Córdoba (UCO), 60 créditos ECTS, dentro del módulo de especialización del Máster. Este Máster de la Universidad de Córdoba se caracteriza por impartirse durante los fines de semana, viernes y sábados intensivamente, de manera que la asignatura se trabaja durante dos fines de semana consecutivos. Este horario es debido a la compatibilización del alumnado con sus respectivos estudios o trabajo.

La impartición de las actividades prácticas sobre caracterización de biodiésel se realizó en todos los cursos académicos desde la iniciación del Máster en el curso 2012-2013, y se llevaron a cabo ininterrumpidamente en los consecutivos 2013-14, 2014-15 y 2015-16. Además, en el curso 2016-2017, se evaluaron las opiniones del alumnado en la utilización de las redes sociales como herramienta didáctica complementaria de información para la tutorización de la asignatura completa, incluidas las actividades prácticas.

La metodología seguida en la impartición de la asignatura fue similar a la de otras investigaciones que utilizaron y evaluaron laboratorios virtuales (Dalgarno *et al.*, 2009; Jara *et al.*, 2009). Además de las clases teóricas previas, se impartieron cuatro sesiones prácticas de dos horas, programadas para semanas consecutivas. En la primera sesión, los estudiantes se iniciaron en el conocimiento de los equipos de laboratorio. Los objetivos de esta primera sesión fueron: primero, conocer los instrumentos de laboratorio, así como la metodología de trabajo y, segundo, informarse sobre todos los protocolos de seguridad e higiene que deben seguirse durante la experimentación real. Por otra parte, la segunda sesión se dedicó a la producción de biodiésel mediante transesterificación y, a la posterior caracterización de este mediante los métodos descritos anteriormente. Por último, en la tercera y cuarta sesión se continuó con la caracterización de este producto. El objetivo de estas restantes sesiones fue analizar las diferentes propiedades químico-físicas del biodiésel. La *Figura 5.7* muestra un algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre caracterización de biodiésel.

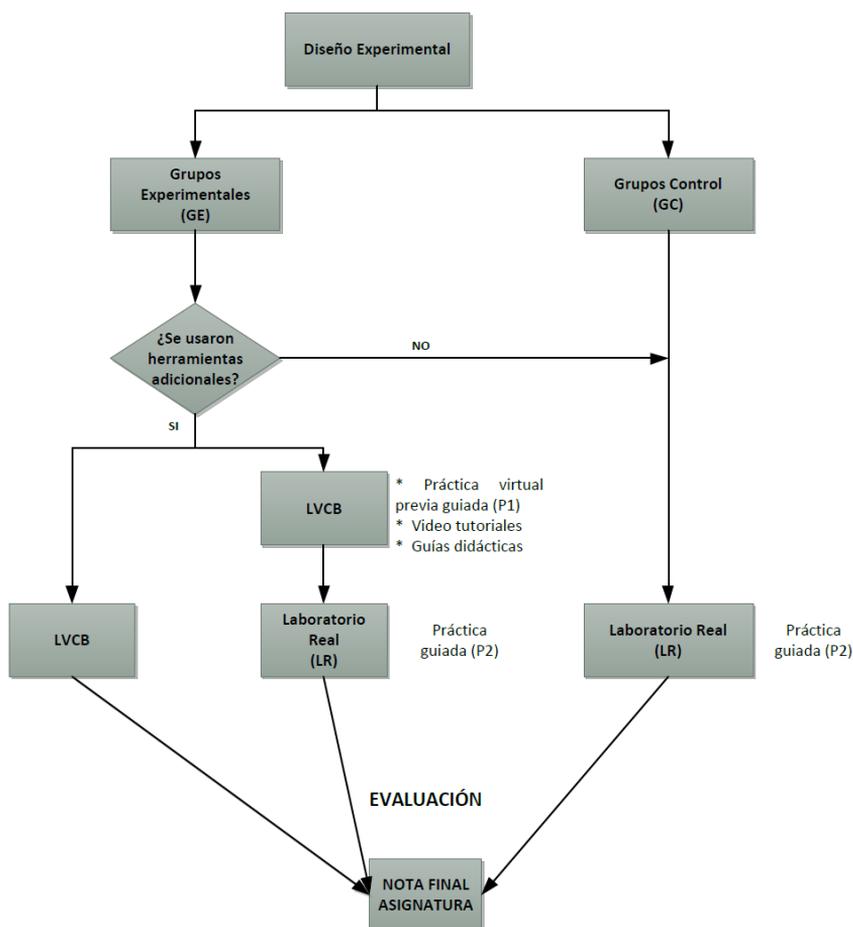


Figura 5.7. Algoritmo para el funcionamiento de la experiencia práctica sobre caracterización de biodiésel

En concreto, durante el curso 2012-2013, se realizaron las actividades prácticas sobre producción de biodiésel exclusivamente en el laboratorio real, siendo supervisadas y tutorizadas por el profesorado. Para las cuatro sesiones de prácticas programadas, se dividió al alumnado en pequeños grupos de trabajo con la ayuda soporte de guías de prácticas.

Por otra parte, durante los cursos 2013-2014 y 2014-2015, para la realización de estas actividades prácticas, el alumnado se adiestró previamente mediante la experimentación práctica en los LVCB incluidos vía web en la plataforma sobre *Biorrefinerías Virtuales* (Figura 5.8). Como herramientas auxiliares a esta experimentación virtualizada, el alumnado dispuso de guías didácticas, diagramas de flujo y videotutoriales personalizados para cada práctica. A continuación, y una vez que el alumnado conoció el procedimiento práctico mediante la experimentación en los LVCB, llevaron a cabo la verdadera formación de las actividades prácticas en laboratorio real, agrupados en pequeños grupos, con la supervisión del profesorado y con la ayuda y tutorización de los LVCB como aprendizaje ubicuo.

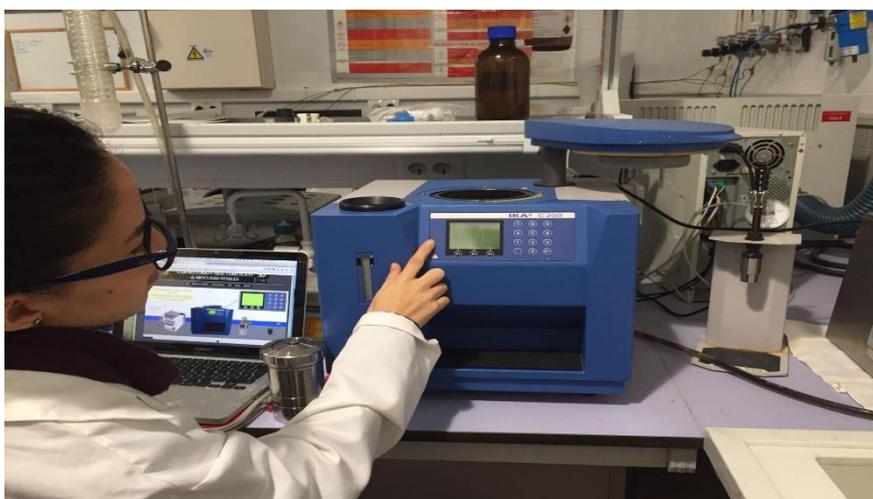


Figura 5.8. Coordinación entre los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel vía web y laboratorio real

Por último, en los cursos académicos 2015-2016 y 2016-2017, las prácticas sobre caracterización de biodiésel se realizaron exclusivamente de forma virtual, mediante la experimentación práctica en los LVCB incluidos vía web en la plataforma sobre *Biorrefinerías Virtuales* (curso 2015-2016) o integrados en la página *Facebook* (Figura 5.9), *BiomasaGen* (curso 2016-2017), aunque también se realizaron visitas al laboratorio real con el fin de identificar la instrumentación y aparatos de medida.

Al finalizar las sesiones prácticas de laboratorio, los estudiantes realizaron un cuestionario sobre el grado de satisfacción del alumnado sobre aspectos funcionales y metodológicos de los LVCB utilizados, tanto incluidos en el portal web como los integrados en el grupo de *Facebook*.



Figura 5.9. Acceso a los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel integrados en la página de Facebook BiomasaGen

5.3. Resultados y discusión

Se han analizado los resultados obtenidos en el trabajo experimental que se exponen en el actual capítulo de la presente tesis doctoral, y que están relacionados con: 1) la evaluación integral de los LVCB, tanto incluidos vía web en la plataforma sobre *Biorrefinerías Virtuales* o integrados en el grupo de *Facebook*, *BiomasaGen*; 2) la valoración previa del alumnado sobre la integración de las redes sociales como herramienta complementaria en el proceso de aprendizaje y 3) el estudio estadístico de los resultados obtenidos con la metodología experimental de enseñanza propuesta.

5.3.1. Evaluación integral de los LVCB mediante el método CIPP

Resultados de la evaluación del contexto

El estudio de la valoración del contexto por parte del profesorado implicado en la actividad docente de esta experiencia metodológica se ha llevado a cabo mediante el cuestionario cuyas dimensiones se especifican en la *Tabla 5.1*. Dicho cuestionario se basa en preguntas esenciales que plasmen el grado de integración de las TIC. Las respuestas obtenidas se han dividido en cuatro intervalos: nada (1), poco (2), bastante (3) y mucho (4).

El análisis descriptivo de los resultados más relevantes obtenidos se muestra a continuación:

- El 90% del profesorado opina que hay bastante disponibilidad de laboratorios y software, y muchos ordenadores y conexiones a internet.
- En las características de este profesorado, cabe destacar que es joven y con experiencia docente entre 5 y 15 años. Además, es especialista en el manejo de las TIC, utilizándolas semanalmente en su docencia en las enseñanzas de Grado y quincenalmente en las de Máster.
- Del resto de las cuestiones planteadas se infiere que el perfil medio del profesorado tiene un elevado interés por los contenidos de tipo procedimental, fundamentalmente en destrezas básicas y técnicas o manipulativas, con nivel avanzado en el manejo de las TIC, pero que encuentra obstáculos para programar actividades de laboratorio por falta de material para todo el alumnado, falta de profesorado y de tiempo, así como dificultades por organización del currículo.

Resultados de la evaluación técnica de los LVCB

En la *Figura 5.10* se muestran los resultados obtenidos tras la valoración técnica de los LVCB por un grupo de expertos, tanto incluidos vía web en la plataforma sobre *Biorrefinerías Virtuales* o integrados en el grupo de *Facebook*, *BiomasaGen*. Se han comparado los valores medios obtenidos en cada uno de los ítems técnico-funcionales (I) y pedagógicos (P), con el valor promedio de todos ellos. Así mismo, se ha obtenido la desviación típica y la varianza de cada uno de los valores. La valoración de los ítems tiene cuatro posibles respuestas: baja (1), media (2), alta (3) y excelente (4), para cada uno de los

ítems del cuestionario propuesto, agrupados en 11 ítems técnico-funcionales y 8 pedagógicos del programa.

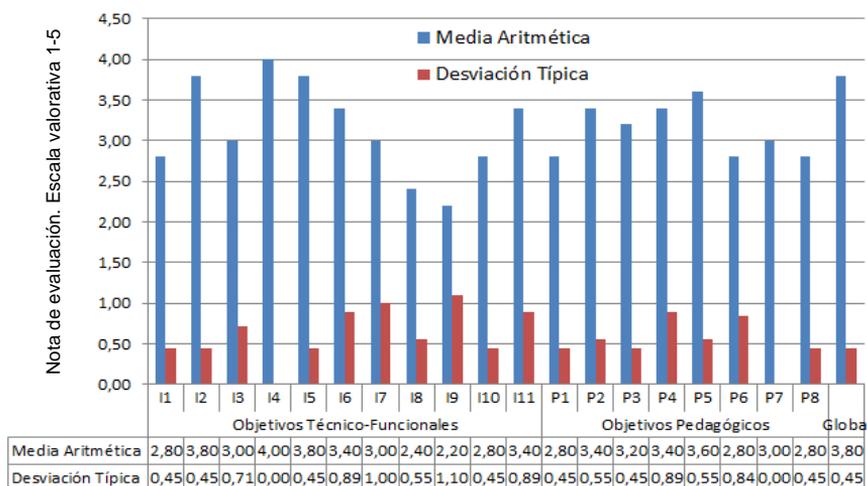


Figura 5.10. Evaluación técnica de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel llevada a cabo por un grupo de expertos (N=6)

Se observa que la valoración global es casi excelente con un valor de $3,80 \pm 0,20$.

Los ítems más valorados (3,80 o superiores) han sido: información al usuario (I2) con un valor promedio de $3,80 \pm 0,20$, cantidad y calidad de elementos multimedia (I4) con valor promedio de $4,00 \pm 0,00$ (excelente) e interactividad (I5) con un valor promedio respectivo de $3,80 \pm 0,20$. Por el contrario, los ítems menos valorados (inferiores a 2,50) han sido: acceso a calificaciones (I8) con un valor promedio de $2,40 \pm 0,30$ y accesos a otros recursos (I9) con un valor promedio de $2,20 \pm 1,20$. El resto de los ítems se encuentran en un intervalo de valores promedio comprendidos entre 2,80 y 3,50, valor establecido como bueno, y con unos intervalos de desviación comprendidos entre 0,20 y 0,80. De todo lo analizado anteriormente, se deduce que en términos generales los resultados obtenidos pueden ser considerados como bastante positivos, más si cabe, teniendo en cuenta que los ítems de los elementos peor evaluados no tienen influencia directa en la implementación de la metodología propuesta.

Resultados de la evaluación del proceso de implementación de los LVCB

La valoración sobre el proceso de implementación en el aula se ha realizado mediante la observación, como técnica de investigación cualitativa, utilizando una ficha registral por parte del profesorado. En la *Tabla 5.6* se muestran los resultados medios recogidos por el profesorado en el estudio observacional en el aula.

Dicho estudio descriptivo observacional ha puesto de manifiesto las siguientes opiniones relevantes:

- Funcionamiento correcto de los equipos informáticos y la conexión a internet.

- Funcionamiento óptimo del LV, con problemas iniciales en el registro de la página web.
- Usabilidad del programa por parte del alumnado con escasa necesidad de asistencia del docente y alta concentración y motivación.
- Buen ambiente de trabajo y buena atención del alumnado.

Tabla 5.6. Estudio de registro observacional en la implementación de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel

	Anotaciones
I. Contexto	
Funcionamiento de los equipos	Correcto
Conexión a internet	Buena
Funcionamiento del software	Problemas iniciales en el registro de la página web
II. Alumnado	
Manejo del programa	Bueno
Necesidad de asistencia del profesor	Escasa
Concentración	Alta
Motivación	Medio-alta
Dificultades en relación a los objetivos didácticos	Ninguna
III. Profesorado	
Duración de las explicaciones	Breve (15 minutos)
Ambiente de trabajo	Bueno
Atención al alumnado	Buena

Por otra parte, y en relación con la valoración del alumnado tras el análisis de las respuestas del cuestionario cuyas dimensiones se establecen en la *Tabla 5.3*, cabe reseñar los siguientes resultados relevantes:

- En respuesta a las cuestiones asociadas a la categoría sobre conocimiento de la herramienta, se debe citar que todo el alumnado encuestado dispone de ordenador personal y conexión a internet. Así mismo, tanto la frecuencia de uso particular como de uso académico es muy elevada.
- Analizadas las respuestas a las cuestiones asociadas a la categoría sobre desarrollo de la experiencia, se debe destacar cómo más de un 90% considera los LVCB de fácil manejo y navegabilidad. Todo el alumnado ha consultado los manuales y vídeos didácticos guiados de las prácticas previas a la virtualización de las experiencias prácticas de laboratorio.
- En respuesta a las cuestiones asociadas a la categoría sobre valoración del programa utilizado, se debe indicar que más de un 80% valora como adecuada y muy adecuada la información proporcionada como ayuda en diagramas de flujo, manuales y videotutoriales. Más de un 75% de los encuestados considera adecuada o muy adecuada la interfaz, la claridad y su similitud con el laboratorio real y su interactividad. Además, la mayoría de los encuestados considera el grado de aprendizaje al término de la actividad como alto.

- Analizadas las respuestas a las cuestiones asociadas a la categoría sobre motivación e interés, se muestra cómo más de un 85% del alumnado encuestado mostró un alto interés, disposición y actitud en el desarrollo de la experiencia virtual.

Además, y en relación con la valoración del profesorado recabada mediante una entrevista como técnica de investigación cualitativa, y cuyas dimensiones se han establecido en la *Tabla 5.4*, cabe destacar las siguientes opiniones generalizadas:

- Como aspectos técnicos positivos destacan la interfaz, la claridad, su similitud con el laboratorio real y la interactividad. Por otra parte, como propuestas de mejora destacan gestionar un mejor mantenimiento informático de la página web donde se alojan los LVCB y facilitar el registro en dicha página web.
- Como aspectos pedagógicos positivos destacan la claridad de la información, la retroalimentación, la exhaustividad de los guiones de práctica y videotutoriales, así como de los conceptos teóricos aportados. Indican que las ventajas principales LV vs LR estriban en la posibilidad de repetir los ensayos todas las veces que el alumnado quiera, los gastos reducidos y la posibilidad de trabajar con grupos grandes. Por otra parte, como desventaja principal el profesorado alude al nivel de abstracción que se requiere y la necesidad de un esfuerzo previo por parte del alumnado de comprensión la plataforma virtual.

Por último, y en relación con la evaluación de logros obtenidos, se muestran en la *Tabla 5.7* los resultados porcentuales de la evaluación final para cinco cursos académicos (2012-13 hasta el 2016-17), especificándose la metodología empleada para las actividades de laboratorio realizadas (LR: laboratorio real, LV: laboratorio virtual, LR+LV: uso combinado del laboratorio real y el virtual). Desde un primer análisis descriptivo de los resultados obtenidos se infiere que cuando se ha usado el LV, combinado o no con LR, no ha habido ningún estudiante con calificación de suspenso. Además, el mayor porcentaje de calificaciones sobresaliente (>9) se ha obtenido cuando se usó la metodología mixta (LR+LV). Los resultados obtenidos se han validado estadísticamente en el apartado 5.3.3.

Tabla 5.7. Resultados (%) de la evaluación final de estudiantes de la asignatura, biomasa para generación de energía, del Máster de Energías Renovables Distribuidas durante cinco cursos académicos

Curso	Nº	Tipo	NE(%)	Def(%)	Acep(%)	Not(%)	Sob(%)	\bar{x}	σ
12-13	36	LR	0,00	2,80	16,67	52,75	27,78	7,06	1,65
13-14	34	LV+LR	0,00	0,00	11,76	41,17	47,07	8,53	0,99
14-15	14	LV+LR	7,14	0,00	14,28	28,58	50,00	8,02	1,98
15-16	23	LV	4,30	0,00	26,08	30,43	39,19	7,82	2,05
16-17	10	LV	0,00	0,00	12,30	43,55	44,15	8,10	1,87

Nº: número de alumnos
 Tipo: Tipo de metodología
 \bar{x} : media aritmética
 σ : desviación típica

NE: No evaluado
 Def: Deficiente (<5)
 Acep: Aceptable (5-7)
 Not: Notable (7-9)
 Sob: Sobresaliente (>9)

5.3.2. Valoración previa del alumnado respecto a la utilización de las redes sociales como herramienta de aprendizaje

El estudio previo sobre opinión del alumnado en el uso de las redes sociales y su posible utilidad como herramienta didáctica en las asignaturas de Máster se ha llevado a cabo mediante la encuesta mostrada en la *Tabla 5.5*. A esta encuesta han contestado 46 alumnos y alumnas de forma voluntaria y anónima. En dicha tabla, se muestra la frecuencia de respuestas para cada una de las cuestiones planteadas

Los resultados nos muestran que el 97,83% del alumnado utiliza las redes sociales como medio de comunicación, siendo *Facebook* (86,95%) la más utilizada, seguida de *Twitter* (45,65%), *Instagram* (43,47%); el resto de las redes representan un 19,60% del total. Estos resultados obtenidos están en desacuerdo con los obtenidos en trabajos previos enfocados a población más joven, para los que la red social más utilizada es *Instagram* (Phua *et al.*, 2017). *Whats.App* es la red social menos utilizada como medio de difusión de noticias y multimedia (2,17%), aunque esta última sí es mayoritariamente utilizada (>90%) como mensajería instantánea entre móviles (Church & De Oliveira, 2013).

La mayoría de los participantes utilizan entre una y tres redes sociales (30,44% y tres 34,79%, respectivamente). De todos los encuestados, solo un muy pequeño porcentaje no utiliza ninguna red social (2,17%) y pocos estudiantes utilizan más de tres (10,87%). Además, los resultados muestran cómo un 80,40% de los encuestados utilizan diariamente la red social y lo hacen, mayoritariamente, para mantener el contacto con amigos o familiares (43,50%), y para conocer información y compartirla con otras personas (30,40%). Por el contrario, solo un 19,60% lo hace para hablar o mostrar información, mientras son muy pocos (6,50%) los que utilizan las redes sociales para publicar fotografías o comentarios de otros usuarios. Estos resultados obtenidos están en consonancia con los resultados obtenidos en estudios previos (Phua *et al.*, 2017).

Además, en términos sobre la importancia de las redes sociales, las respuestas muestran una distribución normal o *Gaussiana*. Por otra parte, el 71,70% de los estudiantes considera que estas redes sociales afectan a las relaciones personales. Sobre el posible número de amistades o seguidores, la mayoría de los resultados fueron los mismos en los intervalos de 50-200, 200-300 (en torno al 21,00%), excepto para el intervalo de más de 500, que se redujo a la mitad porcentual. Por otra parte, el 82,60 % del total de los encuestados conoce a más de la mitad de sus seguidores. En cuanto a la frecuencia de conexión, en caso de que realicen conexión diaria, un 45,70% realiza revisión de estas en un intervalo mayor a las dos horas, mientras que un 26,10% realiza revisión cada hora y cada dos horas un 15,20%.

Por otra parte, y en relación con la posible influencia de las redes sociales en la docencia, la mayoría de los encuestados piensan que están de acuerdo en que pudieran servir de ayuda (47,80%) mientras que un 30,40% opina que tal vez. Por último, cabe reseñar que el 52,20% de los encuestados piensan que sería buena la utilización de estas redes sociales como herramientas didácticas, mientras que 17,40% está indeciso y el 30,40% piensa que no sería buena la utilización de las redes sociales como herramientas TIC y de comunicación en la enseñanza. Estos resultados están de acuerdo con estudios previos

sobre beneficios potenciales de las redes sociales (Sousa-Vieira *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2016). Algunos trabajos han mostrado que los estudiantes están centrados en el desarrollo de una comunidad (Al-Rahmi *et al.*, 2018; Phua *et al.*, 2017) y la interacción activa de los miembros de facultades universitarias (Doğan *et al.*, 2018). Adicionalmente, *Facebook* ha sido señalado como la red social preferida para proporcionar un sentido de comunidad y relación de interacción entre sus miembros (Arteaga Sánchez *et al.*, 2014; Norin *et al.*, 2018; Phua *et al.*, 2017), aunque *Twitter* y *Whats.App* también podrían cumplir dicho propósito (Vezina, 2015).

En base a estos resultados, se creó el grupo de trabajo de la asignatura “*Biomasa Gen*” en *Facebook*, y un portal de difusión en esta misma red llamada “*BiomasaGen*”, que incluyen todas las herramientas TIC de apoyo a la docencia como, LVCB, vídeos, grupos, noticias..., por lo que se permite el trabajo colaborativo, a distancia y ubicuo. Por último, es importante remarcar que la red social y el grupo de trabajo de *Facebook* creado son excelentes alternativas cuando no es posible la conexión a los servidores de la UCO. Esta tecnología, sin duda, ayudará a los futuros ingenieros a adquirir habilidades en valorización de biomasa y caracterización del biodiésel en el contexto de las biorrefinerías.

