

Influencia del paso del tiempo en las herramientas digitales educativas: obsolescencia percibida

Influence of the passing of the time on educational digital tools: perceived obsolescence

Diego Vergara Rodríguez; Pablo Fernández-Arias

Universidad Católica de Ávila, España

E-mail: diego.vergara@ucavila.es; pablo.fernandezarias@ucavila.es

Jamil Extremera Nedjar; Manuel Pablo Rubio Caverio

Universidad de Salamanca, España

E-mail: jamil.extremera@usal.es; mprc@usal.es

Fecha de recepción: 2 de Marzo 2021 • Aceptado: 21 de Marzo 2022

VERGARA RODRÍGUEZ, D.; FERNÁNDEZ-ARIAS, P. (2022). Influencia del paso del tiempo en las herramientas digitales educativas: obsolescencia percibida *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 25 (13), pp. 78-96.

Resumen:

Las tecnologías educativas están sometidas a un rápido proceso de obsolescencia y, aunque a nivel didáctico pudieran seguir siendo igual de eficaces que como lo fueron desde el día de su creación, a nivel de motivación pueden generar un rechazo por parte del alumnado al encontrarlas obsoletas. Este artículo presenta cómo la experiencia del usuario (user experience, UX) en una plataforma virtual interactiva (PVI) basada en la realidad virtual puede afectar al proceso de enseñanza-aprendizaje para el que inicialmente fue diseñada. Los resultados revelan un decaimiento progresivo en la valoración del alumnado tanto en el grado de motivación como en la valoración de la interactividad con la PVI, es decir, evidencian un claro proceso de obsolescencia. Además, este artículo demuestra cómo la actualización de esta PVI con un diseño actual favorece la UX recuperando en los estudiantes el nivel alcanzado antes de iniciarse el proceso de obsolescencia.

Palabras clave: aprendizaje virtual, experiencia del usuario, tecnologías educativas, realidad virtual.

Abstract:

The educational technologies undergo a rapid process of obsolescence and, although at the didactic level they could remain as effective as the very first day of their creation, at a motivational level, they can generate a rejection by the students when they find them obsolete. This paper presents how the user experience (UX) in an interactive virtual platform (IVP) based on virtual reality can affect the teaching-learning process for which it was initially designed. The results reveal a progressive decrease in the appreciation by students regarding the level of motivation and the interactivity of the IVP, i.e., it evidences a clear process of obsolescence. In addition, this paper demonstrates how the updating of this IVP by means of a modern design favours the UX, recovering in the students the level of motivation reached before the obsolescence process began.

Key words: virtual learning, user experience, educational technologies, virtual reality.

1. Introducción

Cada día existen más ejemplos del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el mundo educativo, más aún con la reciente pandemia de la COVID-19, que ha puesto de manifiesto la necesidad de la enseñanza virtual a través de las TIC. De hecho, ha surgido un nuevo concepto conocido como aprendizaje potenciado por la tecnología (del término inglés *technology-enhanced learning*, TEL) que hace referencia a cualquier forma de enseñanza virtual (e-learning) que se use para mejorar un proceso de enseñanza-aprendizaje particular (Dunn y Kennedy, 2019). Un ejemplo de esto es el desarrollo de plataformas virtuales interactivas (PVI), aplicaciones que normalmente utilizan realidad virtual (RV) y/o realidad aumentada (RA) para simular entornos y objetos virtuales mediante los cuales el usuario lleva a cabo el proceso de aprendizaje (Andreatta-da-Costa, Urbano y Restivo, 2017; Fernández-Avilés et al., 2016; Okamoto, Ishimura y Matsubara, 2017; Extremera et al., 2020a; Zhang et al., 2018).

En términos generales, las aplicaciones basadas en RV utilizadas en educación se pueden clasificar en dos grandes grupos según los tipos de dispositivos usados para la visualización e interacción con el entorno virtual (Vergara et al., 2020): (i) no inmersivas, donde la visualización se lleva a cabo mediante una pantalla plana (por ejemplo, un monitor de ordenador); e (ii) inmersivas, donde el usuario es introducido en un entorno virtual gracias al uso de gafas de RV o proyectando un entorno virtual en una sala (por ej. sistema CAVE) (Hodgson et al., 2019; Ren et al., 2015; Sharples et al., 2008; Vergara, Rubio y Lorenzo, 2017).

Con el desarrollo de las TIC y el crecimiento de la industria del software, ha surgido un término denominado obsolescencia tecnológica, que tiende a ser cada día más habitual para definir la vida útil de un producto tecnológico en función del tiempo (Vega, 2012). Sin embargo, este concepto engloba cuatro tipos de obsolescencias (Mellal, 2020; Tobar, 2015): (i) obsolescencia planificada: cuando se planifica el deterioro de un producto en función de su vida útil; (ii) obsolescencia programada: cuando se reduce el ciclo de vida del producto de forma predeterminada por parte del fabricante; (iii) obsolescencia de especulación: cuando se comercializan productos incompletos o de baja calidad a un bajo precio, con el fin de introducirse en el mercado para ofrecer en el futuro un producto mejorado; y (iv) obsolescencia percibida: cuando un producto resulta menos deseable para el usuario por estar desfasado, aunque este mantenga la calidad y la funcionalidad planteadas en su diseño (Mellal, 2020).

En el caso de esta última, la obsolescencia percibida (OP), existe un vínculo estrecho con la experiencia que el usuario tiene cuando interactúa con un producto tecnológico (Córdoba-Cely, 2013). Diferentes trabajos han desarrollado la relación entre la experiencia del usuario (*user experience*, UX), el diseño y la usabilidad en entornos virtuales de aprendizaje (Díaz y Valderrama, 2018; Cantabella et al., 2015; Mor, Garreta y Galofré, 2007). En la UX se evalúan aspectos relacionados con la motivación o con las emociones, como, por ejemplo: la utilidad, el confort, la confianza o la facilidad de interacción (Aguirre et al., 2015).

Dentro de los estudios de ingeniería “donde se inscribe el presente trabajo” existe un gran número de PVI creadas en el marco de diferentes disciplinas científicas y técnicas, aunque todas ellas encajan en una de estas dos categorías: (i) laboratorios virtuales (LV), en los cuales se simulan experimentos y ensayos llevados a cabo en laboratorios reales (Vergara, 2019); y (ii) aplicaciones basadas en RV, que ayudan a comprender conceptos específicos relacionados con las materias impartidas en las clases de

teoría (Vergara, Lorenzo y Rubio, 2016). En el primer grupo, se pueden encontrar ejemplos de LV diseñados para la enseñanza de diferentes materias, como por ejemplo Neumática (Cruz y Mendoza, 2018), Electricidad (Ramírez-Romero y Rivera-Rodríguez, 2018), Radiología Industrial (Vergara y Rubio, 2012), Control (Lei et al., 2018), Electrónica (Yang, Zhang y Sun, 2016), Ultrasonidos (Vergara et al., 2018), Química (Lau, Kan y Lee, 2017), Termofluidos (Chaturvedi et al., 2012), Metrología (Yan et al., 2017), Hidráulica (Mirauda, Capece y Erra, 2019), entre otras. Por otra parte, en el segundo grupo se pueden encontrar casos relacionados con, por ejemplo, la estructura de los materiales (Fogarty, McCormick y El-Tawil, 2018; Vergara, Rubio y Lorenzo, 2018), la obra civil (Sampaio y Viana, 2014), los satélites (You et al., 2016), etc.

La motivación del estudiante durante el aprendizaje es un tema muy estudiado dentro del ámbito educativo, ya que este parámetro está vinculado directamente con la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje (Díaz-López, Tarango y Refugio, 2020; Kalman y Eugenio, 2015; Mohammad-Davoudi y Parpouchi, 2016; Oudeyer, Gottlieb y Lopes, 2016). De este modo, la eficacia o utilidad educativa de una PVI está estrechamente relacionada con la motivación que es capaz de generar en los estudiantes cuando la utilizan. Así pues, tal como sugieren diversos estudios (Vergara et al., 2018; Vergara, Rubio et al., 2020), durante el proceso de diseño de una PVI debe tenerse en cuenta la “motivación” como un factor clave para optimizar su efectividad.

Dentro de las titulaciones de ingeniería, en las asignaturas relacionadas con la ciencia e ingeniería de materiales, es frecuente el estudio de los diagramas de fases ternarios (DFT). Estos diagramas relacionan en un gráfico tridimensional la concentración de tres elementos o sustancias que constituyen un material con la temperatura de este. Debido a la dificultad de comprender espacialmente los DFT (que están en tres dimensiones), se suele recurrir a otros mecanismos en dos dimensiones (Callister, 2007) mediante: (i) secciones isotérmicas para una temperatura dada; y (ii) simplificación de los DFT a diagramas de fase binarios, considerando para ello únicamente una sección de isoconcentración. No obstante, de forma general, el aprendizaje de los DFT genera habitualmente serias dificultades de visualización espacial en los estudiantes (Vergara, Rubio y Lorenzo, 2014; 2015; 2019), ya que estos deben ser capaces de recrear mentalmente un DFT tridimensionalmente y visualizar aquellas partes que quedan ocultas en su interior.