5.3.3. Análisis estadístico de los resultados de logro obtenidos en la experiencia de investigación docente propuesta

Los datos sobre el tipo de metodología utilizada en las actividades prácticas de laboratorio y los resultados porcentuales de las calificaciones obtenidas en la evaluación final, durante cinco cursos académicos seguidos, de la asignatura “*Biomasa para generación de energía*” del Máster de Energías Renovables Distribuidas de la UCO, se han recogido en la *Tabla 5.7*. Además, también se indica la nota media (\bar{x}) y la desviación estándar (σ) obtenidas para las notas de la evaluación final para cada curso.

Durante estos cursos académicos, los docentes utilizaron diferentes modos de entrenamiento en las destrezas y habilidades de experimentación en la caracterización de biocombustibles:

- a) Combinando clases teóricas con el entrenamiento en laboratorio real (LR), durante el curso académico 2012-13.
- b) Llevando a cabo prácticas en los LVCB antes del entrenamiento en laboratorio real (LR) (cursos académicos 2013-14 y 2014-15).
- c) En el curso 2015-16, debido a problemas logísticos, el entrenamiento experimental solo pudo realizarse mediante los LVCB.
- d) En el curso 2016-17, se usó metodología *m-learning*, utilizando solo entrenamiento experimental con los LVCB combinados con el uso del grupo de *Facebook*.

Para analizar si la utilización de los LVCB ha tenido algún impacto sobre los resultados de la evaluación final del alumnado, se ha llevado a cabo un estudio estadístico paramétrico, la prueba ANOVA (*Tabla 5.8*). La correlación entre las notas de la evaluación final (EvF) y el uso de los LVCB ha sido significativamente superior al 98% (Valor de p

=0,0183). Se corrobora que el uso de los LVCB mejora la comprensión y experiencia de aprendizaje. El análisis de los resultados obtenidos está en consonancia con los de estudios previos, en los que se pone de manifiesto que el uso de LV mejora el desarrollo de habilidades y destrezas prácticas, así como el conocimiento de las técnicas durante largos periodos de tiempo (Norin *et al.*, 2018; Phua *et al.*, 2017; Redel-Macías *et al.*, 2016).

Tabla 5.8. Resultados de la prueba ANOVA relacionando notas de la evaluación final (EvF) y el uso de los laboratorios virtuales (LVCB)

Prueba ANOVA			
	Sum Sq	Valor de F	Valor de p
EvF vs LVCB	65,15	2,220	0,018
Residuales	115,29		

Además, se ha utilizado un modelo de correlación lineal entre variables. Como se muestra en la *Tabla 5.9*, la correlación lineal para cada rango de puntuaciones obtenidas en la evaluación final y el uso de los LVCB muestra una correlación significativa (más del 92% del nivel de confianza). Considerando el valor del polinomio de regresión (Pr) de la prueba t-student, es posible apreciar cómo esta correlación mejora mucho para los intervalos de puntuación (5-5,99) y (8-8,99). En el caso de las puntuaciones obtenidas en la evaluación final pertenecientes al rango de (5-5,99), el uso de los LVCB representa una influencia negativa, en un nivel de confianza del 99%); mientras, en el caso de las puntuaciones obtenidas pertenecientes al rango de (8-8,99), el uso de los LVCB representa una influencia o efecto positivo, en un nivel de confianza del 99%. Esto quiere decir que el uso de laboratorio virtual incrementa la posibilidad de obtener un sobresaliente y reduce la posibilidad de obtener un aprobado, contribuyendo al incremento de la evaluación global de la asignatura en un nivel de confianza del 99%.

Tabla 5.9. Resultados del modelo de correlación lineal relacionando los rangos de notas de la evaluación final (EvF) y el uso de los Laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiésel

	Estimate	Std. error	Valor de t-student	Valor de p
(Intercept)	2016,137	0,524	3850,713	< 2*10 ⁻¹⁶ ***
EvF	-0,222	0,056	-3,985	<0,001***
EvF (No Presentado)	-0,965	0,246	-3,932	<0,001***
EvF (nota entre 4-4.9)	-1,228	0,623	-1,972	0,054
EvF (nota entre 5-5.9)	-1,199	0,386	-3,104	<0,01**
EvF (nota entre 6-6.9)	0,838	0,457	1,836	0,072
EvF (nota entre 7-7.9)	0,905	0,457	1,980	0,053
EvF (nota entre 8-8.9)	0,966	0,347	2,786	<0,01**
EvF (nota entre 9-9.9)	0,711	0,347	2,051	<0,05*

Significancia al nivel 0.05; **Significancia al nivel 0.01; ***Significancia al nivel 0.001

Estos hallazgos, tras el análisis estadístico realizado, validan de forma clara los resultados mostrados en la *Tabla 5.7*, lo que infiere que el uso de los LVCB como herramienta didáctica, aumenta la posibilidad de lograr un buen rendimiento académico o mejores notas en la evaluación final, mientras que disminuye la posibilidad de lograr notas aceptables o bajas en la asignatura del máster. En este sentido, existen estudios previos donde se estableció anteriormente esta influencia positiva en nuevos grados para estudiantes de ingeniería (Norin *et al.*, 2018). Sin embargo, su impacto nunca había sido estudiado para estudiantes de máster o postgrado.

5.4. Conclusiones

Se han desarrollado e implementado tres laboratorios virtuales enfocados a la caracterización del biodiésel. Los tres LVCB han sido alojados previamente en la plataforma *Biorrefinerías Virtuales* de la asignatura “*Biomasa para la generación de energía*” en el Máster Universitario de Energías Renovables Distribuidas. Además, dichos LVCB han sido integrados, mediante el uso del programa de diseño *Genial.ly*, en un grupo de la red social *Facebook BiomasaGen*, utilizado por el alumnado y profesorado, proporcionando así, un aprendizaje mixto (*b-learning*) y ubicuo (*u-learning*) de las actividades prácticas de laboratorio de la asignatura. La importancia del desarrollo e implementación de estos LVCB se basa en la necesidad del alumnado de Máster para comprender los principios básicos del sector de valorización de biomasa residual. Los estudiantes de Máster fueron supervisados y capacitados con la propuesta metodológica presentada con resultados exitosos. Es importante mencionar que solo unas pocas universidades han incluido técnicas de aprendizaje similares para alumnado de postgrado de ingeniería, y casi ninguno ha combinado LV y su integración en redes sociales como herramientas didácticas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para verificar el impacto metodológico sobre el alumnado, se ha realizado una evaluación integral de estos LVCB mediante el método CIPP, donde se ha tenido en cuenta las fases de contexto, diseño y evaluación, así como su proceso de implementación. Los estudiantes han valorado el aprendizaje basado en los LVCB y su integración en el grupo de la red social *Facebook*, destacando positivamente la claridad de la información mostrada, la posibilidad de retroalimentación durante el proceso, la detallada formación virtualizada de las prácticas de laboratorio, así como las guías didácticas y videotutoriales de ayuda. Se constata que casi todo el alumnado haya utilizado el grupo de la red social *Facebook, BiomasaGen*. Por esta razón, estos recursos didácticos implantados constituyen una poderosa herramienta auxiliar para mejorar la comunicación entre docentes-alumnado y viceversa, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje basado en un aprendizaje mixto *b-learning* más atractivo y con un desplazamiento en el contexto de este proceso que favorece el aprendizaje ubicuo *u-learning*.

Tanto el grupo de trabajo creado en la red social *Facebook* que integra estos LVCB, como los LVCB alojados en la plataforma web *Biorrefinerías Virtuales*, resultaron muy útiles para facilitar el contacto interpersonal (para resolver problemas y recopilar más información). Además, sirvieron de ayuda para acceder de forma ubicua a los LVCB, en situaciones en la que los estudiantes se encontrasen en otro lugar sin acceso al servidor de la universidad. Por ello, la utilización de los LVCB integrados en el grupo de trabajo de *Facebook* combina metodológicamente, por una parte, la eficiencia de las prácticas virtuales con la ubicuidad de las redes sociales y, por otra parte, mejorando la participación y el efectivo aprendizaje del alumnado de Máster. Se ha demostrado, mediante tratamiento estadístico de los datos obtenidos en la experiencia, que el uso combinado del laboratorio tradicional físico con estos laboratorios virtuales incrementa la posibilidad de mejora de las calificaciones finales en la asignatura del Máster y, por lo tanto, del rendimiento académico del alumnado de postgrado.

Como conclusión general, la propuesta metodológica llevada a cabo puede promover significativamente la integración de temáticas relacionadas con las nuevas fuentes de bioenergía en asignaturas de enseñanzas de ingeniería en estudios de Grado y Máster. El beneficio más destacado de esta metodología es que puede usarse en cualquier lugar, en cualquier momento, ayudando a aumentar el conocimiento, aprendizaje colaborativo y formación de los futuros ingenieros que desarrollen su trabajo en industrias de valorización de biomasa. Por último, la presente experiencia metodológica favorece e impulsa la enseñanza de temas transversales, tales como el respeto al medioambiente y la sostenibilidad en estudios universitarios.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Como capítulo final de esta tesis, se incluyen aquí las diferentes conclusiones que se derivan de la investigación llevada a cabo y de los resultados obtenidos. Por otra parte, se termina aportando posibles líneas de investigación que sean continuación del trabajo desarrollado en esta tesis.



6.1. Conclusiones

Las conclusiones más relevantes de las tres propuestas metodológicas llevadas a cabo en esta tesis, y en relación con el objetivo principal y los objetivos específicos preestablecidos, han sido las siguientes:

1º) Respecto a la validación tecnológica de los laboratorios virtuales desarrollados se concluye:

- La valoración cualitativa de las características técnicas, funcionales y pedagógicas de las tres plataformas interactivas han mostrado unos resultados satisfactorios.
- Las características técnicas más destacables han sido: la facilidad en la navegación, la interfaz amigable 2D-3D, el diseño cuidadoso y su similitud con el laboratorio real, la fuerte interactividad entre usuario-LV y el grado de motivación que generan.
- Los aspectos pedagógicos más satisfactorios han sido: la claridad y variedad de los contenidos y de las actividades, la retroalimentación, y la exhaustividad de los guiones de práctica y de los videotutoriales.
- Respecto a las características técnicas se concluye que los laboratorios virtuales objeto de estudio cumplen con la lista de requisitos mínimos que debe tener un laboratorio virtual para ser exitoso, dentro del marco de referencia de los estándares internacionales propuestos.

2º) Respecto a la validación pedagógica de los laboratorios virtuales desarrollados se puede inferir:

- La utilización como herramientas didácticas de los laboratorios virtuales en los diferentes niveles educativos, ha permitido alcanzar y mejorar las calificaciones en los objetivos didácticos propuestos inicialmente.
- Se ha demostrado, mediante tratamiento estadístico descriptivo y cuantitativo de los datos obtenidos en las tres experiencias metodológicas planteadas, que el uso combinado del laboratorio tradicional físico con sus respectivos laboratorios virtuales ha incrementado la posibilidad de mejora de las calificaciones finales.
- Se ha comprobado cómo la implementación de estos laboratorios virtuales ha fomentado, impulsado y favorecido el desarrollo de competencias personales mediante un aprendizaje comprensivo, autónomo y cooperativo.
- De la valoración cualitativa realizada por el profesorado y alumnado, se destaca: el fácil manejo y navegabilidad por la interfaz, la claridad de la información mostrada, la posibilidad de retroalimentación durante el proceso, la detallada formación virtualizada de las prácticas de laboratorio, así como las guías didácticas y videotutoriales de ayuda, junto a la motivación generada en el alumnado.

3º) Respecto a los factores positivos, avances y logros derivados de la utilización de los laboratorios virtuales se concluye:

- La evaluación del contexto de aplicación ha puesto de manifiesto, el buen nivel de integración de las TIC en los centros educativos y la óptima formación y actitud del profesorado participante en investigaciones didácticas con laboratorios virtuales.
- En cuanto a los logros y avances que se han obtenido en el uso de los LV como herramientas didácticas complementarias a las tradicionales caben destacar:

- Introducen o refuerzan los conocimientos de los estudiantes, permitiéndoles combinar conceptos teóricos y contenidos procedimentales ajustándose al ritmo de aprendizaje de cada alumno.
 - El alumnado ha contado como factor positivo con la autogestión en su ritmo de aprendizaje, ya que ha tenido la oportunidad de utilizar estos laboratorios virtuales en cualquier momento y lugar.
 - Se han reducido ciertos gastos de mantenimiento de consumibles de los laboratorios físicos que se utilizan.
 - Se han minimizado problemas tales como: la escasez de horas dedicadas a clases de laboratorio y los riesgos potenciales derivados del trabajo experimental con grupos numerosos en el laboratorio.
- 4º) Como factores limitantes se muestran el uso excesivo y exclusivo de los Laboratorios Virtuales como herramientas pedagógicas y la incompatibilidad del programa de edición multimedia elegido con alguno de los dispositivos electrónicos móviles o su posible obsolescencia.
- 5º) Respecto a la validación de la influencia de las redes sociales como medio de difusión de los LV y herramienta metodológica complementaria se deduce que la utilización de los LVCB integrados en el grupo de trabajo BiomasaGen, creados en la red social Facebook, combina metodológicamente la eficiencia de las prácticas virtuales con la ubicuidad de las redes sociales, mejora la participación e incrementa la posibilidad de mejora del rendimiento académico del alumnado de postgrado.
- 6º) Se ha estudiado y validado estadísticamente que la combinación de herramientas de gamificación, cuestionarios Kahoot, combinada con la Web Virtual de Instrumentación Eléctrica, redes sociales y prácticas experimentales, produce una manifiesta mejora en los resultados obtenidos por el alumnado tanto a nivel experimental, procedimental y general en las asignaturas básicas de Grado de Ingeniería. Esto avala la hipótesis de que la implementación de un entorno de aprendizaje ubicuo combinado con la gamificación puede mejorar el proceso de aprendizaje global en enseñanzas de Educación Superior.

6.2. Líneas futuras de investigación

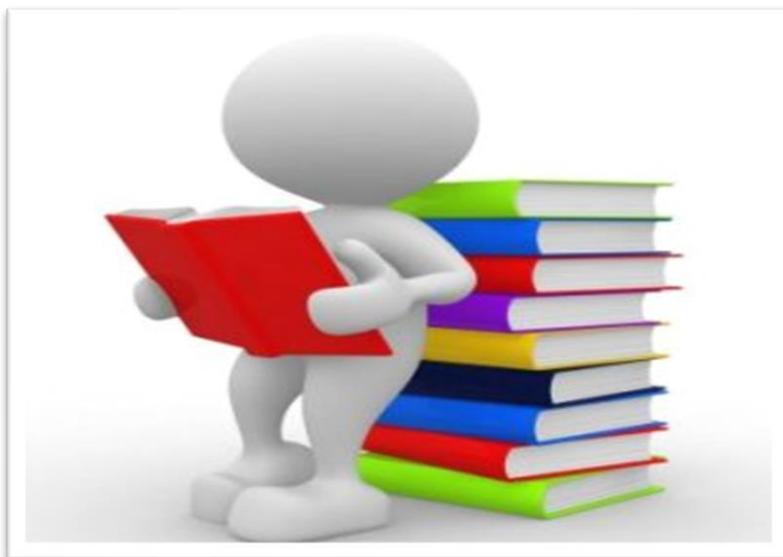
A lo largo del desarrollo de esta tesis se han estudiado diferentes propuestas metodológicas relacionadas con la validación didáctica de Laboratorios Virtuales integrados en plataformas b-learning y redes sociales ubicuas, junto su combinación con gamificación en enseñanzas de Educación Superior en España, teniendo en cuenta los aspectos que se han considerado más relevantes. Sin embargo, durante la investigación han surgido temas y aspectos de interés que, o bien no se han tratado, o no se ha podido profundizar en ellos debido a limitaciones de tiempo y recursos.

Estos temas pueden representar líneas futuras de investigación que derivan de esta tesis. A continuación, se exponen algunas posibles líneas de trabajo como complemento de esta tesis doctoral:

- Migrar los LV utilizados que se hayan desarrollado mediante *Flash Player* a lenguajes de programación como *HTML5* para que evitar la obsolescencia a corto plazo y ampliar su ubicuidad para todos los diferentes dispositivos electrónicos con acceso a Internet.
- Desde un punto de vista metodológico y para afianzar la validación realizada en este trabajo de investigación, se puede ampliar las tres propuestas metodológicas utilizadas para los siguientes cursos académicos de las enseñanzas reseñadas, y en otras asignaturas de otras universidades y centros educativos que utilicen los laboratorios virtuales que han sido objeto de estudio.
- Continuar la validación de la influencia, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de alumnado de enseñanzas de Educación Superior, de juegos interactivos mediante el uso de otras herramientas multimedia de Gamificación (*Brainscape*, *knowre*, *Edmodo*, *Quizlet...*) combinada con el uso de laboratorios virtuales interactivos.
- Diseñar e implementar Laboratorios Inmersivos de Realidad Virtual y Aumentada para enseñanzas científico-tecnológicas en Educación Superior.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

En este capítulo se expone un listado ordenado de las referencias bibliográficas, recursos electrónicos y normativa que han sido citadas a lo largo de la presente tesis doctoral.



7.1. Referencias bibliográficas citadas

[A]

- Abdulwahed, M. & Nagy, Z.K. (2011). The TriLab, a novel ICT based triple access mode laboratory education model. *Computers & Education*, 56, 262–274.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.023>
- Ainin, S., Naqshbandi, M.M., Moghavvemi, S. & Jaafar, N.I. (2015). Facebook usage, socialization and academic performance. *Computers & Education*, 83, 64–73.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.018>
- Alptekin, E. & Canakci, M. (2008). Determination of the density and the viscosities of biodiesel–diesel fuel blends. *Renewable energy*, 33, 2623–2630.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.02.020>
- Al-Rahmi, W.M., Alias, N., Othman, M.S., Marin, V.I. & Tur, G. (2018). A model of factors affecting learning performance through the use of social media in Malaysian higher education. *Computers & Education*, 121, 59–72.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.02.010>
- Amaya Franky, G. (2009). Laboratorios reales versus laboratorios virtuales, en la enseñanza de la física. *El hombre y la Máquina*, 33, 82-95. ISSN 0121-0777. Disponible en web: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47812225009>
- Anastasiades, P.S., Vitalaki, E. & Gertzakis, N. (2008). Collaborative learning activities at a distance via interactive videoconferencing in elementary schools: Parents' attitudes. *Computers & Education*, 50, 1527–1539.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.02.003>
- Andrade, M. (2004). Evaluación formativa del software de apoyo para la enseñanza de la Física elaborada en el NIMEF. (Trabajo de Grado de Maestría). Universidad de Oriente, Sucre, Venezuela.
- Ariza, M.R. & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32, 101–115.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Arteaga Sánchez, R., Cortijo, V. & Javed, U. (2014). Students' perceptions of Facebook for academic purposes. *Computers & Education*, 70, 138–149.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.012>
- Ávila, R.E. & Samar, M.E. (2017). The use of the website (odontoweb) and facebook (new terminology) for the diffusion of international histological and embryological terminology. *Digital Universities V.4: International best practices and applications*, (1-2), 37-44. ISSN 2385-1740. Disponible en web:
<http://digitaluniversities.guideassociation.org/issue/issue-2017-1-2>

[B]

- Ballu, A., Yan, X., Blanchard, A., Clet, T., Mouton, S. & Niandou, H. (2016). Virtual metrology laboratory for e-learning. *Procedia CIRP*, 43, 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.110>
- Barrio, R., Parrondo, J.L., Blanco & E. Fernández, J. (2011). Introducción de laboratorios virtuales en la enseñanza no presencial mediante entornos de trabajo propios. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria (REFIEDU)*, 4(1), 55-67. ISSN 1989-0257. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10651/10073>
- Barros, B., Read, T. & Verdejo, M.F. (2008). Virtual collaborative experimentation: An approach combining remote and local labs. *IEEE Transactions on Education*, 51, 242–250. <https://doi.org/10.1109/TE.2007.908071>
- Becerra-Rodríguez, D.F., García Arévalo, J.M., Sánchez Sánchez, R. & Mora, C. (2016). Laboratorio virtual como herramienta en la enseñanza del tiro parabólico en estudiantes de ingenierías de la Universidad Antonio Nariño. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(4), 4305. ISSN 1870-9095. Disponible en web: http://www.lajpe.org/dec16/4305_Becerra_2016.pdf
- Blohm, I. & Leimeister, J.M. (2013). Gamification: Design of IT-based enhancing services for motivational support and behavioral change. *Business & Information Systems Engineering*, 5(4), 275–278.
- Boada, I., Rodríguez-Benítez, A., García-González, J.M., Olivet, J., Carreras, V. & Sbert, M. (2015). Using a serious game to complement CPR instruction in a nurse faculty. *Comput Methods Programs Biomed*, 122, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2015.08.006>
- Bourne, J., Harris, D. & Mayadas, F. (2005). Online engineering education: Learning anywhere, anytime. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 131–146. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00834.x>
- Brovelli Sepúlveda, F., Anaya Domínguez, P. & Villegas Guzmán, M. (2016). Laboratorios virtuales para la enseñanza y aprendizaje de Química en escolares chilenos. En C.D. Larenas (Coord.), *Investigaciones, experiencias didácticas e innovaciones pedagógicas en la formación inicial docente de la Universidad de Concepción* (pp. 49-59). Chile: Claudio Díaz Larenas y asociados. [en línea]: [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2018]. ISBN 978-956-9280-19-1. Disponible en web: http://docencia.udec.cl/unidd/images/stories/contenido/material_apoyo/libro%20investigaciones%20baja.pdf#page=49

[C]

- Cabe Trundle, K. & Bell, R.L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 54, 1078–1088. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.012>

- Cabero, J. & Duarte, A.M. (1999). Evaluación de medios y materiales de enseñanza en soporte multimedia. *Pixel-Bit. Revista de medios y educación*, 13, 23–45. ISSN 1133-8482. Disponible en web: <http://recyt.fecyt.es/index.php/pixel/index>
- Calvo, I., Zulueta, E., Gangoiti, U., López, J.M., Cartwright, H. & Valentine, K. (2008). Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas. *Ikastorratza, e-Revista de didáctica*, 3. ISSN 1988-5911. Disponible en web: http://www.ehu.es/ikastorratza/3_alea/laboratorios.pdf
- Cambronero-López, F., Gomez-Varela, A.I. & Bao-Varela, C. (2017). Designing an ultrafast laser virtual laboratory using Matlab Guide. *European Journal of Physics*, 38 (3), 034006. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa5a93>
- Candelas, F.A., Torres, F., Gil, P., Ortiz Zamora, F.G., Puente Méndez, S.T. & Pomares, J. (2004). Laboratorio virtual remoto para robótica y evaluación de su impacto en la docencia. *RLAE: Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 1(2), 49-57. ISSN 1697-7912. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10045/4609>
- Canós-Rius, N. & Guitert-Catases, M. (2014). Uso de las TIC en la interacción profesor-alumno: un estudio de caso en una Escuela de Arte y Superior de Diseño. *RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 13(1), 63-70. ISSN 1695-288X. Disponible en web: <https://relatec.unex.es/article/view/1327/877>
- Cantillo Valero, C., Roura Redondo, M. & Sánchez Palacín, A. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educ@ción. Digital Magazine*, 147, 1–21. ISSN 0013-1059. Disponible en web: http://www.educoas.org/portal/la_educacion_digital/147/pdf/ART_UNNE_D_EN.pdf
- Castillo-Manzano, J.I., Castro-Nuño, M., López-Valpuesta, L., Sanz-Díaz, M.T. & Yñiguez, R. (2017). To take or not to take the laptop or tablet to classes, that is the question. *Computers in Human Behavior*, 68, 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.017>
- Cataldi, Z. (2000). *Una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación de software educativo*. (Tesis de Magister). Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Disponible en web: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/4055/Documento+completo.pdf?sequence=20>

- Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominighini, C., Donnamarí, C. & Lage, F. (2010). TICs en la enseñanza de la química. Propuesta para selección del Laboratorio Virtual de Química (LVQ). En RedUNCI (Coord.), *WICC 2010-XII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* (pp. 720-725). Calafate, Santa Cruz, Argentina: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. [en línea]: [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2018]. ISBN 978-950-34-0652-6. Disponible en web:
<http://www.dirinfo.unsl.edu.ar/profesorado/PagProy/articulos/book-wicc2010.pdf>
- Celik, I., Yurt, E. & Sahin, I. (2015). A model for understanding educational Facebook use. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(4), 899–907. ISSN 1305-8223. Disponible en web:
<https://www.learntechlib.org/p/158728/>
- Chen, S. (2010). The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories. *Computers & education*, 55, 1123–1130.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.009>
- Church, K. & De Oliveira, R. (2013). What's up with whatsapp?: comparing mobile instant messaging behaviors with traditional SMS. En Michael Rohs (Coord.), *MobileHCI'13 Proceedings of the 15th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services* (pp. 352–361). New York, USA: ACM.
<https://doi.org/10.1145/2493190.2493225>
- Cincera, J., Biberhofer, P., Binka, B., Boman, J., Mindt, L. & Rieckmann, M. (2018). Designing a sustainability-driven entrepreneurship curriculum as a social learning process: A case study from an international knowledge alliance project. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4357–4366.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.051>
- Climont-Bellido, M.S., Martínez-Jiménez, P., Pontes-Pedrajas, A. & Polo, J. (2003). Learning in chemistry with virtual laboratories. *Journal of Chemical Education*, 80, 346. <https://doi.org/10.1021/ed080p346>
- Cova, Á., Arrieta, X. & Reveros, V. (2008). Análisis y comparación de diversos modelos de evaluación de software educativo. *Enl@ce, revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 5(3), 045–067. ISSN 1690-7515. Disponible en web:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=7671>

[D]

- Dabbagh, N. & Reo, R. (2011). Back to the future: Tracing the Roots and Learning Affordances of Social Software. En M.J.W. Lee & C. McLoughlin (Ed.(s)), *Web 2.0-Based E-Learning: Applying Social Informatics for Tertiary Teaching* (pp. 1-20). Macquarie University, Sidney, Australia: IGI Global.
<https://doi.org/10.4018/978-1-60566-294-7.ch019>

- Dalgarno, B., Bishop, A.G., Adlong, W. & Bedgood Jr, D.R. (2009). Effectiveness of a virtual laboratory as a preparatory resource for distance education chemistry students. *Computers & Education*, 53, 853–865.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.005>
- Dalsgaard, C. (2006). Social software: E-learning beyond learning management systems. *European Journal of Open, Distance and e-learning*, 9(2). ISSN 1027-5207. Disponible en web:
<http://www.eurodl.org/index.php?p=archives&year=2006&hal&article=228>
- Dávila, J.L., Galeas, S., Guerrero, V.H., Pontón, P., Rosas, N.M., Sotomayor, V. & Valdivieso, C. (2011). *Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales*. Quito, Ecuador: Imprefepp. [en línea]: [Fecha de consulta: 2 de marzo de 2017]. ISBN 978-9978-383-20-9. Disponible en web:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4532>
- Davis, J.R. (Ed.). (2004). *Tensile testing*. 2nd ed. Ohio, USA: ASM International.
- de Kraker, J., Cörvers, R., Valkering, P., Hermans & M., Rikers, J. (2013). Learning for sustainable regional development: towards learning networks 2.0?. *Journal of Cleaner Production*, 49, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.019>
- de la Torre, L., Guinaldo, M., Heradio, R. & Dormido, S. (2015). The ball and beam system: A case study of virtual and remote lab enhancement with moodle. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 11, 934–945.
<https://doi.org/10.1109/TII.2015.2443721>
- Dellos, R. (2015). Kahoot! A digital game resource for learning. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 12(4), 49–52. ISSN 1550-6908. Disponible en web: http://www.itdl.org/Journal/apr_15/apr15.pdf#page=53
- Díaz-Jatuf, J. (2014). El WhatsApp como herramienta de intervención didáctica para fomentar el aprendizaje cooperativo. *En X Jornadas de Material Didáctico y Experiencias Innovadoras en Educación Superior*. Buenos Aires, Argentina. [en línea]: [Fecha de consulta: 06 de junio de 2018]. Disponible en web:
<http://hdl.handle.net/10760/23597>
- Dlouchá, J., Huisingh, D. & Barton, A. (2013). Learning networks in higher education: universities in search of making effective regional impacts. *Journal of Cleaner Production*, 49, 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.034>
- Dobrzański, L.A. & Honysz, R. (2010). The idea of material science virtual laboratory. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 42(1-2), 196-203. ISSN 1734-8412. Disponible en web: <http://www.journalamme.org>
- Dobrzański, L.A., Jagiello, A. & Honysz, R. (2008). Virtual tensile test machine as an example of material science virtual laboratory post. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 27(2), 207–210. ISSN 1734-8412. Disponible en web: <http://www.journalamme.org>

- Doğan, B., Demir, Ö. & Ülkü, E.E. (2018). Applying social networks to engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 26, 1782–1791. <https://doi.org/10.1002/cae.21975>
- Dorado, M.P., Ballesteros, E., Arnal, J.M., Gomez, J. & Lopez, F.J. (2003). Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel*, 82(11), 1311–1315. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(03\)00034-6](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(03)00034-6)
- Dormido, S. (2004). Control learning: present and future. *Annual Reviews in control*, 28(1), 115–136. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2003.12.002>

[E]

- Echenique, E.G., Molías, L.M. & Bullen, M. (2015). El estudiante en la educación superior: Usos académicos y sociales de la tecnología digital. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 12(1), 25-37. ISSN 1698-580X. Disponible en web: <http://rusc.uoc.edu/rusc/en/index.php/rusc/index.html>

[F]

- Feisel, L.D. & Rosa, A.J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121–130. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x>
- Fernández Sánchez, P., Salaverría Garnacho, Á., González Dacosta, J. & Mandado Pérez, E. (2009). El Aprendizaje Activo Mediante la Autoevaluación Utilizando un Laboratorio Virtual. *IEEE-Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje (RITA)*, 4(1), 53–62. ISSN 1932-8540. Disponible en web: <http://rita.det.uvigo.es/200902/uploads/IEEE-RITA.2009.V4.N1.A8.pdf>
- Fiad, S.B. & Galarza, O.D. (2015). El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. *Formación universitaria*, 8(4), 03–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400002>
- Flores, Ò. & de Arco, I. (2012). La influencia de las TIC en la interacción docente y discente en los procesos formativos universitarios. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 9(2), 31-47. <https://doi.org/10.7238/rusc.v9i2.1243>
- Fuentes, M. D. M. M., Andriño, M. D. M. C., Pascual, A. J., Martín, A. R., García, C. S., & López, M. T. V. (2016). El aprendizaje basado en juegos: experiencias docentes en la aplicación de la plataforma virtual "Kahoot!". En M.T. Tortosa Ybáñez (Coord.(s)), *XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria: investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinarios* (pp. 1241-1254). Alicante, España: Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Alicante. [en línea]: [Fecha de consulta: 26 de junio de 2018]. ISBN 978-84-608-7976-3. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10045/59136>

[G]

- Gallardo, E., Marqués, L. & Bullen, M. (2015). El estudiante en la educación superior: Usos académicos y sociales de la tecnología digital. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 12(1), 25–37. <https://doi.org/10.7238/rusc.v12i1.2078>
- Gallego, M.J. (2011). La integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los centros educativos. En M. Cebrián de la Serna & M.J. Gallego Arrufat (Coord.), *Procesos educativos con TIC en la sociedad del conocimiento* (pp. 33-44): Pirámide. ISBN 978-84-368-2475-9.
- Gallego Ortega, J.L. & Rodríguez Fuentes, A. (2011). La formación profesional en España: historia y actualidad. *Revista Educação Skepsis*, 3(2), 2054-2105. ISSN 2177-9163. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10481/39424>
- Gao, F., Luo, T. & Zhang, K. (2012). Tweeting for learning: A critical analysis of research on microblogging in education published in 2008–2011. *British Journal of Educational Technology*, 43(5), 783–801. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01357.x>
- Ghali, M.R., Frayret, J.M. & Robert, J.M. (2016). Green social networking: concept and potential applications to initiate industrial synergies. *Journal of cleaner production*, 115, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.028>
- Gomes, L. & Bogosyan, S. (2009). Current trends in remote laboratories. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 56(12), 4744–4756. <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2033293>
- Gómez, R.A., Galvis, A.H. & Mariño, O. (1998). Ingeniería de software educativo con modelaje orientado por objetos: un medio para desarrollar micromundos interactivos. *Informática educativa*, 11(1), 9–30. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/1992/6330>
- González, A.B., Rodríguez, M.J., Olmos, S., Borham M. & García, F. (2013). Experimental evaluation of the impact of b-learning methodologies on engineering students in Spain. *Computers in Human Behavior*, 29(2), 370–377. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.02.003>
- González, C.S. (2015). Estrategias para trabajar la creatividad en la Educación Superior: pensamiento de diseño, aprendizaje basado en juegos y en proyectos. *RED-Revista de Educación a Distancia*, 40. Disponible en web: <http://www.um.es/ead/red/4>
- González-Mariño, J.C., Cantus-Gallegos, M. de L. & Maldonado-Mancillas, J.A. (2016). Innovation of Medical Education with 3D Technologies and Gamification. En *Proceedings of The 20th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2016)*. Orlando, Florida, United States. [en línea]: [Fecha de consulta: 06 de junio de 2018]. Disponible en web: <http://www.iis2016.org/wmsci/website/about.asp?vc=1>

Guzmán, J.A., Durley, I. & López, M. (2014). Un caso práctico de aplicación de una metodología para laboratorios virtuales. *Scientia et Technica*, 19(1), 67–76. <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.9181>

[H]

Hamman, S.T., Hopkinson, K.M., Markham, R.L., Chaplik, A.M. & Metzler, G.E. (2017). Teaching game theory to improve adversarial thinking in cybersecurity students. *IEEE Transactions on Education*, 60(3), 205–211. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2636125>

Hatzikraniotis, E., Bisdikian, G., Barbas, A. & Psillos, D. (2007). Optilab: Design and development of an integrated virtual laboratory for teaching optics. En *CBLIS Conference Proceedings 2007 Contemporary Perspective on new technologies in science and education* (pp. 523-530). Cyprus: University of Cyprus. [en línea]: [Fecha de consulta: 21 de diciembre de 2018]. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10797/14581>

Hayes, M., van Stolk-Cooke, K. & Muench, F. (2015). Understanding Facebook use and the psychological affects of use across generations. *Computers in Human Behavior*, 49, 507–511. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.040>

Hecke, T.V. (2012). Power study of ANOVA versus Kruskal-Wallis test. *Journal of Statistics and Management Systems*, 15(2-3), 241–247. <https://doi.org/10.1080/09720510.2012.10701623>

Heradio, R., de la Torre, L., Galan, D., Cabrerizo, F.J., Herrera-Viedma, E. & Dormido, S. (2016). Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. *Computers & Education*, 98, 14–38. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>

Hulsman, R.L. & van der Vloodt, J. (2015). Self-evaluation and peer-feedback of medical students' communication skills using a web-based video annotation system. Exploring content and specificity. *Patient Education and Counseling*, 98(3), 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2014.11.007>

Humanante-Ramos, P.R., García-Peñalvo, F.J., Conde-González, M.A. & Velasco-Silva, D.P. (2015). Diagnóstico del uso de los dispositivos electrónicos y de las herramientas web 2.0 desde un enfoque PLE en un grupo de estudiantes de ingeniería. En Á. Fidalgo Blanco, M. L. Sein-Echaluce Laclea & F. J. García-Peñalvo (Ed.(s)), *La Sociedad del Aprendizaje. Actas del III Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2015)* (pp. 284-289). Madrid, España: Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid. [en línea]: [Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2018]. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10366/126800>

Hung, H.T. & Yuen, S.C.Y. (2010). Educational use of social networking technology in higher education. *Teaching in higher education*, 15(6), 703–714. <https://doi.org/10.1080/13562517.2010.507307>

Hwang, G.J. & Tsai, C.C. (2011). Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 42(4), E65-E710.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01183.x>

[I]

Ibarra, C.A., Medina, S. & Bernal, Á. (2007). Implementación de un laboratorio virtual para el estudio de dispositivos electrónicos. *TE&ET: Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 2, 62-70. ISSN 1850-9959. Disponible en web: <http://teyet-revista.info.unlp.edu.ar>

[J]

Jara, C.A., Candelas, F.A., Torres, F., Dormido, S., Esquemre, F. & Reinoso, O. (2009). Real-time collaboration of virtual laboratories through the Internet. *Computers & Education*, 52(1), 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.007>

Johns, K. (2015). Engaging and Assessing Students with Technology: A Review of Kahoot!. *Delta Kappa Gamma Bulletin*, 81(4), 89. ISSN 0011-8044. Disponible en web: <https://www.dkg.org/>

Josias, M.A., Khusu, M., Gierdien, M., Leukes, N.A., Faltein, S., Gihwala, T., Theunissen, T.L. & Samsodien, Y. (2012). Smartphone Application Usage Amongst Students at a South African University. En P. Cunningham & M. Cunningham (Ed.(s)), *IST-Africa 2012 Conference Proceedings*. Tanzania: IIMC International Information Management Corporation. [en línea]: [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018]. ISBN 978-1-905824-34-2. Disponible en web: <http://IST-Africa.org/Conference2012/>

Juszczyszyn, K., Paprocki, M., Prusiewicz, A. & Sieniawski, L. (2011). Personalization and content awareness in online lab–virtual computational laboratory. En N.T. Nguyen, C.G. Kim & A. Janiak (Ed.(s)), *Intelligent Information and Database Systems. ACHDS 2011. Lecture Notes in Computer Science*, 6591 (pp. 367-376). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-20039-7_37

[K]

Kappelman, J. (2001). *Virtual laboratories for physical anthropology*. Nueva York, United States: Wadsworth Pub Co.

Kim, Y., Jeong, S., Ji, Y., Lee, S., Kwon, K.H. & Jeon, J.W. (2015). Smartphone response system using twitter to enable effective interaction and improve engagement in large classrooms. *IEEE Transactions on Education*, 58(2), 98–103.
<https://doi.org/10.1109/TE.2014.2329651>

Klimova, A., Rondeau, E., Andersson, K., Porras, J., Rybin, A. & Zaslavsky, A. (2016). An international Master's program in green ICT as a contribution to sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 135, 223–239.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.032>

Konstantinidis, S., Fernandez-Luque, L., Bamidis, P. & Karlsen, R. (2013). The role of taxonomies in social media and the semantic web for health education. *Methods of information in medicine*, 52(02), 168-179.
<https://doi.org/168-179.10.3414/ME12-02-0005>

Kukulka-Hulme, A., Pettit, J., Bradley, L., Carvalho, A.A., Herrington, A., Kennedy, D.M. & Walker, A. (2011). Mature students using mobile devices in life and learning. *International Journal of Mobile and Blended Learning (IJMBL)*, 3(1), 18-52.
<https://doi.org/10.4018/jmbl.2011010102>

[L]

Labus, A., Despotović-Zrakić, M., Radenković, B., Bogdanović, Z. & Radenković, M. (2015). Enhancing formal e-learning with edutainment on social networks. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(6), 592-605.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12108>

Lee, C.S., Park, S.W. & Kwon, S.I. (2005). An experimental study on the atomization and combustion characteristics of biodiesel-blended fuels. *Energy & fuels*, 19(5), 2201-2208. <https://doi.org/10.1021/ef050026h>

Lerro, F., Orduña, P., Marchisio, S. & García-Zubía, J. (2014). Development of a remote laboratory management system and integration with social networks. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (ijES)*, 2(3), 33-37.
<http://dx.doi.org/10.3991/ijes.v2i3.3821>

Levy, D. (2013). How dynamic visualization technology can support molecular reasoning. *Journal of Science Education and Technology*, 22(5), 702-717.
<https://doi.org/10.1007/s10956-012-9424-6>

Levy, Y. (2007). Comparing dropouts and persistence in e-learning courses. *Computers & education*, 48(2), 185-204. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.12.004>

López, M. (2008). Los laboratorios virtuales aplicados a la biología en la enseñanza secundaria: una evaluación basada en el modelo CIPP (PhD Thesis). Universidad Complutense de Madrid.

López, M. & Morcillo, J.G. (2007). Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(3), 562-576. ISSN 1579-1513. Disponible en web: <http://reec.uvigo.es/>

Lorandi Medina, A.P., Hermida Saba, G., Hernández Silva, J. & Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista internacional de educación en Ingeniería*, 4(1), 24-30. ISSN 1940-1116. Disponible en web: <http://www.academiajournals.com/>

Lorenzo-Romero, C. & Buendía-Navarro, M.M. (2016). Using social web tools in intermediate education. *Interciencia*, 41(3), 198-203. ISSN 0378-1844. Disponible en web: <https://www.interciencia.net/volumen-41/numero-3/>

Lozano-Guerrero, A.J. & Valenzuela-Valdés, J.F. (2015). A Radionavigation Systems Course. *IEEE Transactions on Education*, 58(2), 124–129.
<https://doi.org/10.1109/TE.2014.2334559>

Lucena, F.J.H., Reche, M.P.C. & Sánchez, F.R. (2013). Análisis de los Componentes Organizativos de Centros de Formación Profesional en España. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 11(2), 783-801. ISSN 1692-715X. Disponible en web: <http://revistaumanizales.cinde.org.co/>

[M]

Ma, J. & Nickerson, J.V. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 38(3), 7.
<https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>

Manca, S. & Ranieri, M. (2016). Is Facebook still a suitable technology-enhanced learning environment? An updated critical review of the literature from 2012 to 2015. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32, 503–528.
<https://doi.org/10.1111/jcal.12154>

Martín, A.M., Herranz, P. & Segovia, M.M. (2017). Gamificación en la educación, una aplicación práctica con la plataforma Kahoot. *Anales de ASEPUMA*, 25, 2. ISSN 2171-892X. Disponible en web: <http://www.asepuma.org/revistaanales.php>

Martínez Valle, J.M., Martínez Jiménez, M.P., Pedrós Pérez, G., Martínez Valle, Á., Balcaza Bautista, T. & Martínez Jiménez, J.M. (2011). Desarrollo e implementación en la enseñanza de laboratorios virtuales sobre el estudio dinámico de sistemas ligados vía web. En *VIII Jornadas de Innovación Universitaria*. Villaviciosa de Odón, Madrid, España: Universidad Europea de Madrid. [en línea]: [Fecha de consulta: 26 de diciembre de 2018]. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/11268/1682>

Martínez-Jiménez, M.P., Pedrós-Pérez, G., Climent-Bellido, M.S. & Varo, M. (2004). Autoaprendizaje tutorizado de los estados de la materia. Empleando un "Software" interactivo. *Res Novae Cordubenses: estudios de calidad e innovación de la Universidad de Córdoba*, 2, 237–263. ISSN 1697-1531. Disponible en web: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1069849>

Martínez-Jiménez, M.P., Pedros-Pérez, G., Cubero-Atienza, A.J., Redel-Macías, M.D., Salas-Morera, L. & García-Hernandez, L. (2010). Telematic Training Via a Website of Technicians in Work-related Risk Prevention. En J. Cordeiro, B. Shishkov, A. Verbraeck & M. Helfert (Ed.(s)), *CSEDU 2010- Proceedings of the Second International Conference on Computer Supported Education*, 1 (pp. 160–165). Valencia, España: Scitepress. <https://doi.org/10.5220/0002771901600165>

- Martínez-Jiménez, M.P., Pedrós-Pérez, G., García-Martínez, M. del C., Varo, M. & Pontes-Pedrajas, A. (2003). Desarrollo de laboratorios virtuales y gestor de contenido multiplataforma para la docencia de fundamentos físicos en Ingeniería. *Res Novae Cordubenses: estudios de calidad e innovación de la Universidad de Córdoba*, 1, 295–312. ISSN 1697-1531. Disponible en web: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=853158>
- Martínez-Jiménez, P. & Casado, E. (2004). Electros: Development of an educational software for simulations in electrostatic. *Computer Applications in Engineering Education*, 12(1), 65–73. <https://doi.org/10.1002/cae.10050>
- Martínez-Jiménez, P., Casado, E., Martínez-Jiménez, J.M., Cuevas-Rubiño, M., González-Caballero, D., Zafra-López, F. & Donnelly, D. (1997). Interactive physics simulations appeal to first-year students. *Computers in Physics*, 11(1), 31–35. <https://doi.org/10.1063/1.4822510>
- Martínez-Jiménez, P., Varo, M., García, M.C., Pérez, G.P., Martínez-Jiménez, J.M., Posadillo, R. & Varo-Martínez, E.P. (2011). Virtual web sound laboratories as an educational tool in physics teaching in engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 19(4), 759–769. <https://doi.org/10.1002/cae.20362>
- Monge Nájera, J & Méndez Estrada, V.H. (2007). Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración. *Revista Educación*, 31(1), 91-108. ISSN 1132-9157. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10669/22744>
- Morcillo, J.G., García García, E., López García, M.X. & Mejías Tirado, N.E. (2006). Los laboratorios virtuales en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra: los terremotos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(2), 150–156. ISSN 0379-7082. Disponible en web: <http://www.aepect.org/ect/numeros-publicados/>
- Morffe, A. (2010). Las TIC como herramientas mediadoras del aprendizaje significativo en el pregrado: una experiencia con aplicaciones telemáticas gratuitas. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, 11(1), 200–2019. ISSN 1317-102X. Disponible en web: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=11530>
- Morris, J. & Maynard, V. (2010). Pilot Study to Test the Use of a Mobile Device in the Clinical Setting to Access Evidence-Based Practice Resources. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, 7(4), 205–213. <https://doi.org/10.1111/j.1741-6787.2009.00171.x>

[N]

- Naukkarinen, J. & Sainio, T. (2018). Supporting student learning of chemical reaction engineering using a socially scaffolded virtual laboratory concept. *Education for Chemical Engineers*, 22, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2018.01.001>

- Nickerson, J.V., Corter, J.E., Esche, S.K. & Chassapis, C. (2007). A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education. *Computers & Education*, 49(3), 708–725.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.019>
- Norin, V.A., Norina, N.V. & Pukharenko, Y.V. (2018). Interactive methods of teaching at Russian engineering universities. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2801–2820. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9742-2>
- Novoa Torres, N. & Florez Fernandez, H.A. (2011). Los laboratorios virtuales adaptativos y personalizados en la educación superior. *Revista vínculos*, 8(2), 36–47.
<https://doi.org/10.14483/2322939X.4199>

[O]

- Olelewe, C.J. & Agomuo, E.E. (2016). Effects of B-learning and F2F learning environments on students' achievement in QBASIC programming. *Computers & Education*, 103, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.012>
- Olufadi, Y. (2015). A configurational approach to the investigation of the multiple paths to success of students through mobile phone use behaviors. *Computers & Education*, 86, 84–104. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.005>
- Olympiou, G. & Zacharia, Z.C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21–47.
<https://doi.org/10.1002/sce.20463>
- Onrubia, J. & Coll, C. (1999). Evaluación de los aprendizajes y atención a la diversidad. En C. Coll Salvador (Coord.), *Psicología de la instrucción: la enseñanza y el aprendizaje en la educación secundaria* (pp. 141–168). Barcelona, España: Horsori. ISBN 84-85840-75-5.
- O'Reilly, T. (2009). *What is web 2.0?*: O'Reilly Media, Inc.