Habitualmente la metodología utilizada para enseñar los DFT no incluye recursos interactivos basados en las TIC, lo que conduce a un problema tanto para profesores como para alumnos, ya que: (i) los profesores deben explicar un tema que requiere tener ciertas habilidades espaciales para una adecuada comprensión; y (ii) los alumnos se enfrentan al desafío de entender un objeto complejo tridimensional mediante representaciones bidimensionales simplificadas.

De este modo, es factible que una solución para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los DFT pueda ser el desarrollo de una PVI enfocada a mejorar la comprensión espacial de estos. De hecho, existen diversos ejemplos de uso de PVI en otras áreas entre cuyas finalidades está la de minimizar las dificultades en la comprensión espacial (Fogarty et al., 2018; Lou et al., 2012; Moreland et al., 2014; Vergara, Rubio y Lorenzo, 2018). En este artículo se comparan dos PVI cuyo objetivo es potenciar el aprendizaje de los DFT facilitando su comprensión espacial a los estudiantes de ingeniería. Ambas PVI utilizan RV no inmersiva, para generar un entorno interactivo en el cual se representa un DFT en el espacio. Ambas PVI permiten al usuario explorar en detalle el DFT, pero la diferencia principal entre ambas aplicaciones es el diseño. La primera PVI (PVI-1) se creó en 2012

utilizando la tecnología de desarrollo disponible en ese momento (3DS Max® y Quest 3D®) y fue utilizada por estudiantes de Ingeniería durante los cursos comprendidos entre 2013 y 2017 (Vergara, Rubio y Lorenzo, .2014; Vergara, Rubio y Lorenzo, 2015). Por otra parte, la segunda PVI (PVI-2) se creó en 2017 empleando una tecnología de desarrollo actualizada (3DS Max® y Unreal Engine 4®) y fue utilizada por estudiantes de Ingeniería durante los cursos 2017-2020. Al comparar ambas PVI, se aprecia que la más reciente (PVI-2) presenta las siguientes mejoras respecto a la primera (PVI-1): (i) aspecto visual más realista y atractivo; (ii) mejor interactividad; y (iii) uso más intuitivo.

A partir de los resultados de investigaciones previas (Vergara et al, 2020) y en las experiencias educativas obtenidas con ambas PVI durante los últimos siete cursos académicos (2013-2020), este trabajo presenta un estudio de la influencia que tiene la OP en el aprendizaje potenciado por la tecnología (TEL). Para lograrlo, en primer lugar, se ha estudiado la evolución de la UX en ambas PVI, y, en segundo lugar, se ha desarrollado una investigación descriptiva a través de una encuesta orientada a conocer la opinión del alumnado respecto de diversos aspectos relacionados con la UX en ambas PVI: (i) motivación del estudiante; (ii) nivel de interactividad; (iii) usabilidad; y (iv) utilidad como herramienta didáctica.

Por último, este trabajo propone una forma novedosa y sencilla de determinar un modelo de predicción de la obsolescencia tecnológica para este tipo de PVI, en función de los parámetros relacionados con la UX.

2. Entornos virtuales de aprendizaje

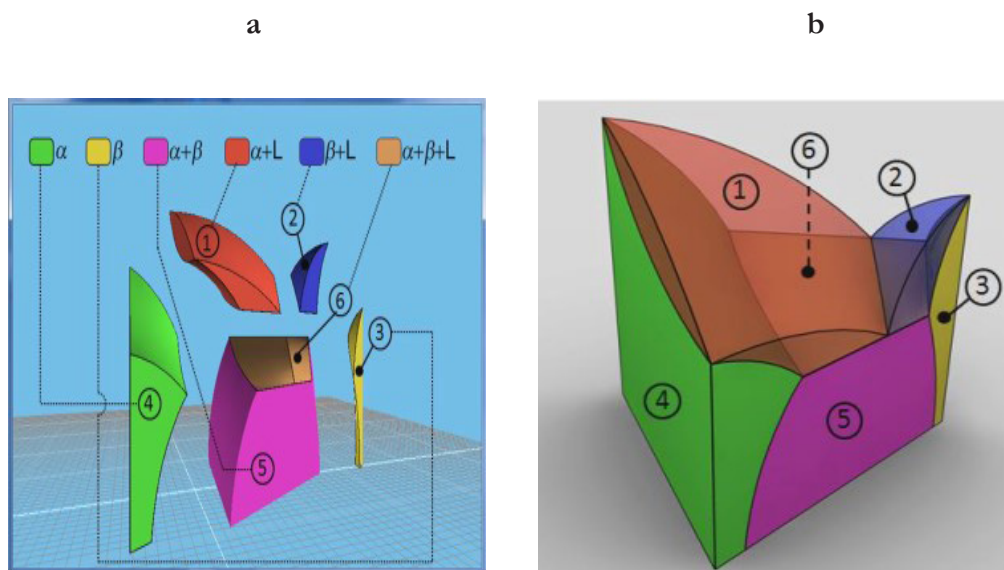
La PVI-1 es una aplicación que se ejecuta en un ordenador personal, se visualiza en un monitor y se controla mediante teclado y ratón (Vergara, Rubio y Lorenzo, 2014; Vergara, Lorenzo y Rubio, 2015). En ella se presenta un DFT en un entorno 3D (Figura 1) con el que el usuario puede interactuar para comprenderlo espacialmente. Por ello está diseñado para permitirle llevar a cabo las siguientes opciones: rotar, separar o juntar las diferentes fases que componen el DFT, identificar mediante diferentes colores cada una de dichas fases, aplicar transparencia a las superficies para visualizar aquellas zonas que quedan ocultas, etc.

Dado que el software utilizado en el desarrollo de la PVI-1 no permite generar ambientes con un alto nivel de realismo e interactividad (Figura 1 en la página siguiente), esta aplicación únicamente muestra el DFT en el vacío, y la iluminación y los materiales utilizan colores lisos sin textura. El resultado final es una PVI con un aspecto poco realista. Por otra parte, la interacción con el DFT es limitada, ya que: (i) los movimientos del usuario se reducen a los entornos del DFT; (ii) las diferentes partes que lo componen únicamente se pueden separar y acoplar; y (iii) las secciones isotérmicas se simulan mediante líneas (Vergara, Lorenzo y Rubio, 2015).

Por otra parte, la PVI-2 es una aplicación que también se ejecuta en un ordenador personal, se visualiza en un monitor y se controla mediante teclado y ratón. En ella, al igual que ocurre en la PVI-1, se presenta un DFT tridimensionalmente (Figura 2) en el que el usuario puede realizar las mismas acciones que en la PVI-1 (que son justamente las más interesantes desde un punto de vista didáctico): rotar, separar y juntar las fases que componen el DFT, usar diferentes colores cada una de dichas fases, etc. Pero, como se expuso antes, el software utilizado en el desarrollo de esta PVI “más moderno que el utilizado en el desarrollo de la PVI anterior” permite la creación de ambientes muy

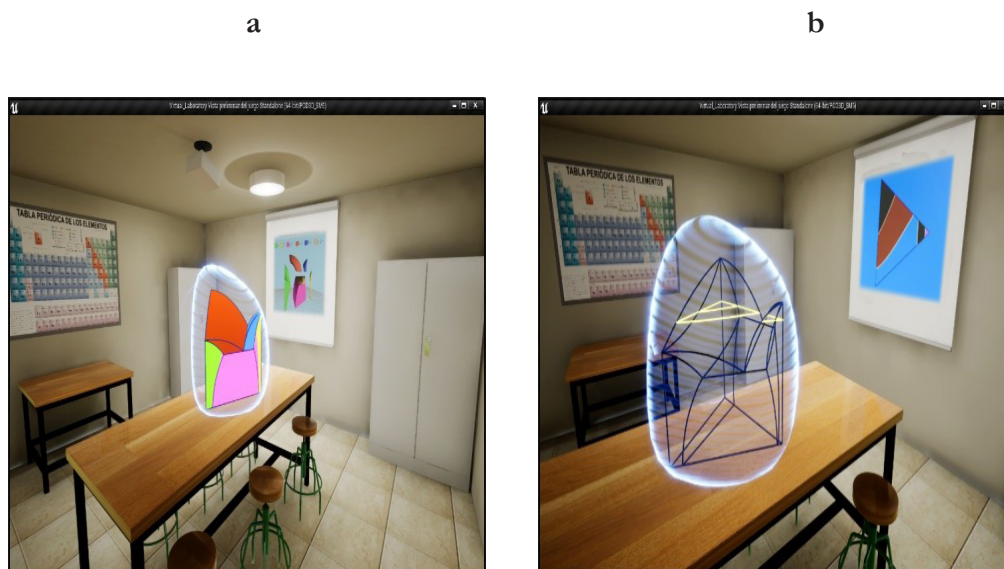
realistas con un alto nivel de interactividad.