[P]

- Pardo, I.D.T. & Portilla-Rosero, B. (2012). Un diagnóstico de las metodologías usadas para estructurar laboratorios virtuales. En J.A. Macías Urrego & Y. Urquijo Gómez (Compil.(s)), *Hacia la transformación de la dinámica investigativa: Memorias del Encuentro Nacional de Investigación 2012* (pp. 225–237). Medellín, Colombia: Fundación Universitaria Luis Amigó (FUNLAM). ISBN 978-958-8399-57-7.
- Park, Y. (2011). A pedagogical framework for mobile learning: Categorizing educational applications of mobile technologies into four types. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(2), 78–102.
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v12i2.791>

- Parra, L.A. (2008). Blended Learning: la nueva formación en Educación Superior. *Avances. Investigación en Ingeniería*, 1(9), 95-102. ISSN 1794-4953. Disponible en web: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/issue/archive/>
- Peinazo-Morales, M. (2012). *Laboratorio virtual de caracterización de biocombustibles* (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Phua, J., Jin, S.V. & Kim, J.J. (2017). Uses and gratifications of social networking sites for bridging and bonding social capital: A comparison of Facebook, Twitter, Instagram, and Snapchat. *Computers in Human Behavior*, 72, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.041>
- Piassentini, M.J. & Occeili, M. (2012). Caracterización de Laboratorios Virtuales para la enseñanza de la Ingeniería Genética. En L. García, L.M. Buffa, I. Liscovsky & T.G. Malin Vilar (Compil.(s)), *Memorias de Las X Jornadas Nacionales y V Congreso Internacional de Enseñanza de La Biología: entretrejiendo la enseñanza de la Biología en una urdimbre emancipadora* (pp. 671–676). Villa Giardino, Córdoba, Argentina: Universidad de Córdoba (Argentina).
- Pimmer, C., Mateescu, M. & Gröbbl, U. (2016). Mobile and ubiquitous learning in higher education settings. A systematic review of empirical studies. *Computers in Human Behavior*, 63, 490–501. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.057>
- Pintor Holguín, E., Gargantilla Madera, P., Herreros Ruiz Valdepeñas, B. & López del Hierro Casado, M. (2014). Kahoot en docencia: una alternativa practica a los clickers. En *XI Jornadas de Innovación Universitaria: Educar para transformar*. Villaviciosa de Odón, Madrid, España: Universidad Europea de Madrid. [en línea]: [Fecha de consulta: 26 de junio de 2018]. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/11268/3603>
- Pinzi, S., Garcia, I.L., Lopez-Gimenez, F.J., Luque de Castro, M.D., Dorado, G. & Dorado, M.P. (2009). The ideal vegetable oil-based biodiesel composition: a review of social, economical and technical implications. *Energy & Fuels*, 23(5), 2325–2341. <https://doi.org/10.1021/ef801098a>
- Pittman, M. & Reich, B. (2016). Social media and loneliness: Why an Instagram picture may be worth more than a thousand Twitter words. *Computers in Human Behavior*, 62, 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.084>
- Pontes, A., Martínez, P., Villatoro, F. & Luque, D. (2004). *Diseño de un laboratorio virtual para el estudio practico de circuitos con semiconductores y sus aplicaciones en la formación de estudiantes de ingeniería*. Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Córdoba. [en línea]: [Fecha de consulta: 23 de enero de 2019]. Disponible en web: <https://www.uv.es/ees/archivo/257.pdf>

Pontes Pedrajas, A. & Martínez Jiménez, P. (2005). Aplicaciones didácticas de un laboratorio virtual sobre circuitos eléctricos. *Enseñanza de las ciencias, (Extra-2005)*. ISSN 0212-4521. Disponible en web:
https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp455apldid.pdf

Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V.M. & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education, 95*, 309–327.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>

[R]

Ramírez-Romero, J.M. & Rivera-Rodríguez, S.R. (2017). Aplicación del ciclo de vida y el análisis estructurado en el desarrollo de un laboratorio virtual de transformadores monofásicos. *Revista Educación en Ingeniería, 12(23)*, 43–48.
<https://doi.org/10.26507/rei.v12n23.732>

Redel-Macías, M.D., Cubero-Atienza, A.J., Martínez-Valle, J.M., Pedrós-Pérez, G. & Martínez-Jiménez, M. del P. (2015). Noise and vibration risk prevention virtual web for ubiquitous training. *IEEE Transactions on Education, 58(4)*, 303–308.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.002>

Redel-Macías, M.D., Martínez-Jiménez, M. del P. & Cubero-Atienza, A.J. (2011). E-Learning Applied for Training on Safety and Hygiene in Electronics Engineers Degree. En *CSEDU 2011- Proceedings of the Third International Conference on Computer Supported Education, 1* (pp. 160–165). Noordwijkerhout, The Netherlands: Scitepress. <https://doi.org/10.5220/0003337802580263>

Redel-Macías, M.D., Pinzi, S., Martínez-Jiménez, M.P., Dorado, G. & Dorado, M.P. (2016). Virtual laboratory on biomass for energy generation. *Journal of Cleaner Production, 112*, 3842–3851. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.075>

Rodgers, R. & Chabrol, H. (2009). The impact of exposure to images of ideally thin models on body dissatisfaction in young French and Italian women. *L'encephale, 35(3)*, 262–268. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2008.05.003>

Rodríguez-Hoyos, C., Haya Salmón, I. & Fernández-Díaz, E.M. (2015). Research on SNS and education: The state of the art and its challenges. *Australasian Journal of Educational Technology, 31(1)*, 100–111. <https://doi.org/10.14742/ajet.995>

Romaña, T. & Gros, B. (2003). La profesión del docente universitario del siglo XXI: ¿cambios superficiales o profundos?. *Revista de Enseñanza Universitaria, 21*, 7–35. ISSN 1131-5245. Disponible en web:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=1912>

- Rosado, L. & Herreros, J.R. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. En *m-ICTE2009- III International Conference on Multimedia and Information & Communication Technologies in Education: Recent Research Developments in Learning Technologies*. Lisbon, Portugal: Formatex. [en línea]: [Fecha de consulta: 14 de diciembre de 2018]. Disponible en web: <https://www.uv.es/cees/archivo/286.pdf>
- Roy, G., Ghosh, D. & Mandal, C. (2015). A virtual laboratory for computer organisation and logic design (COLDVL) and its utilisation for MOOCs. En *IEEE 3rd International Conference on MOOCs: Innovation and Technology in Education (MITE)* (pp. 284–289). Amritsar, India: IEEE. <https://doi.org/10.1109/MITE.2015.7375331>
- Rybar, R. & Horodnikova, J. (2013). Earth sources exploitation laboratory as a creative type instrument of surface mining visualization and modeling. En *XIII International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM: Surveying Geology & Mining Ecology Management (SGEM),1* (pp. 423–429). Sofia, Bulgaria: SGEM. [en línea]: [Fecha de consulta: 05 de junio de 2018]. Disponible en web: <https://www.sgem.org/>
- [S]**
- San Miguel del Hoyo, B. (2011). Las tecnologías de la información y la comunicación en el Espacio Europeo de Educación Superior [Editorial]. *Salud Colectiva*, 7 (1), 5-7. <https://doi.org/10.18294/sc.2011.385>
- Sánchez-Cortés, R., García Manso, A., Sánchez Allende, J., Moreno Díaz, P. & Reinoso Peinado, A. (2005). B-Learning y Teoría del Aprendizaje Constructivista en las Disciplinas Informáticas: Un esquema de ejemplo a aplicar. En *ICTE2005- Recent Research Developments in Learning Technologies* (pp. 1–6). España: Formatex.
- Sapia, H.M., Garcia, R.E., Olivete, C., Pereira, D.R. & Trevisani, K.M. (2016). Teaching-learning firewall configuration using a visual modeling web based tool: The SP2Model and its application to Computer Science course. En *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1–8). Erie, Pennsylvania, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757537>
- Sayler, A., Grunwald, D., Black, J., White, E. & Monaco, M. (2014). Supporting CS education via virtualization and packages: tools for successfully accommodating bring-your-own-device at scale . En *SIGCSE '14: Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 313-318). Atlanta, Georgia, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2538862.2538928>
- Schmucker, M., Heid, J. & Haag, M. (2014). Development of an accommodative smartphone app for medical guidelines in pediatric emergencies. *Studies in health technology and informatics*, 198, 87–92. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-397-1-87>

- Schroeder, J. & Greenbowe, T.J. (2009). The Chemistry of Facebook: Using Social Networking to Create an Online Community for the Organic Chemistry Laboratory. *Innovate: Journal of Online Education*, 5(4), 3. ISSN 1552-3233. Disponible en web: <https://www.learntechlib.org/p/104245/>
- Semenov, A. (2005). *Las Tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza: Manual para docentes o Cómo crear nuevos entornos de aprendizaje abierto por medio de las TIC*: Trilce.
- Shim, J., Kwon, D. & Lee, W. (2017). The Effects of a Robot Game Environment on Computer Programming Education for Elementary School Students. *IEEE Transactions on Education*, 60(2), 164–172. <https://doi.org/10.1109/TE.2016.2622227>
- Simões, J., Díaz Redondo, R. & Fernández Vilas, A. (2012). A social gamification framework for a K-6 learning platform. *Computers in Human Behavior*, 29(2), 345–353. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2012.06.007>
- So, S. (2016). Mobile instant messaging support for teaching and learning in higher education. *The Internet and Higher Education*, 31, 32–42. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2016.06.001>
- Sousa-Vieira, M.E., López-Ardao, J.C., Fernández-Veiga, M., Rodríguez-Pérez, M. & López-García, C. (2017). Mining relationships in learning-oriented social networks. *Computer Applications in Engineering Education*, 25(5), 769–784. <https://doi.org/10.1002/cae.21835>
- Stephen, B. (1998). *Evaluating checklist. Evaluating training software*: Lancaster University.
- Stufflebeam, D.L. & Shinkfield, A.J. (1987). *Evaluación sistemática: guía teórica y práctica*: Paidós Barcelona.
- Stufflebeam, D.L. & Zhang, G. (2017). *The CIPP evaluation model: How to evaluate for improvement and accountability*: Guilford Publications.

[T]

- Tenreiro-Vieira, C. & Marques Vieira, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 3(3), 452–466. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc
- Tomás, R., Cano, M., Santamarta, J.C. & Hernández-Gutiérrez, L.E. (2015). New approaches for teaching soil and rock mechanics using information and communication technologies. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 1644–1649. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.477>

Torres, A.L., Mota, M.M., Ferreira, H.S., Ferreira, A.F. & Darido, S.C. (2016). As Tecnologias da Informação e Comunicação e a Educação Física Escolar: a realidade de professores da rede pública municipal de Fortaleza. *ETD-Educação Temática Digital*, 18(1), 198–214. <https://doi.org/10.20396/etd.v18i1.8640601>

[U]

Urréjola, S., Valderrama, J.O. & Sánchez, A. (2011). *Aplicación de las nuevas tecnologías a la colaboración docente entre universidades de distintos continentes*. Proyecto AECID entre la Universidad de La Serena (Chile) y la Universidad de Vigo (España). Vigo, España: Nova Galicia Edicions.

[V]

Valverde Berrocoso, J., Medel Bermejo, J.L. & Barroso Osuna, J. (1998). Evaluación de medios informáticos: una escala de evaluación para software educativo. En M. Cebrián de la Serna (Coord.), *Creación de materiales para la innovación educativa con nuevas tecnologías: III Congreso Edutec-97*, 1 (pp.355-358). Málaga, España: Universidad de Málaga (UMA), Instituto de Ciencias de la Educación. [en línea]: [Fecha de consulta: 23 de enero de 2019]. ISBN 84-600-9457. Disponible en web: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=605115>

Vallecillos-Pinos, L. (2017). Modelo Flipped Classroom para la Formación Profesional de Cuidados Auxiliares de Enfermería (Trabajo Fin de Máster). Universidad Internacional de la Rioja, Logroño, España.

Van Waes, S., Moolenaar, N.M., Daly, A.J., Heldens, H.H., Donche, V., Van Petegem, P. & Van den Bossche, P. (2016). The networked instructor: The quality of networks in different stages of professional development. *Teaching and Teacher Education*, 59, 295–308. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.051>

Venville, A., Cleak & H., Bould, E. (2017). Exploring the potential of a collaborative web-based E-portfolio in social work field education. *Australian Social Work*, 70(2), 185–196.

Verdú, E., Regueras, L.M., Verdú, M.J., Leal, J.P., de Castro, J.P. & Queirós, R. (2012). A distributed system for learning programming on-line. *Computers & Education*, 58 (1), 1–10. <https://10.1016/j.compedu.2011.08.015>

Vergara, D., Rubio, M.P. & Lorenzo, M. (2014a). Interactive virtual platform for simulating a concrete compression test. *Key Engineering Materials*, 572, 582–585. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.572.582>

Vergara, D., Rubio, M.P. & Prieto, F. (2014b). Nueva herramienta virtual para la enseñanza de la caracterización mecánica de materiales. *Revista Educación en Ingeniería*, 9(17), 98–107. <https://doi.org/10.26507/rei.v9n17.311>

- Vergara, D., Rubio, M.P. & Prieto, F. (2013). Diseño de nuevas herramientas virtuales para la enseñanza de la radiología industrial. *TE&ET. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 11, 76–82. ISSN 1850-9959. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/10915/32393>
- Vezina, A. (2015). *The role of social media in education: How Twitter can be used in the intermediate classroom as a tool for collaborative learning* (Trabajo Fin de Máster). University of Toronto, Canada. Disponible en web: <http://hdl.handle.net/1807/68776>
- Vidacek-Hains, V., Kozina, M. & Kirinic, V. (2016). A model of education for assistants of students with disabilities supported by information and communication technology. En M. Milković, G. Kozina & D. Primorac (Coord.(s)), *12th International Scientific Conference on Economic and Social Development - Book of Proceedings* (pp. 126-135). Bangkok, Thailand: Varazdin Development and Entrepreneurship Agency (VADEA).

[W]

- Wang, A.I. (2015). The wear out effect of a game-based student response system. *Computers & Education*, 82, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.004>
- Wang, Q., Woo, H.L., Quek, C.L., Yang, Y. & Liu, M. (2012). Using the Facebook group as a learning management system: An exploratory study. *British Journal of Educational Technology*, 43(3), 428–438. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01195.x>
- Watson, A., Lecki, N.K. & Lebcir, M. (2015). Does size matter? An exploration of the role of body size on brand image perceptions. *Journal of Product & Brand Management*, 24(3), 252–262. <https://doi.org/10.1108/JPBM-05-2014-0616>
- Woodfield, B., Asplund, M. & Haderlie, S. (2009). *Laboratorio Virtual de Química General (VCL)*. 3ª ed.: Pearson Prentice Hall.
- Wu, S., Wee, H.-M. & Lee, S.-B. (2016). Technical innovation vs. sustainability – A case study from the Taiwanese automobile industry. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.07.004>

[X]

- Xu, L., Huang, D. & Tsai, W.T. (2014). Cloud-based virtual laboratory for network security education. *IEEE Transactions on Education*, 57(3), 145–150. <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2282285>

[Z]

- Zacharia, Z.C. & Constantinou, C.P. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. *American Journal of Physics*, 76, 425–430.
<https://doi.org/10.1119/1.2885059>
- Zappatore, M., Longo, A. & Bochicchio, M.A. (2015). The bibliographic reference collection GRC2014 for the online laboratory research community, in: Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV). En *Proceedings of 12th International Conference On* (pp. 24-31). Bangkok, Thailand: IEEE.
<https://doi.org/10.1109/REV.2015.7087258>
- Zepeda-Hernández, S., Abascal-Mena, R. & López-Ornelas, E. (2016). Integración de gamificación y aprendizaje activo en el aula. *Ra Ximhai*, 12(6), 315-325. ISSN 1665-0441. Disponible en web:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46148194022>
- Zhi, X., Yang, H., Zhang, L., Chen, W. & Wang, Y. (2012). International meteorological and hydrological training and its evaluation at WMO RTC Nanjing. *Procedia Environmental Sciences*, 12, 1122–1128.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.397>

7.2. Recursos electrónicos citados

BiomasaGen. Grupo de Facebook que incluye material TIC sobre biorrefinerías virtuales como apoyo a la docencia con videos, noticias, grupos y donde se utiliza gamificación mediante la herramienta *Genial.ly*
<https://www.facebook.com/BiomasaGen-602859903242579/>

Biomasa_genial.ly. Presentación virtual con contenidos interactivos de los Laboratorios Virtuales sobre Caracterización de Biodiésel (LVCB) de la Universidad de Córdoba (UCO)
<https://www.genial.ly/58f76b27ba1aa60a6437807e/biomasa>

Laboratorio Virtual Biorrefinerías ceiA3. Portal educativo sobre laboratorios virtuales para el estudio de biorrefinerías de la Universidad de Córdoba (UCO)
<http://www.uco.es/docencia/grupos/laboratoriovirtualcei3/es/laboratorios-virtuales>

Oscivirtual UCO. Portal educativo sobre el Laboratorio Virtual Oscivirtual de instrumentación eléctrica de la Universidad de Córdoba (UCO)
<https://www.uco.es/oscivirtual>

Recursos TIC Educación. Portal educativo sobre simuladores en Formación Profesional (FP) del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF)
<http://recursositic.educacion.es/fprofesional/simuladores/web/>

UPM[3DLabs]. Servicio de Laboratorios virtuales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
<https://3dlabs.upm.es>

7.3. Normativa

[A]

ASTM D240-19, Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter, *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2019. Disponible en web: <https://www.astm.org>

[D]

Declaración de Bolonia (1999). Declaración conjunta de los Ministros Europeos de Educación sobre el Espacio Europeo de la Educación Superior. Bolonia, 19 de junio de 1999. Disponible en web: http://www.eees.es/pdf/Declaracion_Bolonia.pdf

Declaración de la Sorbona (1998). Declaración conjunta para la armonización del diseño del Sistema de Educación Superior Europeo (a cargo de los cuatros ministros representantes de Francia, Alemania, Italia y el Reino Unido). París, 25 de mayo de 1998. Disponible en web: https://www.uma.es/ees/images/stories/declaracion_sorbona_1998.pdf

[R]

Real Decreto 174/2008, de 8 de febrero, por el que se establece el título de Técnico Superior en Construcciones Metálicas y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, 52, de 29 de febrero de 2008, pp. 12345-12372. Disponible en web: <https://boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-3867>

Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior. *Boletín Oficial del Estado*, 185, de 3 de agosto de 2011, pp. 87912-87918. Disponible en web: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-13317>

Real Decreto 22/2015, de 23 de enero, por el que se establecen los requisitos de expedición del Suplemento Europeo a los títulos regulados en el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales y se modifica el Real Decreto 1027/2011, de 15 de julio, por el que se establece el Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior. *Boletín Oficial del Estado*, 33, de 7 de febrero de 2015, pp. 10325-10336. Disponible en web: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-1158

Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2008, relativa a la creación del Marco Europeo de Cualificaciones para el aprendizaje permanente. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 2008/C 111/01, de 6 de mayo de 2008. Disponible en web: https://ec.europa.eu/ploteus/sites/eac-cqf/files/journal_es.pdf

[U]

- UNE-EN ISO 3104:1996, Productos petrolíferos. Líquidos transparentes y opacos. Determinación de la viscosidad cinemática y cálculo de la viscosidad dinámica. (ISO 3104:1994). Disponible en web: <https://www.aenor.cat/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0013380>
- UNE-EN ISO 3675:1999, Petróleo crudo y productos petrolíferos líquidos. Determinación de la densidad en laboratorio. Método del areómetro. (ISO 3675:1998). Disponible en web: <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/une/?c=N0013428>

ANEXO A: PUBLICACIONES



ANEXO A1

PUBLICACIÓN EN REVISTA: Journal of Cleaner Production

ISSN: 0959-6526

Vol. 215 1 April 2019, Pages 399-409

LINK: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.098>

TÍTULO

Characterization of biodiesel using virtual laboratories integrating social networks and web app following a ubiquitous and blended-learning

AUTORES

Manuel Peinazo Morales, Pilar Aparicio Martínez, María Dolores Redel Macías, María del Pilar Dorado Pérez, Sara Pinzi y María del Pilar Martínez Jiménez

CITA

Peinazo-Morales, M., Aparicio-Martínez, P., Redel-Macías, M.D., Dorado, M.P., Pinzi, S. & Martínez-Jiménez, M.P. (2019). Characterization of biodiesel using virtual laboratories integrating social networks and web app following a ubiquitous and blended-learning. *Journal of Cleaner Production*, 215, 399-409.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.098>



Characterization of biodiesel using virtual laboratories integrating social networks and web app following a ubiquitous- and blended-learning



Peinazo-Morales Manuel ^a, Aparicio-Martínez Pilar ^b, Redel-Macías María Dolores ^c,
Dorado MP ^{d, *}, Pinzi Sara ^d, Martínez-Jiménez M. Pilar ^a

^a Dep. Física Aplicada, Ed. Albert Einstein, Rabanales Campus, Universidad de Córdoba, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario, ceiA3, 14071, Córdoba, Spain

^b Dep. de Enfermería, Facultad de Medicina y Enfermería, Avda. Menéndez Pidal s/n, Universidad de Córdoba, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario, ceiA3, 14071, Córdoba, Spain

^c Dep. Ingeniería Rural, Ed. Leonardo da Vinci, Campus de Rabanales, Universidad de Córdoba, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario, ceiA3, Córdoba, Spain

^d Dep. Química Física y Termodinámica Aplicada, Ed. Leonardo da Vinci, Campus de Rabanales, Universidad de Córdoba, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario, ceiA3, 14071, Córdoba, Spain

ARTICLE INFO

Article history:
Received 11 May 2018
Received in revised form
2 December 2018
Accepted 9 January 2019

Keywords:
Facebook
E-learning
Biomass
Biofuel property
Learning virtual environment

ABSTRACT

In this work, ubiquitous and blended learning focused on biofuel characterization, through three virtual laboratories, named "Determination of biodiesel heating value by automatic calorimeter", "Determination of biodiesel density by densimeter" and "Determination of biodiesel kinematic viscosity by Cannon-Ubbelohde viscometer", all integrated in a virtual platform, has been proposed. The idea was to approach environmental issues and sustainability needs to engineering students through biomass valorization or biorefinery development, avoiding or supporting costly lab equipment. Besides, same platform contents have been developed as web application and included in a Facebook social network group, named "BiomasaGen", which can be directly, automatically and ubiquitously accessed. Finally, verification, validation and evaluation of results from the developed three virtual laboratories and web app based on social network have been carried out, assisted by Context, Input, Process and Products method. The idea was to evaluate the inclusion of social networks, comparing the effectiveness of combining social networks and virtual laboratories as a new teaching methodology. As a result of this study, it was found that students appreciated both, developed virtual labs and network web app. Their decision was based on the accessibility of information, feedback during process, useful virtual training experiments and video tutorials, as well as theoretical concepts explained during virtual learning process. Social networks are used for almost all students; for this reason, they represent a powerful tool to improve communication between teachers and students, in this virtual learning context. The social network-based web app helped students to easily access virtual laboratories from any location, which was also very useful when University servers were not accessible or unavailable. Moreover, it has been demonstrated that ubiquitous and blended learning combined with experimental laboratory increases the probability of successful scores in final exams of Master subject (p-value 0.0183). Finally, students prefer social networks as a channel for exchanging information rather than common channels, i.e. e-mails. It may be concluded that the proposed combination of methodologies may significantly promote integration of subjects related to new sources of bioenergy (biodiesel and biorefineries) in postgraduate education. This methodology strongly approaches environmental and sustainability issues to education institutions.

© 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.

* Corresponding author. EPS, edificio Leonardo da Vinci, campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain.
E-mail address: pilar.dorado@uco.es (D. MP).

1. Introduction

Nowadays, higher educational system includes Information and Communication Technologies (ICT) in the learning process (Klimova et al., 2016; Torres et al., 2016; Vidacek-Hains et al., 2016). This fact has led to the evolution of new research pathways applied to technological development, resulting in the production of a huge variety of interactive and didactic tools available from different electronic devices (computer, mobile phone, tablet, etc.) (Castillo-Manzano et al., 2017; Martínez Jimenez et al., 2010; Olufadi, 2015). Developed technological applications and tools have been incorporated into different educational activities, among them, laboratory training stands out (Cambronero-López et al., 2017) aiming to improve both performance of educational process (Ramírez-Romero and Rivera-Rodríguez, 2017) and capacity of student self-learning (Roy et al., 2015). In this sense, it also facilitates student self-evaluation (Hulsman and van der Vloot, 2015) besides evaluation of teaching-learning process of both teacher and student (Sapia et al., 2016).