Figura 1. PVI desarrollada en 2012 (PVI-1): (a) vista explotada; (b) vista con transparencia



Fuente: elaboración propia

Figura 2. PVI desarrollada en 2017 (PVI-2): (a) vista general; (b) corte isotérmico



Fuente: elaboración propia

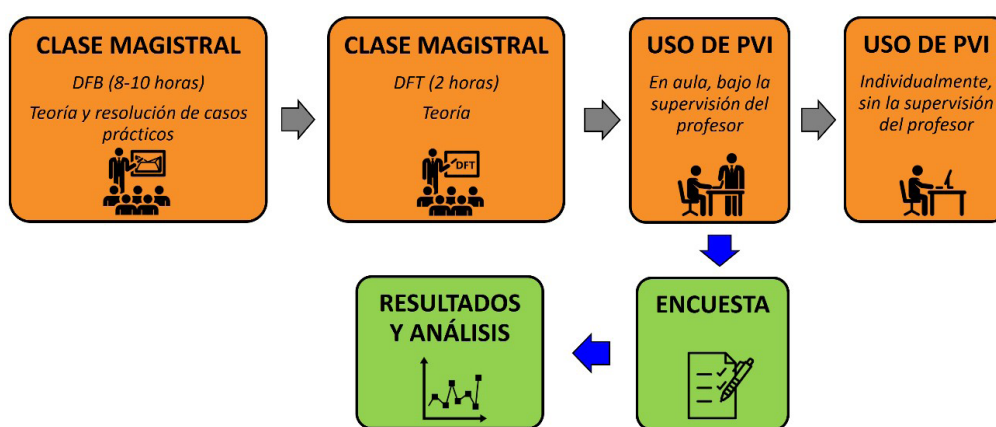
3. Metodología

La metodología seguida en el aula con las PVI, la cual se resume en el esquema mostrado en la Figura 3, se ha implementado en la Universidad Católica de Ávila en la asignatura Ciencia y Tecnología de los Materiales, del 2º curso de la carrera de grado en Ingeniería Mecánica. Inicialmente, en las clases magistrales se imparte la docencia concerniente a los diagramas de fases binarios (DFB), que dura

aproximadamente dos semanas (8-10 horas lectivas) entre la parte teórica y la parte práctica, en la que se resuelven ejercicios relacionados con la regla de la palanca. Al terminar la formación de DFB se imparte la teoría correspondiente a los DFT. Dado que en Ingeniería Mecánica los contenidos relacionados con los diagramas de fases se centran principalmente en el estudio de los DFB y no se requiere que los estudiantes adquieran un conocimiento profundo de los DFT, las clases teóricas se limitan a una introducción básica de este último tipo de diagramas. Así, el objetivo es que los alumnos comprendan cómo se forman los DFT, cómo se pueden presentar fases ocultas en su interior (por ejemplo, en el caso de existir un punto eutéctico ternario), cómo se manejan a nivel industrial para resolver este tipo de problemas (por ejemplo, haciendo uso de cortes isotérmicos), cómo se calculan las concentraciones en las diferentes fases utilizando la regla de la palanca, etc. La duración de esta formación teórica en DFT suele abarcar unas dos horas de clase.

Posteriormente, mediante el uso de las PVI (figuras 1 y 2), los alumnos comprenden mucho mejor los DFT a nivel espacial, facilitando así que asimilen mejor los conceptos relativos a este tipo de diagramas y, en consecuencia, se garantiza que se consiga un mejor nivel de aprendizaje significativo reteniendo los conceptos aprendidos durante un periodo de tiempo mayor (Vergara, Lorenzo y Rubio, 2015). La duración de la clase con la PVI abarca una hora con el profesor, aunque el alumno, además, puede posteriormente seguir utilizando la PVI en su ordenador personal cuando así lo desee.