Virtual Laboratories (VL) and Learning Virtual Environments (LVE), as integrated parts of blended learning (b-learning) Interactive Virtual Platforms (IVP), support face-to-face formation in virtual rooms, which is characterized by the flexibility and interactivity of the process (Olympiou and Zacharia, 2012). B-learning, also named hybrid and mixed-mode learning, is an educational approach that blends complementary manifold delivery media while promoting learning (Olelewe and Agomuo, 2016) in the field of sustainability (Rose et al., 2015). These ICT resources are focused on collaborative learning, as they are based on communicative and interactive tools, i.e. chat, e-mail, discussion forum, instantaneous messenger services and weblogs (Venville et al., 2017). Numerous studies corroborate the usefulness of VL as didactic tool (Daineko et al., 2017; Olympiou and Zacharia, 2012; Redel-Macias et al., 2015) or as instrument for research or industry decision making (Silva et al., 2016). These laboratories promote acquisition of skills when no access to experimental laboratories is granted (i.e. developing countries or mobility difficulties), besides the potential use as supporting tool to experimental laboratories.

In a previous research, a virtual laboratory focused on the production of biodiesel, which may be accessed through a website, was developed (Redel-Macias et al., 2016). This web application was tested with students of the Master of "Distributed renewable energies" (MECES 3 -EQF7) of the University of Cordoba, Spain, achieving very good results. However, the application was created with Flash Programming language, which only allows to be used as hosted web application on personal computers (with operating system Windows or MacOSX). Moreover, Flash is expected to disappear in the coming years, being replaced by languages like HTML5.

Besides, the increasing use of social networks (SN) sites, i.e. Facebook, Twitter, Instagram or WhatsApp, constitutes an undeniable reality. In fact, these networks are the most common way of sociocultural interaction for the youth (Watson et al., 2015). Moreover, audio-visual media, i.e. videos and photographs, show higher impact over users than written text, which means that they are preferred as propagation media of ideas in SN (Ghali et al., 2016; Pittman and Reich, 2016). Young people are main users, sometimes showing an addictive behavior, in many cases accessing daily SN sites and even with high daily frequency (Rodgers and Chabrol, 2009). As a result, SN have a great influence over youth habits and life style (Hayes et al., 2015).

Based on this influence, many authors have proposed new b- and

ubiquitous learning (u-learning) educational methods based on SN sites (de Kraker et al., 2013; Dlouhá et al., 2013; Lorenzo-Romero and Buendía-Navarro, 2016) standing out the importance in education due to communication fluency between teachers and students (Celik et al., 2015). u-learning is usually associated to mobile learning (m-learning), as it allows accessing the platform independently of time and place. The easy accessibility to educational contents from ubiquitous devices (smart mobile phones, contactless smart cards, handheld terminals, sensor network nodes) allows individual learning activities embedded in daily life and enables anyone to learn, anytime, anywhere. Moreover, SN sites allow communication with experts in specific subjects and students from different places; besides, they ease accessibility of information to students to complete diary tasks in a self-didactic and efficient way, increasing educational community feeling (Arteaga Sánchez et al., 2014; Van Waes et al., 2016; Cincera et al., 2018). Previous works include the use of SN sites as learning tool for medical and chemistry subjects (Ainin et al., 2015; Al-Rahmi et al., 2018). In addition, these networks might incorporate multimedia tools, i.e. videos, web links, tutorials and animations, which allow building private spaces for lecturing (Konstantinidis et al., 2013). As previously mentioned, these networks facilitate student self-learning, making possible to teachers to follow up the learning process, helping them to improve the weaknesses of the process.

However, the feasibility of SN as learning tool in the classroom needs some grade of control and responsibility practiced by both teachers and students. Undoubtedly, SN sites constitute a magnificent educational and learning tool, besides being a space where information and experience may be exchanged. As a result, SN used in addition to learning virtual platforms help to increase effectiveness of the teaching-learning process (So, 2016). In this sense, few studies have studied the influence of SN combined with VL as u-learning. Furthermore, in the field of biomass, only our previous work (Redel-Macias et al., 2016) provided a VL with the purpose of improving the learning process of postgraduate students.

For the previous reasons, the aim of this research is the development of three VL for biodiesel characterization, as a complementary tool to experimental laboratory, namely "Determination of biodiesel heating value by automatic calorimeter", "Determination of biodiesel density by densimeter" and "Determination of biodiesel kinematic viscosity by Canon-Fenske viscometer". All of them are integrated in a virtual platform, made by authors, focused on the study of biodiesel and that can be accessed through the following link: <<http://www.uco.es/docencia/grupos/laboratoriovirtualceia3/es/laboratorios-virtuales>>. Additionally, implications of a VL mobile version development are also analyzed.

Complementary to the previous objective, inclusion of SN sites in the learning platform, combined with VL as new teaching methodology, has also been studied. In this sense, to improve accessibility and information dissemination, a Facebook group about biomass called BiomasaGen, which may be accessed through the link <<https://www.facebook.com/BiomasaGen-602859903242579/>>, was created. In our previous work (Redel-Macias et al., 2016), inclusion of SN sites in the learning platform or use of mobile app were not considered. Moreover, as previously mentioned, use of Flash limits accessibility of students to the learning process. For this reason, the platform has been improved, allowing u-learning and including three VL.

Another objective of this work is to evaluate the three proposed VL through verification and validation, focusing on Context, Input, Process and Product (CIPP) method (Stufflebeam, 2003), including expert, user and student point of views, satisfaction degree and

effectiveness of tools in the educational process. To the best of our knowledge, studies using CIPP method to evaluate VL and SN are needed. Moreover, there is a lack of published research about the implementation of LV based on biodiesel characterization in SN.

Satisfaction degree analyses, including software and net where it is located, besides the influence over teaching-learning process, will be carried out at the end of the process, with students of subject "Biomass for generation of energy", within the Master of "Distributed renewable energies" (University of Cordoba, Spain). To achieve these goals, the proposed study has been divided into four phases, namely development of three VL, development of SN site, evaluation of VL (using CIPP method) as teaching tool and combination of both SN and VL as new learning methodology.

2. Experimental description, materials and methods

2.1. Development of virtual laboratories for biodiesel characterization

Three VL, which reproduce faithfully determination of some biodiesel properties in a chemical laboratory, have been developed (Fig. 1). These VL are named "Determination of biodiesel heating value by automatic calorimeter", "Determination of biodiesel density by densimeter" and "Determination of biodiesel kinematic viscosity by viscometer Canon-Fenske".

Biodiesel is considered among the most important products derived from biomass, as it may be used to fuel diesel engines. Biodiesel quality control is essential to ease its acceptance by both consumers and vehicle manufacturers (Pinzi et al., 2009). Quality control consists in the analysis of the most relevant physico-chemical properties, which includes heating value, density and kinematic viscosity.

Determination of biodiesel heating value by means of C2000 IKA automatic calorimeter

By this training, higher heating value (HHV) and lower heating value (LHV) of biodiesel and fossil fuels are determined. These parameters indicate released energy when a fuel undergoes complete combustion (HHV) and includes water heat of vaporization,

whereas it is excluded in LHV calculation. As an example of its implications, biodiesel depicts a lower value compared to that of diesel fuel, thus needing to increase fuel consumption to provide same engine power (Dorado et al., 2003).

It is followed by further analysis considering standards. To carry out this training, bomb calorimeters help to define the heat released during the complete combustion of the mass unity of biodiesel. A fuel sample, previously weighted, is placed inside a disintegration container in the calorimeter, with oxygen excess. Then, an explosion takes place, allowing to measure the increase of temperature.

Determination of biodiesel density by means of a densimeter

Proposed biodiesel training follows standard EN ISO 3675 and is prepared to be used with refined sunflower oil and diesel fuel by the procedure of densimeter; results are compared to those of standard. Density is an important fuel property, that directly affects engine performance characteristics, such as cetane number and heating value. Moreover, diesel fuel injection system estimates fuel volume. Consequently, variations in fuel density will affect engine output power due to variations of fuel mass injected (Alptekin and Canakci, 2008).

Determination of biodiesel kinematic viscosity by means of a viscometer Canon-Fenske

This training is focused on the determination of kinematic viscosity of both biodiesel and recycled waste oil samples at different temperatures, to compare them with that of diesel fuel under same temperature values. Canon-Fenske viscometers will be used to follow standard ISO 3104. Kinematic viscosity is an important fuel property, as it directly influences injection process, liquid atomization and spray formation (Lee et al., 2005).

2.5. Design of BiomasaGen group as part of social network

The three VL about characterization of biodiesel are located in a website called "Virtual Biorefineries" implemented by authors (University of Cordoba, Spain) in collaboration with the University of Huelva and Cadiz (Spain), Birmingham and Manchester (UK) and Agricultural University of Athens (Greece). First version of this webpage, out of two, was implemented using the open-source database management system MySQL and Apache HTTP server (see Fig. 1 and visit the web link: <<http://www.uco.es/docencia/grupos/laboratoriovirtualceia3/es>>). Animations and simulations were designed using ActionScript programming language under Adobe Flash 8 environment, to bring better definition to 3D graphics. This version is accessible from any web browser. However, since nowadays Adobe Flash cannot run on other operating systems, such as Android or iOS, it prevents their use in tablets and mobile phones. Moreover, Flash is expected to disappear in 2018. To overcome the disadvantage about accessibility, while linking VL with highly visited SN, i.e. Facebook, design software Genial.ly was used. It is based on HTML5 programming language, thus providing a fresh and more accessible version (see Fig. 2 and visit the weblink: <<https://www.genial.ly/58f76b27ba1aa60a6437807e/biomasa>>). We also built a working group about biomass in Facebook and linked VL to it (<<https://www.facebook.com/BiomasaGen-602859903242579/>>). Each virtual laboratory contains mentioned biodiesel characterization experiments, explained step by step, including animations, thus reproducing real process.

VL must include necessary functions to simulate real process, in the most realistic way. In proposed VL of biodiesel characterization, development of experiments is based on the use of 3D animations, either in Flash environment (Windows/MacOSX version) or Genial.ly (version for mobile devices and accessible through every

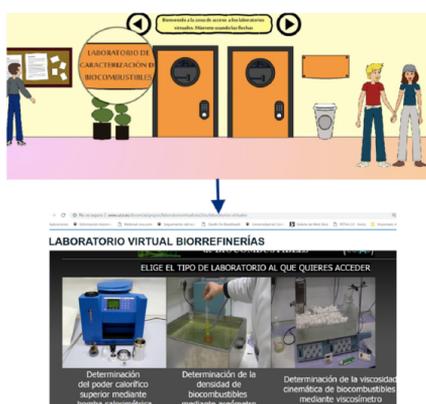


Fig. 1. Access to biodiesel characterization virtual laboratories web platform.

operating system). Animations allow to illustrate in detail procedures, i.e. sample manipulation or safety protocols.

Each VL presents a menu located in the upper side of the screen, showing the following options: "Start", "Move through training", "Training tutorial", "Help", "Links" and "Contact". Moreover, each of the previous items offers several submenus, for example:

- Option **Move through training** includes the complete description of the laboratory, showing every component, as well as self-evaluation questionnaires and surveys of satisfaction.
- Option **Training tutorial** displays the next submenu: **training guide**, that may be downloaded in pdf format, **video tutorials** about the procedure of the complete training, which is linked to youtube (i.e., <<https://youtu.be/3YGrFd-gUxc>>; <https://youtu.be/x7UAhoUB_64>; <https://youtu.be/nYKMw7kB_fm>), **flow chart of the experiment** (Fig. 3) and **photo gallery**. Video tutorials facilitate students the comprehension of proposed processes. They have been videotaped in the laboratory of research group BIOSAHE TEP-169, Department of Physical Chemistry and Applied Thermodynamics of the University of Cordoba (Spain) and correspond to real training experiments of biodiesel. Subsequently, videos have been edited and produced with the help of **Pinnacle Video Spin** software.
- In option **Help**, there is a menu that includes the User Guide and Help Forum.

In the main page of the website, a tridimensional laboratory is introduced to the user by virtual assistant "Azahara", who indicates by texts the actions to do, step by step. The process reproduces faithfully laboratory experimental work, thus allowing students to work virtually and advising them. Finally, students can self-evaluate achieved knowledge.

2.6. CIPP method to evaluate VL

To evaluate the three proposed VL using CIPP method, a survey has been carried out. To accomplish this task, several questionnaires based on a recent work have been used, following the methodology proposed by **Stufflebeam (2003)**. According to CIPP method, evaluation should consider four issues, namely context, input, process and product. In this work, they have been grouped in



Fig. 2. BiomasaGen working group in Facebook (left) and access to VL via Genially (right).

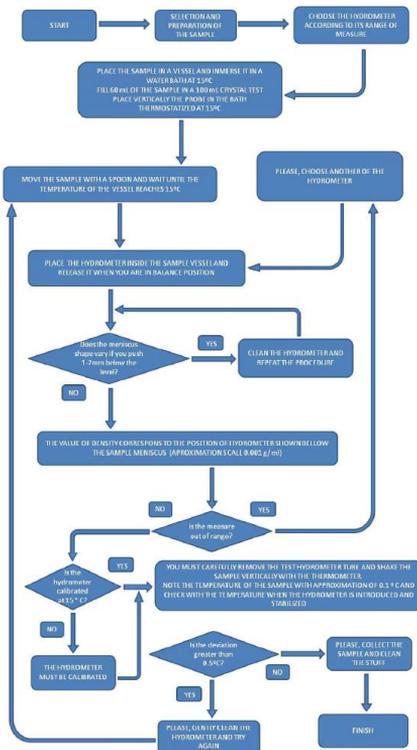


Fig. 3. Flow chart of the experiment "determination of biodiesel density by means of a densimeter".

three correlated features, which are context, design and evaluation of VL and implementation process of VL.

Evaluation of context is intended to identify the features of environment where the three VL are used, which in this case corresponds to the subject "Biomass for the generation of energy". Results on ICT integration, in terms of possible limitations of resources (materials, schedules, training, etc.) and willingness of teachers to use these VL as pedagogical resource complementary to experimental laboratory training have been analyzed.

2.6.1. VL design, evaluation and process implementation

Evaluation of educational tool consists in verification of whether the designed application meets the predefined objectives from a technical and educational point of view. The design of three biodiesel VL was evaluated by a group of teaching experts, according to the questionnaire developed in a previous work (**Peinazo-Morales, 2012**). Once designed and previously to its implementation in the classroom, it was submitted to a second set of experts for a second evaluation. They offered their point of view regarding technical and

pedagogical properties of both design and use of three VL.

An evaluation form composed by four sections has been used: first one corresponds to assessment of technical and functional aspects of the program; second section is focused on pedagogical aspects; third section collects expert observations and, finally, last section covers the request of overall evaluation of the program (low, medium, high or excellent).

Process evaluation has been carried out to know how designed VL performs in a real context, including individual opinions, formal and material elements that could influence the application of the program.

The evaluation of the process has been performed for the course where experimental training of the subject “Biomass for generation of energy” was programmed. Four sources of information were used:

1. Structured observation in the classroom, as a qualitative research technique, using a record sheet as the instrument of observation by the teacher of the subject. Aspects related to the context in which the application of VL has been developed (classroom conditions, success of working groups, length of each activity, etc.), including aspects related to student attitude to VL (autonomy, concentration, motivation, etc.) and aspects related to the role played by teacher in the development of the activity (explanations, interventions, attention to students, etc.) are taken into consideration.
2. Information provided by software.
3. Student evaluation is collected in a questionnaire (Table 1). It contains two types of issues: a) descriptive questions that are focused on how the experience has been carried out and b) other group of questions with the objective of understanding the opinion of students and their interest and motivation for this type of laboratory activities supported by VL.
4. Teacher evaluation is provided by an interview, following a qualitative research technique with open response.

2.7. Student assessment of the use of social networks

Among young people, SN sites have become an instrument to connect and spread news that can influence trends in their behavioral model. There are numerous studies stating the importance of SN as ICT tools in education (Celik et al., 2015; Lorenzo-Romero and Buendía-Navarro, 2016). For this reason, as this research is focused on the influence of ICT on education, mainly virtual environments, introduction and use of SN in the learning system have been promoted and studied.

To assess student opinion about the use of these networks in education, an anonymous questionnaire was first designed and later answered by students (Table 1), through a Moodle

questionnaire. Most responses were in favor of the use of SN, both as instruments of news dissemination and as teaching tool. Final evaluation, after implementation of the Facebook group, has been made using an additional questionnaire.

2.8. Teaching experience and methodology

As previously mentioned, three virtual laboratories have been used as a didactic tool in the subject “Biomass for generation of energy” (6 ECTS credits, corresponding to 100 h; 40 h correspond to master and training classes and 60 h to personal autonomous work. Lectures are scheduled from Friday to Saturday, so each subject is worked with students during two consecutive weeks. Timetable aims to promote compatibility of studies and jobs.

Training experiments have been carried out every course, since the beginning of the Master in the course 2012–2013. In the current course, 2016–2017, opinion of students about the use of SN as a complementary didactic tool of information has been gathered and evaluated, supervising both training and complete subject.

Methodology is similar to that of other subjects where VL are used and evaluated (Jara et al., 2009). Four training sessions, of two hours each, followed theoretical classes, scheduled for consecutive weeks. In the first session, students start familiarizing with laboratory equipment. The objectives of this first session are: first, to gain knowledge about the laboratory instruments as well as methodology of work and, second, to be informed about safety protocols to be followed during experiments. The second session is focused on the production of biodiesel by transesterification and its subsequent characterization. In the third and the fourth sessions, students carry out the characterization of this product. The objective is to analyze different physico-chemical properties of biodiesel.

To carry out the training, students are divided into small working groups. Once the procedure is known with the help of VL, students carry out real laboratory training, supervised by teachers and with the aid of VL included in both the webpage of the University and those developed in SN (links already mentioned) (Fig. 4). In the academic year 2015–2016, training classes were only performed virtually, even though students visited the experimental laboratory to identify instrumentation.

At the end of the training classes, students were given a questionnaire to evaluate their degree of satisfaction about the use of VL included in both the University webpages and those developed in SN. Survey items include five main topics: (11) help resources, (12) ease-of-use and interface environment assessment, (13) motivation and encouragement, (14) learning promotion and (15) adaptation of theory content. The purpose of this questionnaire was to evaluate the usefulness of the developed software, since it is known that student satisfaction and motivation are key success factors (Verdú et al., 2012). It also helps to further improve the platform.

Table 1
Student assessment questionnaire.

STUDENT ASSESSMENT	
I-Knowledge of the tool	Computer availability at home Particular frequency of use of the computer Frequency of use at the University Difficulty in managing VL
II-Development of the experience	Use of tutorials and video tutorials Repetition of activities and exploration of the program
III-Assessment program	Assessment of tutorials and video tutorials Assessment of the simulation environment Assessment of activities carried out Assessment of evaluation process
IV-Motivation	Assessment of learning process Degree of interest over the developed activities Arrangement and attitude

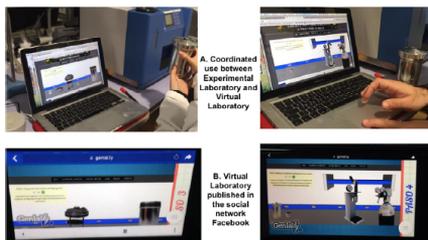


Fig. 4. Coordination of virtual and experimental laboratories. a) Coordinated use between experimental and virtual laboratories, b) Virtual laboratory published in the social network Facebook.

3. Results and discussion

3.1. Evaluation of comprehensive VL using CIPP method

Results have been analyzed for: 1) comprehensive evaluation of both the platform and the VL using CIPP method; 2) evaluation of students about the inclusion of SN as learning tool and 3) results of experimental teaching using different multimedia tools and their impact over the learning process.

To perform the evaluation of ICT by CIPP method, firstly, before these tools are used, context, design and implementation methods are analyzed by experts, and later by teachers involved in the experience.

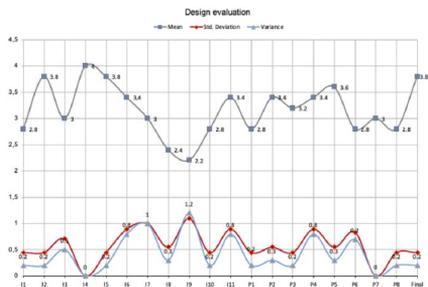


Fig. 5. Technical evaluation carried out by the expert group (N = 6).

Fig. 5 shows the technical assessment of both VL and platform carried out by expert users. Results of mean scores achieved for each technical - functional item (I) and pedagogical item (P) are shown in Table 2. Moreover, standard deviation and variance for each value have been calculated. There are four possible responses: low (1), mean (2), high (3) and excellent (4), for each item described in Table 2, grouped in 11 technical – functional items and 8 pedagogical items.

As may be seen from Fig. 5, global score is around 3.8 (out of 5) ± 0.2. The best evaluated items (3.8 or higher) are information to user (I2) with a score of 3.8 ± 0.2, quantity and quality of multimedia content (I4) with a score of 4 ± 0 (excellent) and interactivity (I5), 3.8 ± 0.2. On the contrary, the worst evaluated and dispersed items (2.5 or lower) are access to scores (I8) with a value of 2.4 ± 0.3, and access to other resources (I9) with a mean of 2.2 ± 1.2. Remaining items show scores between 2.8 and 3.5, being considered as good marks. As the worst evaluated items are not influencing methodology implementation, results may be considered positive.

Study of teacher assessment of context (Table 2) has been carried out by means of a questionnaire that includes availability of computer rooms, number of computers and software, teacher skills (including ICT), etc. Results show that 90% teachers believe there are enough ICT resources, including laboratories, software and computers with access to internet. It is important to emphasize that a regular teacher holds a teaching experience from 5 to 15 years and uses ICT weekly in undergraduate courses and, fortnightly, in postgraduate courses. Considering other questions, it may be inferred that regular teachers show high interest in procedural content, mainly basic and technical skills, being an advanced level user of ICT.

Another technical item studied is the teacher assessment about the implemented website and VL. This study has been carried out using same questionnaire that was used for experts (Table 3). Results are similar to those provided by experts. Some positive technical items are interface, clarity, similarity with experimental laboratory and interactivity. Website maintenance (where VL are hosted) and easiness of registration process in the website have been suggested.

As positive pedagogical items, quality of information, feedback, video tutorials, theoretical contents and completeness of instruction sheets could be highlighted. Main advantages of VL vs experimental laboratory are the possibility of repeating training as often as needed, saving costly resources, besides the possibility of working with large groups. However, the main advantage for teachers is the required low level of abstraction and the need of a low initial effort by students to understand the virtual platform. In this sense, a previous study based on VL for undergraduate students highlighted usability, content and effectiveness as key points for pedagogical methodologies (Manzorro et al., 2015). Additionally,

Table 2 Description of the technical-functional and pedagogical objectives.

TECHNICAL-FUNCTIONAL OBJECTIVES	PEDAGOGICAL OBJECTIVES
I1 Information to the user (About how to use it and objectives)	P1. Relevance of contents
I2 Visual environment (content presentation)	P2. Efficiency of learning process
I3 Surfing the net (easiness of use, efficiency, speed)	P3. Adequacy of contents (to the cognitive level of the user)
I4 Multimedia items (quantity, quality)	P4. Ability to motivate
I5 Interactivity (possibility of manipulation, ease of data input, answers)	P5. Supervising (utility of help resources)
I6 Contents (clarity, organization)	P6. Autonomy (encouragement of decision making)
I7 Support services (availability, access)	P7. Cognitive effort (comprehension, comparison, exploration, metacognitive reflection)
I8 Registration of scores (access to information, utility)	P8. Evaluation (promoting feedback)
I9 Access to other resources (link)	
I10 Adaptation of design to educational level	
I11 Adequacy of contents to time (same class time)	

Table 3
Teacher remarks during the implementation of VL.

CONTEXT	ANNOTATIONS
Working teams	Correct
Internet connection	Good
Software operation	Initial problems to register in the website
STUDENTS	
Management of VL tool	Good
Needs for teacher supervision	Limited
Concentration	High
Motivation	Medium-high
Difficulties to achieve didactic objectives	None
TEACHERS	
Length of explanations	Short (15 min)
Working environment	Good
Students supervision	Good

the use of VL has been proposed as substitute of experimental laboratory when it is not accessible (Norin et al., 2018; Zhu et al., 2018). Although, combination of experimental and virtual laboratories are mostly recommended (Berre et al., 2018; Norin et al., 2018; Zhu et al., 2018).

Furthermore, process evaluation of VL implementation in the classroom has been carried out by means of a registration form (Table 4). The following items have been highlighted: 1) working condition of computers and internet connection; 2) working condition of VL and potential problems to register in the website; 3) accessibility of program contents and easiness to use by students with little teacher assistance and high concentration and motivation, and 4) good working environment and student attention. In this sense, Table 5 shows main results collected by teachers. As may be inferred, when VL are used, combined or not with experimental laboratory, no deficient scores were given by students. Highest score was achieved with the use of VL combined with experimental laboratory, while lowest score was achieved with the use of real laboratory. These results are statistically validated (section 3.3).

3.2. Initial assessment of students regarding the use of social networks as a learning tool

The starting study gathering student opinion about SN sites and the potential use as learning tool in master's degree courses have been carried out by means of a questionnaire, as shown in Table 4. The questionnaire has been answered by 46 voluntary and anonymous students. Table 4 shows the frequency of each item responses.

Results show that 97.83% of students use SN as way of communication, being Facebook the most used (86.95%) followed by Twitter (45.65%) and Instagram (43.47%). These results disagree with previous works focused on younger population, to whom the most used SN is Instagram (Phua et al., 2017). WhatsApp is less used to share news and multimedia (2.17%), although other studies has shown that WhatsApp is mostly used as mobile instant messaging (>90%) (Church and de Oliveira, 2013). Contrary to other authors (Phua et al., 2017), remaining students (19.6%) preferred diverse and uncommonly used SN sites, i.e. Snapchat.

Most students use from one to three SN sites (30.44%, 21.73% and 34.79%, respectively). Only a small percentage do not use any SN (2.17%) and few students use more than three (10.87%). Also, results showed that 80.4% of students used daily SN, to be in contact with friends and family (30.4%) and to gather and share information with other people (43.5%). On the contrary, only 19.6% of students use it to chat or show information, while very few use SN to publish photographs or comments from other users. These results are in agreement with those from Phua et al. (2017).

Moreover, in terms of importance of SN, answers follow a normal or Gaussian distribution. In addition, 71.7% students consider that SN sites influence relationships. About the possibility of increasing the number of friends, most results were found from 50 to 200 and 200 to 300, that is, most considered intervals show same results (around 21%) excepting when the number of friends exceeds 500, that is halved. Also, 82.6% population knows above 50% of their followers. About the frequency of connection, in case they are checking SN daily, 45.7% check it for more than two hours, while it is checked hourly by 26.1% and every two hours by 15.2%.

Finally, regarding the potential use of SN in the teaching process, most students agree it may be helpful (47.8%) while 30.4% hesitate. 52.2% students find that the use of SN for teaching is a good idea, while 17.4% hesitate and 30.4% disagree. These results agree with previous works about potential benefits of SN (Sousa-Vieira et al., 2017; Wu et al., 2016). Though, some works have shown that student interest is focused on the development of a community (Al-Rahmi et al., 2018; Phua et al., 2017) and the active interaction of the faculty members of the university (Doğan et al., 2018). Additionally, Facebook was pointed out as preferred SN site to provide a sense of community and interactional relationship (Arteaga Sánchez et al., 2014; Norin et al., 2018; Phua et al., 2017), though Twitter and Whatsapp also meet this purpose (Vézina, 2014).

Based on these results, the working group "BiomasaGen" in Facebook and a web app in this network called "BiomasaGen" have been developed. The network includes ICT tools for VL, multimedia, groups, news, thus promoting collaborative work, regardless distance and time. Lastly, it is important to remark that SN and working group in SN sites are excellent alternatives when connection to university servers cannot be accessed or fails for any reason (VPN stops working when out of the campus, server is down, etc.). This technology, undoubtedly, will help engineers to achieve skills in biomass valorization and biorefinery development, in terms of biodiesel characterization. These findings are collaborating towards education for sustainable development, thus helping society becoming more sustainable and environmentally friendly.

3.3. Statistical study about teaching experience

Data about student training results and final evaluation scores on the subject "Biomass for energy generation" have been collected for five years, as depicted in Table 5. Moreover, main score and standard deviation are shown. In this table, higher frequencies correspond to good and very good scores, with deficient level showing no hits. During these academic years, teachers carried out training experiments using different modes:

Table 4
Frequency of responses to the survey on the use of social networks in teaching master subjects (N = 46).

PRELIMINARY STUDENT QUESTIONNAIRE		Frequency (%)
I- Do you use any social network?	Yes	97.83
	No	2.17
II-What social networks do you generally use?	Facebook	86.95
	Twitter	45.65
	Instagram	43.47
	WhatsApp	2.17
	Others (Snapchat, google+, LinkedIn, etc.)	19.56
	0	2.17
III- How many social networks do you use?	1	30.44
	2	21.73
	3	34.79
	More than three	10.87
IV-How often do you use social networks?	Daily	80.4
	Three to four times a week	8.7
	Biweekly	2.2
	Once a week	8.7
V- For what purpose do you use social networks?	To chat or to show informal information to everyone	19.6
	To get information and share it	43.5
	To keep in touch with friends or family	30.4
	To publish photos and comments from others	6.5
VI- Rate from 1 to 5 how important social networks are to you, being 1 not important and 5 very important	1 Unimportant	8.7
	2 Little important	19.6
	3 Regular	39.1
	4 Important	21.7
	5 Very important	10.9
VII- Do you think using social networks affects person-to-person relationships?	Yes	71.7
	No	8.7
	Maybe	19.6
VIII- If you have Facebook, how many friends do you have?	Between 50 and 200	21.7
	Between 200 and 300	21.7
	Between 300 and 500	23.9
	More than 500	10.9
	Do not know/no answer	21.7
IX – Out of your social network, how many friends do you really have?	Less than 50%	15.2
	More than 50%	39.1
	All of them	43.5
	Do not know/no answer	2.2
X- How often do you review social networks per day?	Every 15 min	4.3
	Every 30 min	8.7
	Hourly	26.1
	Every two hours	15.2
	Above two hours	45.7
XI-Do you consider that social networks can be used in subjects as a means to provide information and communication between teachers and students?	Yes	47.8
	No	21.7
	Maybe	30.4
XII. Would you like teachers to use social networks as a means of communication?	Yes	52.2
	No	30.4
	Maybe	17.4

Table 5
Master-degree student-final evaluation results for five academics years (virtual laboratory). RL: real laboratory. VL: virtual laboratory, VR + VL: virtual laboratory combined with real laboratory.

Academic Year	No. of student	Type of training	Not attending (%)	Deficient (%)	Acceptable (%)	Good (%)	Very good (%)	Main score	Standard deviation
2012–13	36	RL	0	2.8	16.67	52.75	27.78	7.06	1.65
2013–14	34	VL + RL	0	0	11.76	41.17	47.07	8.53	0.99
2014–15	14	VL + RL	7.14	0	14.28	28.58	50	8.02	1.98
2015–16	23	VL	4.3	0	26.08	30.43	39.19	7.82	2.05
2016–17	10	VL	0	0	12.30	43.55	44.15	8.10	1.87

- a) Combining theoretical lectures with laboratory training (academic year 2012–13).
- b) Carrying out VL training before doing any training experiments in the laboratory.
- c) In the academic course 2015–16, due to logistic problems, training experiments could only be done virtually.
- d) In the course 2016–17, only virtual training combined with the use of SN sites as an assistant tool and e-learning have been used.

Table 6
Anova test to analyze the correlation between final evaluation score (FE) and use of virtual lab (VL).

ANOVA				
	Sum Sq	Df	F value	p-value
FE vs VL	65.16	14	2.2204	0.0183
Residuals	115.29	55		

To analyze whether the use of VL has any impact on final evaluation results of master-degree students, an ANOVA study was carried out (Table 6). Correlation between final evaluation scores (FE) and the use of VL was significantly above 98% (P-value of 0.0183). It corroborates that the use of VL improves understanding and learning experience. This result is reliable with previous reports on VL efficiency, improving practical skills and keeping technique knowledge for longer periods of time (Redel-Macias et al., 2016; Norin et al., 2018; Phua et al., 2017).

Moreover, a lineal model of correlation between variables has been carried out. As depicted in Table 7, lineal correlation between range of scores achieved in the final evaluation and the use of VL, for every range of final evaluation score, show a significant correlation (more than 92% of confidence level). Considering the value of polynomial regression (Pr) of t-student test, it is possible to appreciate that this correlation highly improves for 5–5.99 and 8–8.99 scores. In case of scores in the range of 5–5.99 of final evaluation of the subject, the use of VL depicts a negative influence, at 99% confidence level; whereas for good or very good evaluation (scores between 8 and 8.99) the use of VL shows a positive effect, at a 99% of confidence level. These findings clearly validate results showed in Table 5, which means that the use of biodiesel characterization-based VL increases the possibility to achieve good or very good marks in final exams, while decreases the possibility to achieve acceptable or low final marks in the master subject. In this sense, previous studies established this positive influence in new engineering degrees for undergraduate students (Norin et al., 2018). Though, its impact has never been previously studied in master degree engineering students.

4. Conclusions

Three virtual laboratories (VL) focused on biodiesel characterization have been developed. They have been integrated in a previous virtual platform for the subject “Biomass for generation of energy” in the Master of “Distributed renewable energies”. Moreover, a VL web application integrated in a social network group, thus providing a blended and ubiquitous learning (b- and u-learning) has been developed. The importance of the development of these VL is based on the needs of postgraduate students to understand the basis of residual biomass valorization sector, thus

helping society being more sustainable. Postgraduate students were supervised and trained within the proposed methodology with successful results. It is important to mention that only few universities have included similar learning techniques for postgraduate students, and almost none have combined VL and social network (SN) sites to improve learning process.

To check the impact over students, Context, Input, Process and Product (CIPP) method has been proposed. Students appreciated VL-based learning, as well as the working group in the SN site, for clarity of information, feedback given during process, completeness of virtual training and video tutorials, as well as theoretical concepts explained during virtual learning process. It has been proved that SN sites are used by almost all master students. For this reason, they represent a powerful tool during the educational process, to improve communication between teachers, students, teachers-students, besides providing a more attractive virtual b-learning and u-learning context. The working group hosted in SN site, besides the web application developed in this work, resulted very useful to students to both facilitate the contact (to solve problems and gather more information) and access to VL, also when students are elsewhere with no access to university server. It has been demonstrated that the use of VL combined with traditional experimental one increases the possibility to improve the final mark in the master subject.

The use of VL located in SN site may combine the efficiency of virtual practices with the ubiquity of social networks to improve both participation and effective learning of postgraduate students.

As a general conclusion, the proposed methodology may significantly promote the integration of subjects related to new sources of bioenergy (biodiesel and bioferries) in education institutions. The most outstanding benefit of this methodology is that it can be used anywhere, anytime, helping to increase knowledge, collaborative environment and training of future engineers working on biomass valorization and biodiesel industries. This methodology strongly approaches environmental and sustainability issues to education institutions.

Acknowledgements

Authors thank the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness, which provided financial support (ENE2013-47769-R) and infrastructure support provided by EU through the Spanish and Andalusian Government, Spain (UNCO15-CE-3741, UNCO10-1E-499 and IE_57171).

References

Ainin, S., Naqshbandi, M.M., Moghavvemi, S., Jaafar, N.I., 2015. Facebook usage, socialization and academic performance. *Comput. Educ.* 83, 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.018>.

Alptekin, E., Canakci, M., 2008. Determination of the density and the viscosities of biodiesel–diesel fuel blends. *Renew. Energy* 33, 2623–2630. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.02.020>.

Al-Rahmi, W.M., Alias, N., Othman, M.S., Marín, V.I., Tur, G., 2018. A model of factors affecting learning performance through the use of social media in Malaysian higher education. *Comput. Educ.* 121, 59–72. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.02.010>.

Arteaga Sánchez, R., Cortijo, V., Javed, U., 2014. Students’ perceptions of Facebook for academic purposes. *Comput. Educ.* 70, 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.018>.

Table 7
Statistical analysis of correlation between the range of scores achieved in the final evaluation (FE) of the subject and the use of virtual laboratory.

	Estimate	Std. error	t value	Pr (> t)
(Intercept)	2016.13696	0.52357	3850.713	<2e-16 ***
FE	-0.22195	0.05569	-3.985	<0.001 ***
FE (Not attending)	-0.96544	0.24554	-3.932	<0.001 ***
FE (score 4–4.9)	-1.22817	0.62275	-1.972	0.054
FE (score 5–5.9)	-1.19858	0.38616	-3.104	<0.01 **
FE (score 6–6.9)	0.83841	0.45663	1.836	0.072
FE (score 7–7.9)	0.90500	0.45599	1.980	0.053
FE (score 8–8.9)	0.96604	0.34680	2.786	<0.01 **
FE (score 9–9.9)	0.71079	0.34655	2.051	<0.05 *

*Significance at 0.05 level; **Significance at 0.01 level; ***Significance at 0.001 level.

- compedu.2013.08.012.
- Berre, A.J., Huang, S., Murad, H., Alibakhsh, H., 2018. Teaching modelling for requirements engineering and model-driven software development courses. *Comput. Sci. Educ.* 28, 42–64. <https://doi.org/10.1080/08993408.2018.1479090>.
- Cambrenero-López, F., Gómez-Varela, A.I., Bao-Varela, C., 2017. Designing an ultrafast laser virtual laboratory using matlab guide. *Eur. J. Phys.* 38, 034006.
- Castillo-Manzano, J.I., Castro-Núño, M., López-Valpuesta, L., Sanz-Díaz, M.T., Yñiguez, R., 2017. To take or not to take the laptop or tablet to classes, that is the question. *Comput. Hum. Behav.* 68, 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.017>.
- Celik, I., Yurt, E., Sahin, I., 2015. A model for understanding educational Facebook usage. *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.* 11, 899–907.
- Church, K., de Oliveira, R., 2013. What's up with whatsapp?: comparing mobile instant messaging behaviors with traditional SMS. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '13*. Presented at the 15th International Conference. ACM Press, Munich, Germany, p. 352. <https://doi.org/10.1145/2493190.2493225>.
- Cincera, J., Biberhofer, P., Binka, B., Boman, J., Mindt, L., Rieckmann, M., 2018. Designing a sustainability-driven entrepreneurship curriculum as a social learning process: a case study from an international knowledge alliance project. *J. Clean. Prod.* 172, 4357–4366. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.051>.
- Daineko, Y., Dmitriyev, V., Ipalakova, M., 2017. Using virtual laboratories in teaching natural sciences: an example of physics courses in university: using virtual laboratories in teaching natural sciences. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 25, 39–47. <https://doi.org/10.1002/cae.21777>.
- de Kraker, J., Cörvers, R., Valkering, P., Hemmans, M., Rikers, J., 2013. Learning for sustainable engineering development networks. *J. Clean. Prod.* 49, 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.019>.
- Dlouhá, J., Huisingsh, D., Barton, A., 2013. Learning networks in higher education: universities in search of making effective regional impacts. *J. Clean. Prod.* 49, 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.034>.
- Doğan, B., Demir, Ö., Ülkü, E.E., 2018. Applying social networks to engineering education. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 26, 1782–1791. <https://doi.org/10.1002/cae.21975>.
- Dorado, M.P., Ballesteros, E., Arnal, J.M., Gómez, J., López, F.J., 2003. Exhaust emissions from a Diesel engine fueled with transesterified waste olive oil. *Fuel* 82 (11), 1311–1315.
- Ghali, M.R., Frayret, J.-M., Robert, J.-M., 2016. Green social networking: concept and potential applications to initiate industrial synergies. *J. Clean. Prod.* 115, 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.028>.
- Hayes, M., van Stoek-Goolek, K., Muench, F., 2015. Understanding Facebook use and the psychological affects of use across generations. *Comput. Hum. Behav.* 49, 507–511. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.040>.
- Hulsman, R.L., van der Vloodt, J., 2015. Self-evaluation and peer-feedback of medical students' communication skills using a web-based video annotation system. *Exploring content and specificity. Patient Educ. Counsel.* 98, 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2014.11.007>.
- Jara, C.A., Candelas, F.A., Torres, F., Dormido, S., Esquembre, F., Reinoso, O., 2009. Real-time collaboration of virtual laboratories through the internet. *Comput. Educ.* 52, 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.007>.
- Klimova, A., Rondeau, E., Andersson, K., Porras, J., Rybin, A., Zaslavsky, A., 2016. An international Master's program in green ICT as a contribution to sustainable development. *J. Clean. Prod.* 135, 223–239.
- Konstantinidis, S., Fernandez-Luque, L., Bamidis, P., Karlsen, R., 2013. The role of taxonomies in social media and the semantic web for health education. *A study of SNOMED CT terms in YouTube health video tags. Methods Inf. Med.* 52, 168–179. <https://doi.org/10.3414/ME12-02-0005>.
- Lee, C.S., Park, S.W., Kwon, S.I., 2005. An experimental study on the atomization and combustion characteristics of biodiesel-blended fuels. *Energy Fuels* 19, 2201–2208. <https://doi.org/10.1021/ef050026h>.
- Lorenzo-Romero, C., Buendía-Navarro, M.D.M., 2016. Using social web tools in intermediate education. *Interiencia: Rev. Ciencias Técnicas Agropecu.* 41, 198–203.
- Manzorro, R., Acosta-Rueda, L., Yeste Siguencia, M.P., Hernandez-Saz, J., Oliva, J.M., Rodriguez-Izquierdo, J.M., 2015. Evaluating and rethinking the laboratory practices in chemistry degrees. In: *GomezChova, L., LopezMartinez, A., CandelTorres, I. (Eds.), Edulearn15: 7th International Conference on Education and New Learning Technologies. Iated-Int Assoc Technology Education & Development*, Valencia, pp. 4392–4399.
- Martinez Jimenez, P., Pedros Perez, G., Cubero Atienza, A., Redel Macias, D., Salas Morera, L., Garcia Hernandez, L., 2010. Telematic training via a website of technicians in work-related risk prevention. In: *Presented at the CSEDU 2010 - Proceedings of the Second. International Conference on Computer Supported Education*, Valencia.
- Norin, V.A., Norina, N.V., Pukharenko, Y.V., 2018. Interactive methods of teaching at Russian engineering universities. *Educ. Inf. Technol.* 23, 2801–2820. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9742-2>.
- Olelew, C.J., Agomuo, E.E., 2016. Effects of B-learning and F2F learning environments on students' achievement in QBASIC programming. *Comput. Educ.* 103, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.012>.
- Olufadi, Y., 2015. A configurational approach to the investigation of the multiple paths to success of students through mobile phone use behaviors. *Comput. Educ.* 86, 84–104. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.005>.
- Olymptiou, G., Zacharia, Z.C., 2012. Blending physical and virtual manipulatives: an effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Sci. Educ.* 96, 21–47.
- Peinado-Morales, M., 2012. *Trabajos Fin de Master*. In: *Laboratorio virtual de caracterización de biocombustibles*, vol. 210. Universidad de Córdoba.
- Phua, J., Jin, S.V., Kim, J., Jay, J., 2017. Uses and gratifications of social networking sites for bridging and bonding social capital: a comparison of Facebook, Twitter, Instagram, and Snapchat. *Comput. Hum. Behav.* 72, 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.041>.
- Pinzi, S., Garcia, I.L., Lopez-Gimenez, F.J., Luque de Castro, M.D., Dorado, G., Dorado, M.P., 2009. The ideal vegetable oil-based biodiesel composition: a review of social, economical and technical implications. *Energy Fuels* 23, 2325–2341. <https://doi.org/10.1021/ef801098a>.
- Pittman, M., Reich, B., 2016. Social media and loneliness: why an Instagram picture may be worth more than a thousand Twitter words. *Comput. Hum. Behav.* 62, 155–167. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.084>.
- Ramirez-Romero, J.M., Rivera-Rodriguez, S.R., 2017. Aplicación del ciclo de vida y el análisis estructurado en el desarrollo de un laboratorio virtual de transformadores monofásicos. *Revista Educación en Ingeniería* 12, 43. <https://doi.org/10.26507/rev.v12n23.732>.
- Redel-Macias, M.D., Cubero-Atienza, A.J., Martínez-Valle, J.M., Pedros-Pérez, G., Martínez-Jiménez, M. del P., 2015. Noise and vibration risk prevention virtual web for ubiquitous training. *IEEE Trans. Educ.* 58, 303–308. <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2415769>.
- Redel-Macias, M.D., Pinzi, S., Martínez-Jiménez, M.P., Dorado, G., Dorado, M.P., 2016. Virtual laboratory on biomass for energy generation. *J. Clean. Prod.* 112, 3842–3851. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.075>.
- Rodgers, R., Chabrol, H., 2009. The impact of exposure to images of ideally thin models on body dissatisfaction in young French and Italian women. *Encephale* 35, 262–268. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2008.05.003>.
- Rose, G., Ryan, K., Desha, C., 2015. Implementing a holistic process for embedding sustainability: a case study in first year engineering. *Monash University, Australia. J. Clean. Prod.* 106, 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.066>.
- Roy, G., Ghosh, D., Mandal, C., 2015. A virtual laboratory for computer organisation and logic design (COLDLV) and its utilisation for MOOCs. In: *2015 IEEE 3rd International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education (MITE)*. Presented at the 2015 IEEE 3rd International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education. MITE, pp. 284–289. <https://doi.org/10.1109/MITE.2015.737531>.
- Sapia, H.M., Garcia, R.E., Olivete, C., Pereira, D.R., Trevisani, K.M., 2016. Teaching-learning firewall configuration using a visual modeling web based tool: the SP2Model and its application to Computer Science course. In: *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. Presented at the 2016 IEEE Frontiers in Education Conference. FIE, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/FIE.2016.7757537>.
- Silva, C.M., Ferreira, A.F., Dias, A.P., Costa, M., 2016. A comparison between micro-algae virtual biorefinery arrangements for bio-oil production based on lab-scale results. *J. Clean. Prod.* 130, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.053>.
- So, S., 2016. Mobile instant messaging support for teaching and learning in higher education. *Internet High Educ.* 31, 32–42.
- Sousa-Vieira, M.E., López-Ardao, J.C., Fernández-Veiga, M., Rodríguez-Pérez, M., López-García, C., 2017. Mining relationships in learning-oriented social networks. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 25, 769–784. <https://doi.org/10.1002/cae.21835>.
- Stufflebeam, D.L., 2003. The CIPP model for evaluation. In: *Kellaghan, T., Stufflebeam, D.L. (Eds.), International Handbook of Educational Evaluation, Kluwer International Handbooks of Education*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 31–62. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0309-4_4.
- Torres, A.L., Mota, M.M., Ferreira, H.S., Ferreira, A.F., Darido, S.C., 2016. As Tecnologias da Informação e Comunicação e a Educação Física Escolar: a realidade de professores da rede pública municipal de Fortaleza. *ETD Educ. Temática Digit.* 18, 198–214. <https://doi.org/10.20396/etd.v18i1.86-04601>.
- Van Waes, S., Mooleenaar, N.M., Daly, A.J., Heldens, H.H.P.E., Donche, V., Van Petegem, P., Van den Bossche, P., 2016. The networked instructor: the quality of networks in different stages of professional development. *Teach. Teach. Educ.* 59, 295–308. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.05.022>.
- Venville, A., Cleak, H., Bould, E., 2017. Exploring the potential of a collaborative web-based E-portfolio in social work field education. *Aust. Soc. Work* 70, 185–196. <https://doi.org/10.1080/0312407X.2017.1278735>.
- Verdú, E., Regueras, L.M., Verdú, M.J., Leal, J.P., de Castro, J.P., Queirós, R., 2012. A distributed system for learning programming on-line. *Comput. Educ.* 58, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.015>.
- Vézina, A., 2014. *The Role of Social Media in Education: How Twitter Can Be Used in the Intermediate Classroom as a Tool for Collaborative Learning*. MSc project, department of Curriculum, Teaching and Learning, Ontario Institute for Studies in Education, University of Toronto, Canada.
- Vidaček-Hains, V., Kozina, M., Kirić, V., 2016. A model of education for assistants of students with disabilities supported by information and communication

- technology. In: Presented at the 12th International Scientific Conference on Economic and Social Development. Agcy E, Bangkok, pp. 126–135.
- Watson, A., Leckl, N.K., Leckl, M., 2015. Does size matter? An exploration of the role of body size on brand image perceptions. *Jnl of Product & Brand Mgt* 24, 252–262. <https://doi.org/10.1108/JPB05-2014-0616>.
- Wu, S., Wee, H.-M., Lee, S.-B., 2016. Technical innovation vs. sustainability – a case study from the Taiwanese automobile industry. *Transport. Res. Transport Environ.* 48, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.07.004>.
- Zhu, H., Yang, Z., Xiong, Y., Wang, Y., Kang, L., 2018. Virtual emulation laboratories for teaching offshore oil and gas engineering. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 26, 1603–1613. <https://doi.org/10.1002/cae.21977>.