Figura 3. Metodología de aplicación y evaluación de las PVI



Fuente: elaboración propia

Una vez finalizado el proceso de formación relacionado con los diagramas de fases, se da comienzo a la investigación descriptiva de ambas PVI. Para ello, el profesor facilita a los alumnos una encuesta en la que se formula una serie de preguntas (Tabla 1) considerando diferentes aspectos relacionados con la UX: (i) la motivación que le ha despertado su uso; (ii) el nivel de interactividad que tiene la aplicación didáctica; (iii) la usabilidad o facilidad de uso de la PVI; y (iv) la utilidad de la PVI como herramienta didáctica.

Tabla 1. Encuesta sobre la UX en las PVI

Pregunta	Nº	Criterio UX
Valora de 1 a 10 las siguientes características de la PVI de DFT (siendo 1 el valor más pequeño y 10 el valor mayor)	1	Motivación que te ha despertado su uso
	2	Interactividad de la PVI
	3	Usabilidad
	4	Utilidad como herramienta didáctica

Fuente: elaboración propia

4. Resultados

A la hora de analizar desde un punto de vista técnico la OP en ambas PVI, es necesario tener en cuenta los tres parámetros más relevantes de la UX en aplicaciones basadas en RV: (i) el grado de inmersión, entendido como la sensación por parte del usuario de encontrarse realmente en el entorno de RV; (ii) el grado de interacción, entendido como la capacidad otorgada al usuario para interactuar con los diferentes parámetros; y (iii) el grado de desarrollo, entendido como el nivel de detalle alcanzado en el entorno de RV, tanto en lo que se refiere a los aspectos técnicos del entorno, como a los aspectos técnicos a tratar (Extremera et al., 2020b).

En relación con estos parámetros, es posible observar cómo la PVI-2 presenta diferentes mejoras con respecto a la PVI-1: (i) el DFT se muestra en el interior de un laboratorio similar al que puede encontrarse en cualquier escuela de ingeniería; (ii) la movilidad del usuario por el escenario es completa, ya que este puede ver tanto el DFT como el resto del laboratorio desde cualquier punto de vista; (iii) el DFT se representa mediante un holograma flotando sobre una mesa, lo cual contribuye a dar un efecto atractivo a un objeto imaginario que en realidad es una representación de un conjunto de datos; y (iv) la interacción con el DFT es completa, ya que se permite al usuario llevar a cabo diversas acciones sobre cada una de las partes que componen el DFT (por ej., mostrarlas u ocultarlas) y obtener de modo interactivo las secciones isotérmicas.

A continuación, en la Tabla 2 se muestran los factores o parámetros más relevantes a la hora de analizar la UX, identificando, en primer lugar, el nivel con el que cada PVI lo implementa “total (T), parcial (P) o mínimo (M)” y, en segundo lugar, resumiendo la evolución obtenida.

En total, 145 estudiantes participaron en esta investigación descriptiva. De esta población, 82 estudiantes utilizaron la antigua versión PVI-1 (en los cursos académicos 2013-2017), mientras que 63 estudiantes utilizaron la versión actualizada PVI-2 (en los cursos académicos 2017-2020). Los resultados en cuanto a valor promedio y desviación estándar σ obtenidos en la PVI-1 se muestran en la Tabla 3 y los obtenidos en la PVI-2 se muestran en la Tabla 4.

Tabla 2. Desarrollo de los parámetros más relevantes de la UX en las PVI

Parámetro UX	Nivel de implementación*		Evolución
	PVI-1	PVI-2	
Inmersión	M	T	En PVI-2 el DFT se representa dentro de un entorno real (laboratorio).
Interacción con el entorno	M	T	En PVI-2 la movilidad del usuario por el escenario es completa.
Interacción con el DFT	P	T	Aunque ambas PVI logran interacción del usuario con el DFT, en PVI-2 la interacción es completa.
Desarrollo	P	T	Ambas PVI tienen en cuenta este parámetro, pero en la PVI-2 se logra un efecto atractivo mostrando un objeto imaginario que en realidad es una representación de un conjunto de datos.

Fuente: elaboración propia

*Nivel de implementación: (I) total, (P) parcial y (M) mínimo.