ANEXO A2

PUBLICACIÓN EN CONGRESO Y LIBRO DIGITAL: Creando Redes
Doctorales. UCOPress Editorial Universidad de Córdoba

ISBN: 978-84-9927-271-9

Vol. V 2016, Pages 739-742

LINK: <http://www.uco.es/ucopress/>

TÍTULO

Implementación y validación didáctica de Laboratorios Virtuales como sistemas Ubicuos y Webmóvil en enseñanzas del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES)

AUTORES

Manuel Peinazo Morales, María del Pilar Martínez Jiménez y Sara Pinzi

CITA

Peinazo-Morales, M., Martínez-Jiménez, M.P. & Pinzi, S. (2016). Implementación y validación didáctica de Laboratorios Virtuales como sistemas Ubicuos y Webmóvil en enseñanzas del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES). En *A. F. Chica Pérez & J. Mérida García (Ed.(s)), Creando Redes Doctorales: Volumen V* (pp. 739-742). Universidad de Córdoba, España: UCOPress. Editorial Universidad de Córdoba. ISBN: 978-84-9927-271-9.

Implementación y validación didáctica de Laboratorios Virtuales como sistemas Obicuos y Webmóvil en enseñanzas del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES)

Autor: Manuel Peinado Morales. Coautoras: Pilar Martínez Jiménez / Sara Pinzi

Universidad de Córdoba. Escuela Politécnica Superior. Departamento de Física Aplicada.

E-mail: f62pemom@uco.es

Summary

Actual lab practice is essential in the teaching-learning process of the technological subjects taught both in Vocational Training programs in The European Higher Education Area (EHEA). However, there are many limitations as regards the educational use of those experimental labs with industrial machines due to the high cost of the prototypes and machinery, and also due to the hazard involved when operating them if the user is not experienced. These disadvantages, together with the quick development of computing and development software, have enabled the creation and use of Interactive Virtual Labs (VL), allows us to simulate and reproduce the work conditions of an experimental lab. This turns them into very significant educational resources in the training process of these students, overcoming some of the aforementioned limitations and improving the flexibility and accessibility to practice learning both as regards onsite lessons with a tutor and complementary lessons to the real practice lessons as ubiquitous self-learning tools. The starting point of this research is focused on the implementation of an assessment and following evaluation on the educational and pedagogic use in a real teaching context of a Virtual Lab used in scientific-technological subjects in the educational field in the Qualifications Spanish Area of the Higher Education System: Vocational training, Degree, Master's degree and Phd.

Resumen

En las disciplinas tecnológicas las prácticas reales de laboratorio son esenciales en el proceso de enseñanza-aprendizaje incluidas en el ámbito del Espacio Europeo de Educación Superior (EES). Sin embargo, existen muchas limitaciones en el uso didáctico de dichos laboratorios experimentales con máquinas industriales, debido al elevado coste de prototipos y maquinarias, así como la peligrosidad de éstos si no se tiene dominio en su utilización. Estos inconvenientes, sumados al creciente desarrollo en ordenadores y softwares, ha facilitado la creación y utilización de Laboratorios Virtuales (LV) Interactivos que permiten simular y reproducir las condiciones de trabajo de un laboratorio experimental, lo que los convierte en recursos didácticos de gran influencia en el proceso de formación del alumnado. Su implementación permite superar algunas de las limitaciones antes mencionadas y mejorar la flexibilidad y accesibilidad al aprendizaje práctico tanto a nivel de clases presenciales tutorizadas por el profesor y complementarias a las practicas reales, como herramientas ubicuas de autoaprendizaje. Esta investigación se basa en llevar a cabo la implementación y posterior evaluación sobre la utilidad didáctica y pedagógica en un contexto real de docencia de diferentes LV utilizados en asignaturas científico-tecnológicas en el ámbito de enseñanzas del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES): Ciclos de F.P. de Grado Superior, Grado, Máster y Doctorado.

Introducción

Dentro del campo de la educación científica y tecnológica [1], creemos que el ordenador y otros dispositivos como *tablets* y móviles mediante *apps*, pueden utilizarse como herramientas de reflexión donde el alumnado es protagonista de su propio proceso de aprendizaje [2].

La hipótesis inicial de este trabajo, es que el desarrollo e implementación didáctica de los portales web que incluyen Laboratorios Virtuales (LV), que reproducen los equipos experimentales reales, mejoran la calidad de la enseñanza y ayudan a los alumnos en el proceso de aprendizaje dentro del contexto didáctico de tipo constructivista. El equipo de trabajo involucrado en este proyecto de investigación posee una amplia experiencia en el desarrollo y evaluación de software tanto a nivel profesional como didáctico desde el año 1987 [4-7].

El objetivo principal de este trabajo es estudiar cómo influye el empleo de LV en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado de enseñanzas de Educación Superior en España, (1º Grado Superior de FP, 2º Grados Universitarios, y 3º Másteres) y explorar los obstáculos para su utilización.

Los propósitos concretos de esta investigación tratarán de validar desde un punto de vista tanto tecnológico como pedagógico los LV desarrollados en el ámbito de la Educación Superior en España y de destacar los factores positivos, avances y logros derivados de su utilización así como las actuales limitaciones, aspectos deficitarios u otros factores que puedan estar impidiendo una implantación más amplia de los LV en este tipo de enseñanzas.

Metodología

El estudio comprende la implementación y validación de portales que incluyen LV, bases de datos, tutoriales, etc. , valorando el grado de satisfacción de los usuarios y evaluación de la calidad de la docencia cuando se introducen herramientas web virtuales en la enseñanza de Educación Superior.

El estudio se va a dividir en tres partes:

1º) Influencia de un Laboratorio Virtual de Ensayos de Tracción (LVET) en la formación de Técnico Superior en Construcciones Metálicas, Formación Profesional de Grado Superior (MECES 1-EQF5) en la asignatura: *Definición de Procesos de Fabricación Mecánica* .

2º) Influencia del portal Osciloscopio e Instrumentación Eléctrica virtual en la formación de Graduados en Ingeniería Industrial en la asignatura fundamental de *Física*.

3º) Influencia de los laboratorios Virtuales de Caracterización de Biodiesel en los Másteres de Energías renovables distribuidas en la asignatura de *Biomasa para la Producción de Energía*.

Se van a utilizar LV que permiten avanzar en un aprendizaje gradual mediante metodología *learning by doing*. Para cada laboratorio se plantean una serie de objetivos didácticos relacionados con la materia estudiada. El alumnado se divide en grupos experimentales (que trabajan con los LV) y grupos de control (que no los utilizan).

Se evalúa el grado de consecución de cuatro objetivos pedagógicos para cada alumno (1º- Evaluación en la memoria de práctica, 2º- Nota final de la asignatura, 3º- Evaluación de una prueba escrita sobre adquisición de conocimientos prácticos, 4º- Evaluación de las competencias sociales del alumnado). Para ello, al estudiar los resultados de la evaluación de cada uno de los objetivos didácticos propuestos se tratan estadísticamente las puntuaciones parciales asignadas a cada alumno de los diferentes grupos. Se van a representar los resultados

obtenidos correspondientes a la evaluación de los objetivos propuestos, distribuidos por categorías de aprendizaje, desde muy deficiente a excelente (I, II, III, IV y V).

Resultados

En esta etapa del trabajo experimental se ha evaluado el impacto del LVET en la formación de Técnico Superior en Construcciones Metálicas (primera parte de la tesis).

En la figura 1 se puede observar que el alumnado de los grupos experimentales ha mejorado el nivel de consecución de sus objetivos didácticos respecto al grupo de control, sobre todo en lo que se refiere a los objetivos 1º (evaluación final de la memoria de práctica) y 2º (evaluación final de la asignatura).

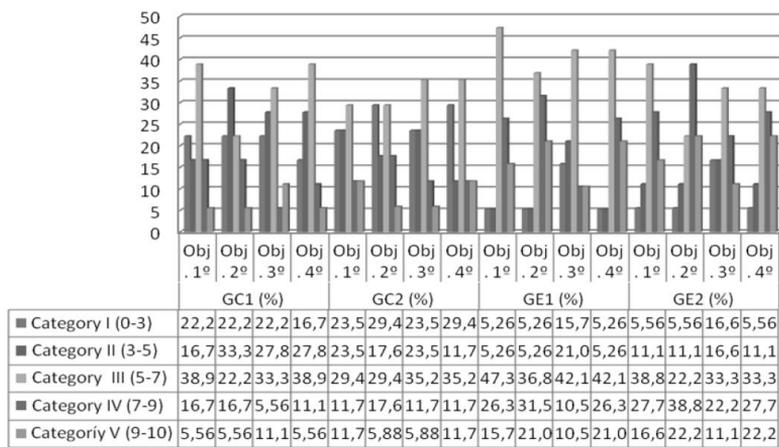


Figura 1. Categorías de evaluación del alumnado (Category) en los cuatro objetivos didácticos entre grupos de control (GC) y grupos experimentales (GE)

La validación estadística de estos resultados se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Validación estadística de los ensayos realizados

	GC1				GC2				GE1				GE2			
	AIM 1	AIM 2	AIM 3	AIM 4	AIM 1	AIM 2	AIM 3	AIM 4	AIM 1	AIM 2	AIM 3	AIM 4	AIM 1	AIM 2	AIM 3	AIM 4
Mean	4.950	4.686	4.753	4.833	4.953	4.879	4.797	4.824	6.408	6.855	5.376	6.684	6.444	6.888	5.652	6.611
Sd	2.506	2.452	2.534	2.307	2.546	2.525	2.463	2.744	2.070	2.175	2.347	2.237	2.071	2.193	2.485	2.329
se(mean)	0.591	0.578	0.597	0.544	0.617	0.612	0.597	0.666	0.475	0.499	0.538	0.513	0.488	0.516	0.586	0.549
IQR	3.600	3.313	2.588	2.000	3.750	4.000	3.000	4.000	2.250	2.250	2.625	2.000	2.562	2.750	3.000	2.750
cv	0.506	0.523	0.533	0.477	0.514	0.517	0.513	0.569	0.323	0.317	0.437	0.335	0.231	0.318	0.439	0.352
Skewness	-0.021	0.270	0.279	0.228	0.045	0.061	0.232	0.250	-0.567	-0.860	-0.055	-0.488	-0.226	-0.566	-0.125	-0.566
Correlation coefficient	0.972								0.996							
Q1	3.150	3.125	3.413	4.000	3.000	2.750	3.000	2.000	5.250	6.000	4.000	6.000	5.312	5.625	4.000	5.250
Q2	5.000	4.000	4.250	5.000	5.250	5.000	5.000	5.000	6.250	7.000	6.000	6.000	6.250	7.250	6.000	6.500
Q3	6.750	6.438	6.000	6.000	6.750	6.750	6.000	6.000	7.500	8.250	6.250	8.000	7.875	8.375	7.000	8.000
Q4	9.500	9.250	9.400	10.000	9.000	9.250	9.500	10.000	10.000	10.000	9.500	10.000	9.500	10.000	10.000	10.000

Conclusiones

De los estudios parciales concluidos, mediante la observación y evaluación del desarrollo del LVET y el estudio estadístico realizado para evaluar el grado de efectividad pedagógica se puede concluir que:

- La similitud en los resultados obtenidos entre los dos grupos experimentales nos lleva a concluir que el proceso de aprendizaje diseñado es homogéneo
- La diferencias que encontramos entre los niveles alcanzados por los grupos experimentales y de control nos llevan a afirmar que el software empleado es una herramienta didáctica adecuada para el proceso de aprendizaje por descubrimiento y significativo del alumnado.
- La utilización de herramientas multimedia favorece el nivel medio de aprendizaje del alumnado, potenciando la asimilación de conceptos, procedimientos y actitudes mediante la práctica.

Bibliografía

[1] M.D. Redel-Macías, S. Pinzi, M.P. Martínez-Jiménez, G. Dorado, M.P. Dorado . *Journal of Cleaner Production*, 112 (2016), p. 3842-3851.

[2] P.W. Hewson . *American Journal of Physics*, 53 (1985) p. 684-690.

[3]D. Vergara, M.P. Rubio, F. Prieto. *Revista Educación en Ingeniería*, 9 (2014) p.98-107.

[4] M.P. Martínez-Jiménez, E. Casado-Revuelta, J.M. Martínez-Jiménez. 11 (2004), p. 31-35.

[5] M.D. Redel-Macías, A.J. Cubero-Atienza, J.M. Martínez-Valle, G. Pedros-Perez, P. Martínez-Jiménez. *IEEE transactions on education*, 58 (2015) p.303-308.

[6] M.P. Martínez-Jiménez, M.M. Varo-Martínez, M.C. García-Martínez, G. Pedrós-Pérez, J.M. Martínez-Jiménez, R. Posadillo-Sánchez De Puerta, E.P. Varo-Martínez. *Computer Applications in Engineering Education*, 19 (2011) p. 759-769.

[7] M.P. Martínez-Jiménez, J. Leon-Alvarez, A. Pontes-Pedrajas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (1994) p.30-38.

ANEXO A3

PUBLICACIÓN EN CONGRESO Y LIBRO DIGITAL: EDULEARN17:
Proceeding of 9th International Conference on Education and New Learning
Technologies. IATED

ISBN: 978-84-697-3777-4

ISSN: 2340-1117

EDULEARN17 2017, Pages 10508-10516

LINK: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0994>

TÍTULO

Implementación y validación didáctica de Laboratorios Virtuales como sistemas Ubicuos y Webmóvil en enseñanzas del Marco Español de Cualificaciones para la Educación Superior (MECES)

AUTORES

Manuel Peinazo Morales, Pilar Aparicio Jiménez, Gerardo Pedrós Pérez, Sara Pinzi, Alberto Jesús Perea Moreno y María del Pilar Martínez Jiménez

CITA

Peinazo Morales, M., Aparicio Martínez, P., Pedrós-Pérez, G., Pinzi, S., Perea-Moreno, A.J. & Martínez-Jiménez, M.P. (2017). Virtual Web for the assessment of training of technicians in metal structures (MECES-1/EQF-5) within the technical college Spanish Education Framework. En *EDULEARN17: Proceeding of 9th International Conference on Education and New Learning Technologies* (pp. 10508-10516) ISBN: 978-84-697-3777-4. Barcelona, España: IATED.
<https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0994>

The screenshot shows the IATED Digital Library interface. At the top, there is a search bar with fields for 'Authors:' and 'Keywords:', a 'Search' button, and a 'Clear' button. A dropdown menu shows '25 hits per page' and 'Sort by relevance'. The main content area is divided into two columns. The left column, titled 'About this paper', contains metadata: 'Appears in: EDULEARN17 Proceedings (browse)', 'Pages: 10508-10516', 'Publication year: 2017', 'ISBN: 978-84-697-3777-4', 'ISSN: 2340-1117', 'doi: 10.21125/edulearn.2017.0994', 'Conference name: 9th International Conference on Education and New Learning Technologies', 'Dates: 3-5 July, 2017', 'Location: Barcelona, Spain', 'Citation download: (BioTeX) (ris) (plaintext)', 'Other publications by the authors: (search)', and 'Buy the publication: (bookshop)'. Below this is an 'Upcoming event:' section. The right column contains the paper's title, authors, and abstract. The title is 'VIRTUAL WEB FOR THE ASSESSMENT OF TRAINING OF TECHNICIANS IN METAL STRUCTURES (MECES-1 EQF-5) WITHIN THE TECHNICAL COLLEGE SPANISH EDUCATION FRAMEWORK'. The authors are M. Peinazo Morales¹, P. Aparicio Martínez², G. Pedrós-Pérez¹, S. Pinzi³, A.J. Perea-Moreno¹, and M.P. Martínez-Jiménez¹. The abstract text is partially visible and discusses the use of a Tensile Strength Trials Virtual Web Laboratory for industrial technicians training assessment, mentioning a statistical assessment with N=288 and a satisfaction questionnaire.

iated
DIGITAL LIBRARY

Authors: Keywords: 25 hits per page
Sort by relevance
Search Clear Fulltext search

About this paper

Appears in:
EDULEARN17 Proceedings
([browse](#))

Pages: 10508-10516
Publication year: 2017
ISBN: 978-84-697-3777-4
ISSN: 2340-1117
doi:
10.21125/edulearn.2017.0994

Conference name: 9th
International Conference on
Education and New Learning
Technologies
Dates: 3-5 July, 2017
Location: Barcelona, Spain

Citation download:
([BioTeX](#)) ([ris](#)) ([plaintext](#))

**Other publications by the
authors:**
([search](#))

Buy the publication:
([bookshop](#))

Upcoming event:

VIRTUAL WEB FOR THE ASSESSMENT OF TRAINING OF TECHNICIANS IN METAL STRUCTURES (MECES-1 EQF-5) WITHIN THE TECHNICAL COLLEGE SPANISH EDUCATION FRAMEWORK

M. Peinazo Morales¹, P. Aparicio Martínez², G. Pedrós-Pérez¹, S. Pinzi³, A.J. Perea-Moreno¹, M.P. Martínez-Jiménez¹

¹Dep. Applied Physics, Albert Einstein Building, Rabanales Campus, University of Cordoba (SPAIN)
²Nursing department, Medicine and Nursing Center of University of Córdoba (SPAIN)
³Physical Chemistry and Applied Thermodynamics, University of Cordoba (SPAIN)

Lab practice is essential in the industrial subjects learning process. The use of the Tensile Strength Trials Virtual Web Laboratory for the industrial technicians training assessment allows reproducing the conditions of an experimental workplace. This web is a very significant educational resource, overcoming some of the real limitations and improving the flexibility and accessibility to practice. The research main purpose is focused on establishing a relation between the use of this Lab and the improvement in the students learning process. This lab has been used by experimental in the opposite of control groups. The methodology has been based on the results analyze of the assessment, which has been represented and compared according to the aims. The total grades (N=288) statistical assessment has shown the effectiveness using this software. Finally, a satisfaction questionnaire to evaluate the usefulness filled by students whose give it a positive evaluation (mean 6 points on 7). All this implies that the use of the afore mentioned software together with the practice sessions have

VIRTUAL WEB FOR THE ASSESSMENT OF TRAINING OF TECHNICIANS IN METAL STRUCTURES (MECES-1 EQF-5) WITHIN THE TECHNICAL COLLEGE SPANISH EDUCATION FRAMEWORK

M. Peinazo Morales¹, P. Aparicio Martinez², G. Pedros-Perez¹, S. Pinzi³,
A.J. Perea-Moreno¹, M.P. Martínez-Jiménez¹

¹ Dep. Applied Physics, Albert Einstein Building, Rabanales Campus, Universidad de Cordoba (SPAIN)

² Nursing department, Medicine and Nursing Center of Universidad de Córdoba (SPAIN)

³ Physical Chemistry and Applied Thermodynamics, Universidad de Cordoba (SPAIN)

Abstract

Lab practice is essential in the industrial subjects learning process. The use of the Tensile Strength Trials Virtual Web Laboratory for the industrial technicians training assessment allows reproducing the conditions of an experimental workplace. This web is a very significant educational resource, overcoming some of the real limitations and improving the flexibility and accessibility to practice. The research main purpose is focused on establishing a relation between the use of this Lab and the improvement in the students learning process. This lab has been used by experimental in the opposite of control groups. The methodology has been based on the results analyze of the assessment, which has been represented and compared according to the aims. The total grades (N=288) statistical assessment has shown the effectiveness using this software. Finally, a satisfaction questionnaire to evaluate the usefulness filled by students whose give it a positive evaluation (mean 6 points on 7). All this implies that the use of the afore mentioned software together with the practice sessions have contributed to improve the development of the necessary procedures and skills to solve the practical problems related to these destructive tests and to draft reports on them. In the same way, it is possible to affirm that the methodology based on the use of the software improves the acquisition of personal and social competences

Keywords: Virtual laboratory, b-learning, tensile strength tests, vocational training.

1 INTRODUCTION

In the last decades a significant increase of the use of the new technology in the engineering teaching domain has been the development and spread of educational computing tools through the internet and new platforms such as the mobile web and apps [1]-[3]. This has resulted in a wide range of interactive teaching tools accessible from a computer, mobile phone, or tablet. These types of applications improve the performance of the educational process and the self-learning abilities among the students, enabling the self-assessment of their knowledge and validating the teaching/learning process involving both the student and the professor [4]- [5].

In this context, it is necessary to take into account the fact that some social changes linked to globalization, such as the European Higher Education Area (EHEA), have created a nurturing environment for the development of new methodology strategies in the teaching and learning process based on competence development.

Deriving from this, the web based learning environments have become very popular in technical college education, being one of the most important educational resources the VL and the Interactive Virtual Platform (IVP), which is a b-learning training platform including VL [6]. Many studies [7]-[12]; have proven the usefulness of the b-learning platforms with VL as a means to enable interactive communication, allowing the access to all kinds of information (texts, images, graphs, videos, etc.) [13]. In these working conditions, the teaching quality has been proven to notably increase [14].

Currently, the VLs and the Interactive Virtual Platforms (IVP) are some of the most widely used computer applications in subjects related to Engineering fields in Technical College Education programmes [6],[12],[15]-[19]. In this context, the Spanish Ministry for Education has promoted, within the programme "Internet en el Aula" (Internet inside the classroom), framed within the Plan Avanza, the development, preparation, and validation of Virtual Labs on Mechanical Tensile Strength testing. The computer app has been developed by the Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de

Formación del Profesorado (INTEF), and the preparation, verification, and validation have been executed by different mixed teaching groups formed by teachers from Secondary and University education programmes within the European Higher Education Area.

The aim of this work has been the verification and validation study of the computer tool, as well as the analysis of the influence of this software in the learning-training process of the Technical College Education Vocational Training students (MECES 1-EQF5), High Level Technician in Metal Structures, in the following subject: *Definition of Mechanic Manufacturing Processes*.

The High Level Technician in Metal Structures (HLTMS) studies correspond to a Technical College Education Vocational Training (TCEVT) lasting for 2000 onsite hours during 4 semesters, which provides the specific formation in order to be able to work in the industry field [20]. In HLTMS programmes, the subject "*Definición de Procesos de Fabricación Mecánica*" (*Definition of Mechanical Manufacturing Processes*) is taught in the first year and lasts for 192 hours. The main objectives of this subject are: to establish mechanization, the joining and mounting processes, the mechanization, forming, and mounting costs; to organize the distribution of the resources in the production area relating their physical layout with the manufacturing process and to define the test and trial plan so as to check the reliability and quality level of the product creating the inspection procedure.

An important practice will deal with procedural content for the preparation of the test tubes and the implementation of non-destructive and destructive testing in the lab of the school. The programming of this lab consists of 12 hours of the total number of hours of the whole subject.

2 METHODOLOGY

As previously commented, the Spanish Ministry of Education, through the Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), has developed different interactive and multimedia digital teaching resources, which have been published in their educational website (<http://recursostic.educacion.es/fprofesional/simuladores/web/>). These resources adapt to the curriculum of different areas and subjects of Vocational Training programmes and where the authors have been invited to take part in the preparation, verification, validation, and assessment of the quality of such VLs.

2.1 Description of the Testing Strength Testing Virtual Lab (VLTS)

The Tensile Strength Testing Virtual Lab (VLTS), belonging to the Mechanical Manufacturing professional area is a web application which reproduces with a great visual, sound, and functional reliability the environments, work tools, and in general, the different situations which take place in the execution of tensile strength testing with metals. It is conceived in order to help the students with their training as users of a universal testing machine and for this, it realistically replicates the characteristics of the machine and guides the students through all necessary steps to correctly execute a tensile strength test. The graphics, sounds, and processes imitate those of an actual work environment.

When a given material is subjected to any stress, the most characteristic responses are called mechanical properties. Some testing is implemented in order to observe some of these properties such as ductility, elasticity, fragility, and plasticity. These are very important properties due to their applications for a wide range of processes and industrial developments.

The actual tensile strength test consists of stretching a test tube of normalized dimensions in a machine whose clamps (fixing elements of the test tube) move at a constant speed. In this way, it is possible to obtain graphic registers for *stress-elongation or stress-deformation* corresponding to the characteristic curves of each analyzed material. These experiments are inconveniently destructive as they break the material. This, joined with the cost of the work and measurement equipment and with the fact that there is just one workplace for each school (Figure 1a) causes a remarkable increase in the price of actual practice sessions.

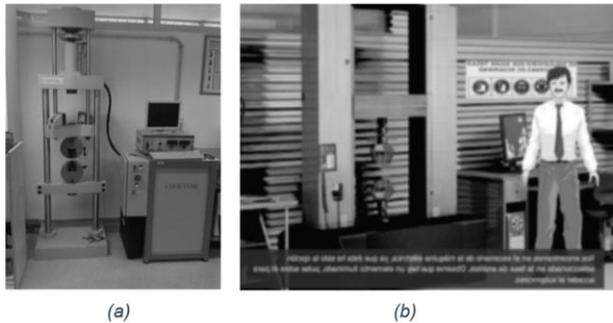


Figure 1. Real (a) vs. Virtual (b) Experimental workplace.

To solve this problem and to be able to go over the operation mode as many times as the student may consider appropriate, the use of VLTS (Figure 1b) as a complement to experimental practice sessions is suggested in some cases and in other, as an alternative to the lack of these experimental workplaces.

For the execution of these stress tests, the VLTS is developed as a support tool to the educational action with an advanced technological base, where high quality graphic environments converge with software solutions which allow traceability and as a result, a feedback with the user.

The access screen to the VLTS shows two use profiles: teacher and student and includes a block of educational content (with didactic units, glossary, and didactic videos) and three simulation options (*Observe, Test, and Prove*), each of them divided into five stages. In the same way, there is a help area for the users. The five stages of the simulation are: Stage I. Reception of the order, Stage II. Analysis of the work process, Stage III. Substage I. Preparation of the material to be tested, Stage III. Substage II. Preparation of the test machine, Stage IV. Development of the actual test. The necessary initial parameters in the development of the practice are loaded, the test is executed, and a visual monitoring of the stress-deformation graph is shown while the tensile strength test is being executed and Stage V. Failures, maintenance, and results (Figure 2).

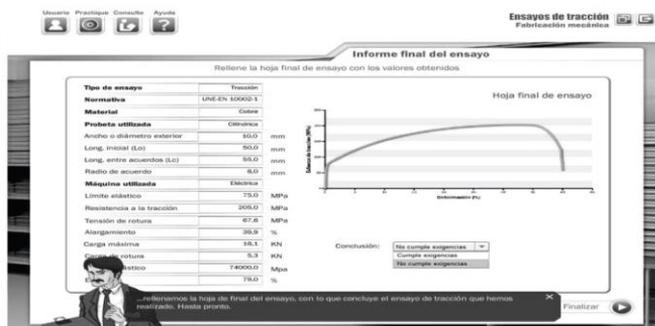


Figure 2. Final report of the tensile strength test.

Both the teacher and the student have a settings panel where they can select the use case to be studied, allocate to it a given level of difficulty (average or high) and introduce, if they wish to, any incidences complicating the process in option *Prove*.

2.2 Teaching experience and methodology

The VLTS, due to the fact that *it is a tutor system*, is a “learning by doing” methodology, enriched with the constant supervision of the system, which registers traces of all actions implemented by the users [21].

The educational methodology consists of the development of an active learning which promotes the settling of concepts, procedures, and attitudes in the students’ minds through practice in realistic environments and with realistic means, guided or free, continuous or discontinuous, of the concepts and processes to be learnt. [22].

2.2.1 Experimental Research

The teaching work line has been mainly developed in the verification, validation, and later evaluation of the VLTS. The main purpose has been set: *to study the Virtual Labs for Tensile Strength testing (VLTS) influence in the specific technical students’ training.*

To be able to quantitatively assess this main purpose, it has been divided into four more specific objectives. These are:

- 1 To identify the tensile strength of metals and their elastic and plastic behavior.
- 2 To select the test tube material to mechanize according to the stipulations of ISO regulations.
- 3 To interpret the obtained graphs and to calculate the tension and elongation of each of the materials.
- 4 To methodically plan the tests, to pay attention to order and cleanliness during the different stages of the process, to maintain rigorous calculations, to show their own initiative and personal autonomy in the decision making process and to show a will to participate and collaborate with the rest of students.

To assess the achievement of such aims, with the help of the created VLTS and without it, the learning results achieved by different groups of students in different school years of the second year of a technical college education vocational training cycle regarding mechanical manufacturing were compared (N=72). In the first stage of the study, data from two groups of students, belonging to years 2010-2011 and 2011-2012 respectively, known as control groups were collected. These groups followed a traditional teaching methodology, not using the Virtual Lab. In the second stage, the evaluation results of another two groups of students, belonging to years 2012-2013 and 2013-2014, which have developed the same theoretical and practical contents but using the described VLTS as a complementary tool were collected.

The students accessing these types of academic studies do so after passing the common access tests for the whole Spanish territory. The average ages of both samples did not show any significant differences. Thus, is possible to deduce that previous knowledge and the learning capabilities of all groups are very similar. The comparative study of the results (N=288) of the training developed with the control and the experimental groups was implemented

2.2.2 Description of the Educational Experimentation Process

The learning methodology followed with the two control groups (GC1 and GC2) is as follows: together with theoretical onsite lectures, a set of practice sessions to be carried out in the experimental workplace was designed, providing for the students of these groups previous theoretical information and an activity programme for their execution during the practice sessions.

At the end of this process, the students presented a written report stating and analyzing the obtained results, extracting conclusions and answering different questions related to the interpretation of the studied processes. After this, the students underwent an evaluation test based on a written questionnaire where they had to answer several questions related to the learning process of the previously mentioned content. The methodology followed with the experimental groups (GE1 and GE2) was identical to the one implemented with the control groups, both as regards the theoretical content and the experimental sessions carried out with the actual experimental workplace. However, the experimental groups completed their training in virtual practice sessions with the VLTS. Although the educational content on concepts and procedures is the same in the actual and in the virtual workplaces. Nevertheless, the training of the experimental groups was complemented with virtual practice sessions carried out with the VLTS. Although the educational content on concepts and

procedures is identical in the actual and in the virtual workplaces, the number of examples of treated materials is much higher in the VLTS (copper, structural steel, cast iron, stainless steel, duplex stainless steel, lead brass, and aluminium).

The time devoted to the development of the experimentation was similar in both stages, as the students of the experimental groups replaced the theoretical operational training by the first work session with the VLTS. This is a *Learning by doing* methodology, enriched by the constant supervision of the system (tutor system).

After working with the VLTS, the students belonging to the experimental groups have carried out the same tests in the actual lab as the students belonging to the control groups, but with the advantage that the former were already familiar with the necessary procedures to execute such test practice. Finally, these students also drafted a written report of the implemented test procedure.

2.2.3 Educational Experience Assessment

To evaluate the development of this experience in order to find out the effectiveness of the proposed objectives, the results by each of the students belonging to the control groups (GC1 and GC2) and to the experimental groups (GE1 and GE2) were studied. In this evaluation, the following aims were assessed:

- 1 The quality of the practice reports drafted by the students at the end of the experience.
- 2 The results of an experimental exam where the student is suggested a practice case of all cases seen during the learning course.
- 3 The results of a written test consisting of different questions.
- 4 The results of the assessment, analyzing the degree of acquisition of personal and social competences (initiative and personal autonomy and collaborative work).

The assessment process has been the same for the control groups and for the experimental ones.

The partial grade, from 0 to 10 points, integrates the evaluation about the specific performance achieved for each aim.

From these partial marks, overall learning categories or levels can be defined, which allows to represent graphically performance differences among the groups.

Finally, the students filled out a satisfaction questionnaire to evaluate the VL usefulness. The questionnaire items focused on five main issues: documentation, ease of use, ability to motivate, content quality and promotes learning

3 RESULTS

To study the results of the evaluation of each of the aims, the partial marks allocated to the students of the different groups and established five learning categories or levels according to the following classification: category I corresponds to very low marks (very poor), category II corresponds to low marks (fail), category III corresponds to average marks (pass), category IV corresponds to high marks (good), and category V corresponds to very high marks (excellent). This classification has been based on the following criterion: for the highest mark of 10 points, a very low learning rate represents a mark between 0 and 3, a low one corresponds to between 3 and 5, an acceptable mark corresponds to between 5 and 7, a good one, between 7 and 9, and an excellent learning rate would correspond to a mark over 9. Insofar, in order to obtain an overall mark, the marks for the four aims have been summed, so that each subject is allocated a mark between 0 and 40 points. For such purpose, four total performance categories have been established: I (total mark between 0 and 10 or poor learning level), II (total mark between 10 and 20 or semi-acceptable learning level), III (total mark between 20 and 30, which represents a good learning level), and IV (total mark between 30 and 40, which corresponds to an excellent or very good learning level).

The Figure 3 shows the results from the evaluation of the four aims (1st, 2nd, 3rd, and 4th) distributed by categories (I, II, III, IV, and V) corresponding to the control and experimental groups. The figure shows the relative frequencies for each aim and group corresponding to each one of the four established levels.

This figure shows that the obtained results of both groups are quite similar in the four analyzed aims.

It is possible to see in the figure that the results obtained by all groups present noticeable differentiation between control and experimental groups. Nonetheless, the results also present a similar distribution of frequencies between each subgroup (GC1 and GC2, GE1 and GE2) in the different categories of the analyzed aims.

In addition, the Figure 4 represents the total objective results from the four groups, showing the percentages for the four general performance levels in each group.

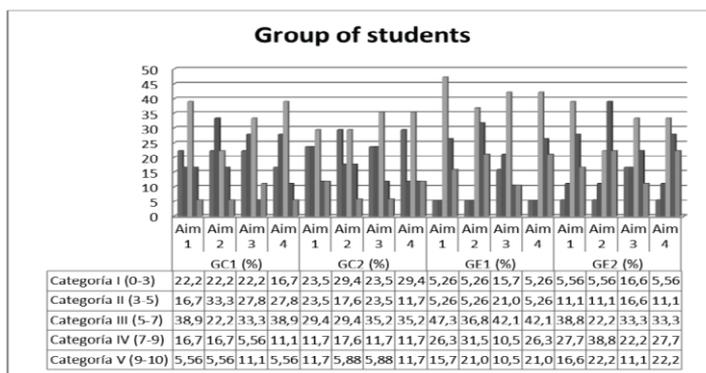


Figure 3. Aim Results for each group.

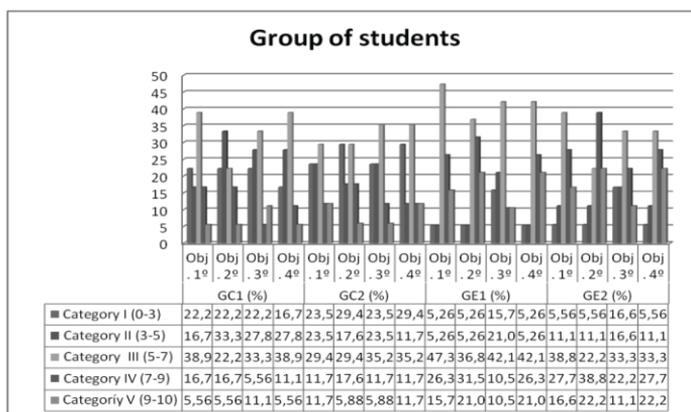


Figure 4. Objective Results for each group.

Firstly, it can be seen that control groups GC1 and GC2 show very similar results in all four categories. The same happens with the results of experimental groups GE1 and GE2, although these groups present a higher total performance than the previous ones. In fact, categories I and II represent a higher percentage in the control groups than in the experimental ones (with variations close to 19% and 14% respectively). On the contrary, in category III, very similar results are obtained by the experimental and control groups (although with highest variations of around 18% between GC2 and GE1). Lastly, in category IV, the control groups obtain low percentages, whereas the experimental ones obtain higher figures. This proves the success of the used methodological experience, achieving a high performance level in the experimental groups (with highest variations of around 27%).

When comparing the results from the control groups, GC1 and GC2, for each of the four aims, the differences among the means of each of them can be disregarded due to the fact that they are not significant (Correlation coefficient, CC 0,972). The same happens with the experimental groups, where

the differences among the means are completely insignificant (Correlation coefficient, CC 0,996). This is due to the fact that the groups, both the control groups and the experimental groups, have had the same initial characteristics, have developed a similar learning process and have obtained a similar performance level.

Furthermore, the good correlation coefficients indicate that both the control and the experimental groups are similar at the beginning between them, as the experimental ones more homogeneous.

However, the differences of the means of the experimental groups as compared to those of the control groups are indeed very significant. This implies an improvement of the results of the marks of the experimental groups as compared to those of the control groups, and as a result, of the validity of the VLTS as a complementary learning tool.

On the other hand, from the detailed analysis of the results of the marks by aims in the control groups, (Figure 3) it can be appreciated that categories IV and V, good and excellent, show much lower values than categories I, II, and III, very poor, fail, and pass, which shows that the achieved learning level is not perfect, but it is acceptable. This figure shows that for the four aims, the relative frequencies of categories I and II (very poor and fail) have decreased as compared to the values of the control groups. On the other hand, the frequencies are higher in categories III, IV, and V (pass, good, and excellent) in the experimental groups, which means that a higher number of students from groups GE1 and GE2 have passed those aims as compared to those who have not passed the subject in groups GC1 and GC2.

Moreover, the Figure 4 presents that the similarity of the results obtained in category IV is due to the fact that there is always a number of students in all groups with a higher level of specific knowledge and a high interest in the topic, regardless of the teaching methodology.

However, the movement of students from categories I and II (control groups) to the upper categories (experimental groups) in aim 3 (ability to solve theoretical-practical issues) is not as significant, due to the complexity in the solution of practice cases and to the fact that the use of the VLTS does not imply a significant improvement in the abstraction capacity of the student.

Also, these figures, 3 and 4, show that the average marks by aims of the experimental groups have increased towards the highest quartiles as compared to the control groups and that the results have moved towards the highest average marks.

Furthermore, the values obtained by the Kruskal-wallis test [23] that relate the overall grades and the use of the VLTS (Chi-square=27,629, df=1 and p-value=1,47e-07) show the improvement on the final results.

All this implies that the use of the aforementioned software together with the practice sessions have contributed to improve the development of the necessary procedures and skills to solve the practical problems related to these destructive tests and to draft reports on them. In the same way, it is possible to affirm that the methodology based on the use of the software improves the acquisition of personal and social competences as regards the degree of initiative and personal autonomy together with the cooperation in the group work. The work has ended with an assessment and categorization of the general performance of all the students of the different groups, analyzing the set of obtained data throughout the experience.

Finally, the questionnaire results of the assessment of use of the virtual lab regarding the opinion of the participants were rated on a seven-point Likert scale, ranging from strongly disagree (1) to strongly agree (7). In general terms, the survey showed that the experience was positively evaluated by students, the mean score for all questions being around 6 points (strongly agree).

4 CONCLUSIONS

This paper study an empirical educational research, from which it can be deduced that the use of Tensile Strength Testing web laboratories is useful for better understanding the main concepts and topics used in the work of this subject.

A software with a strong pedagogical character oriented towards the comprehensive achievement of the destructive tensile strength tests both for the students of vocational training courses on mechanical manufacturing and for students of the Mechanical Engineering degree has been developed and validated.

The described software constitutes an effective new tool for presenting students with some initial tensile strength testing concepts and practice study. The simulations on the computer of the main concepts and devices are an essential part of this software.

This software has been used by undergraduate vocational training students with good results. Indeed, the teachers could compare, with satisfaction, the learning achievements of students throughout different years.

The implemented study to assess the degree of educational effectiveness concludes that:

- The used assessment process provides similar results for the considered control groups. As results, it can be considered reliable.
- The similarity in the obtained results by both experimental groups leads to conclude that the designed learning process is homogeneous.
- The similarities found among the levels achieved by the experimental groups and by the control ones lead to state that the used software is an adequate training tool for learning by doing and significant learning processes by the students.

Based on the results, this study demonstrates that the use of suitable educational software helps to improve the scores in the partial assessment of the aims and the general evaluation of the subject, the number of failed exams and the dropouts of students have also been reduced by including the VLTS in the proposed methodology.

The observation and evaluation of the development of this VLTS has brought up some practical advantages regarding their use and a significant influence in the motivation and concentration of the students in their tasks, favoring an autonomous learning, administer their help, and reflect on their mistakes. In addition, it allows a necessary feedback through the actions implemented by the students for their learning progress.

The opinion of the participating students and teachers is very positive, highlighting many educational advantages, some of which have been reflected in the degree of achievement of the training aims.

ACKNOWLEDGEMENTS

Supported by the Spanish Ministry of Education, Culture and Sport and in particular, by the Instituto Nacional de Tecnologías Educativas and Formación del Profesorado (INTEF).

The authors are grateful to British teacher of English Ana María Palomares and American teacher of English Stephanie Kornatz for reviewing the English.

REFERENCES

- [1] J. Bourne, D. Harris, and F. Mayadas, "Online engineering education: Learning anywhere, anytime", *Journal of Engineering Education*, vol. 94, no. 1, pp. 131-146, 2005.
- [2] P.M. Jiménez, G. Pedrós-Pérez, A. Cubero-Atienza, M.D. Redel-García, L. Salas, and L. García, "Telematics Training via a website of technicians in work-related risk prevention". *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Supported Education*, vol. 1, pp. 160-165, 2010.
- [3] P. Martínez-Jiménez, M. Varo-Martínez, G. Pedros- Pérez, JM. Martínez, MS Climent- Bellido, MJ. Aguilera Ureña, and J. Fernández-Sánchez, "Tutorial and simulation electrooptic and acoustooptic software as innovative methodology to improve the quality of electronic and computer engineering formation". *IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION*, vol. 49, pp. 302-30, 2006.
- [4] P.S. Anastasiades, E. Vitalaki, and N. Gertzakis, "Collaborative learning activities at a distance via video conferencing in elementary schools: Parents' attitudes". *Computer Education*, vol. 50, pp. 1527-1539, 2008.
- [5] P.F. Sánchez, A. S. Garnacho, J.G. Dacosta, and E.M. Pérez, "El Aprendizaje Activo Mediante la Autoevaluación Utilizando un Laboratorio Virtual". *IEEE-RITA*, vol. 4, no. 1, pp. 53-62, 2008.

- [6] V. Potkonjak, M. Gardner, V. Callaghan, P. Mattila, C. Guetl, V.M. Petrovi, and K. Jovanovi,, "Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review"; *Computers & Education*, vol. 95, pp. 309-327, 2016.
- [7] J.C. Waller and N. Foster, "Training via the web: a virtual instrument", *Computers & Education*, vol. 35, pp. 161-167, 2009.
- [8] F. J.C. Fraile, J.M.S. Llorente, A.B.S. García, J.B. Sánchez, M.J.R. Conde, M.C. Hernández, and J.A.J. Méndez, "Simulaciones computacionales en la enseñanza de la Física Médica". *Education in the Knowledge Society (EKS)*, vol.11, no. 2, pp. 46-74, 2010.
- [9] N. R. Herga and D. Dinevski, "Using a virtual laboratory to better understand chemistry - An experimental study on acquiring knowledge," *Proceedings of the ITI 2012 34th International Conference on Information Technology Interfaces*, Cavtat, Dubrovnik, pp. 237-242, 2012.
- [10] W. J. Lee, J.C. Gu, and R.J. Li, "A physical laboratory for protective relay education". *IEEE Transactions on education*, vol. 45, no. 2, pp. 182-186, 2002.
- [11] A.J. López Martín, "Web-based remote of communication systems: A successful experience", *International Journal of English Education*, vol. 40, pp. 169-174, 2003.
- [12] P. Martínez-Jiménez, E. Casado, J.M. Martínez-Jiménez, M. Cuevas-Rubiño, M. D. González-Caballero, and F. Zafra-López, "Interactive physics simulations appeal to first-year students". *Computer in Physics*, vol. 11, pp. 31-35, 1997.
- [13] P. Martínez-Jiménez, and E. Casado, "Electros: Development of an educational software for simulation in Electrostatic". *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 12, pp. 65-73, 2004.
- [14] M.D. Redel-Macías, S. Pinzi, M.P. Martínez-Jiménez, G. Dorado, and M.P. Dorado, "Virtual laboratory on biomass for energy generation". *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, pp. 3842-3851, 2016.
- [15] M.A. Delgado, and J.A. López, "Laboratorio virtual de control inteligente". *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 8, pp. 102-110, 2009.
- [16] L.A. Dobrzański, and R. Honysz, "On the implementation of virtual machines in computer aided education". *Journal of Materials Education*, vol. 31, no. 1-2, pp. 131-140.,2009.
- [17] D. Vergara, M.P. Rubio, and M. Lorenzo, "Interactive Virtual Platform for Simulating a Concrete Compression Test" *Key Engineering Materials*, vol. 572, pp. 582-585, 2014.
- [18] L.A. Dobrzański, A. Jagiełło, and R. Honysz, "Virtual tensile test machine as an example of Material Science Virtual Laboratory post" *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 27, no. 2, pp. 207-210, 2008.
- [19] L. A. Dobrzański, and R. Honysz, "The idea of material science virtual laboratory", *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 42, no. 1-2, pp. 196-203, 2010.
- [20] "Real Decreto 174/2008, de 8 de febrero, por el que se establece el título de Técnico Superior en Construcciones Metálicas y se fijan sus enseñanzas mínimas" Reference BOE-A-2008-3867, Spanish Official Gazete, feb. 29, 2008. [Online]. Available: <http://www.boe.es/boe/dias/2008/02/29/pdfs/A12345-12372.pdf> (accessed 25.02.2016).
- [21] B. Dalgarno, A.G. Bishop, W. Adlong, and D.R. Bedgood Jr., "Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students", *Computers & Education* vol. 53, no. 3, pp. 853-865, 2009.
- [22] C.A. Jara, F.A. Candelas, F. Torres, F. Esquembre, and O. Reinoso, "Real-time collaboration of virtual laboratories through the Internet", *Computers & Education*, vol. 52, no. 1, pp. 126-140, 2009.
- [23] R. Lowry, "The Kruskal-Wallis Test for 3 or More Independent Samples". 2016, [Online]. Retrieved from URL <http://faculty.vassar.edu/lowry/PDF/c14a.pdf>