Investigación descriptiva

Tabla 3. Resultados obtenidos en la PVI-1 en los cursos académicos 2013-2017

Año Académico	Nº de estudiantes	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4	
		\bar{X}	Σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
2013-2014	22	8,6	0,5	7,5	0,96	7,1	0,75	9,7	0,48
2014-2015	20	8,5	0,61	7,2	0,89	7,2	0,83	9,7	0,47
2015-2016	20	8,1	0,72	6,5	0,89	7	0,73	9,7	0,49
2016-2017	20	7,5	0,87	6,2	0,77	7,1	0,79	9,7	0,47

Fuente: elaboración propia

Tabla 4. Resultados obtenidos en la PVI-2 en los cursos académicos 2017-2020

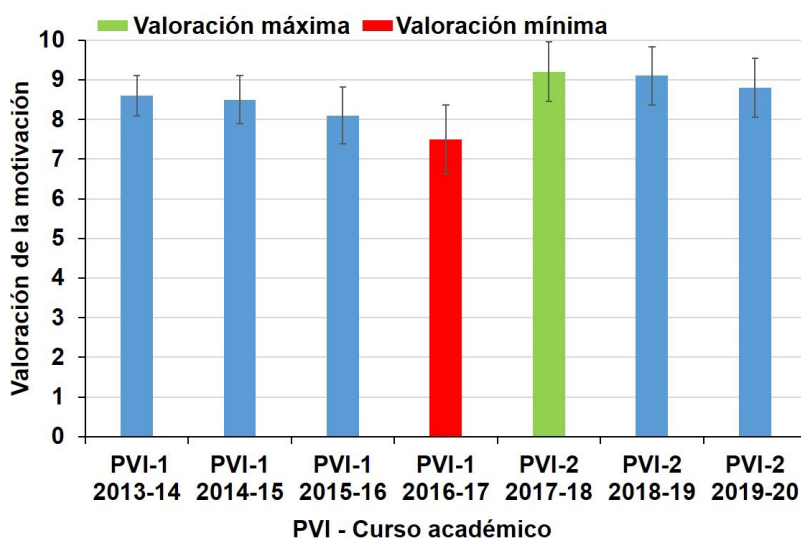
Año Académico	Nº de estudiantes	Pregunta 1		Pregunta 2		Pregunta 3		Pregunta 4	
		\bar{X}	Σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
2017-2018	21	9,2	0,75	8,3	0,6	7,4	0,8	9,7	0,46
2018-2019	21	9,1	0,74	8,3	0,64	7,3	0,73	9,8	0,44
2019-2020	21	8,8	0,75	8,2	0,6	7,6	0,66	9,6	0,5

Fuente: elaboración propia

4. Discusión

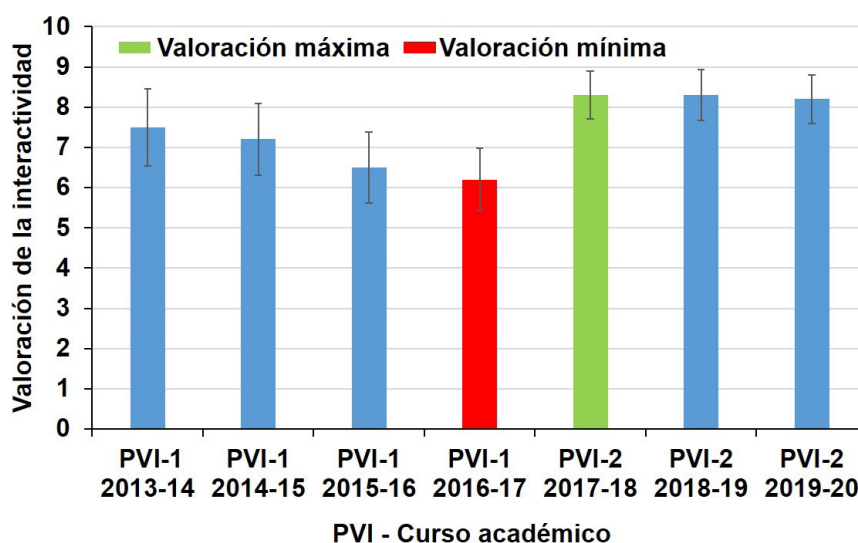
Los resultados mostrados en la Figura 4a sugieren que la motivación (Pregunta 1, Tabla 1) que generaba en los estudiantes el uso de la PVI-1 fue disminuyendo paulatinamente con el paso del tiempo, obteniendo la menor motivación (inferior a 7 sobre 10) en el curso académico 2016-2017 (barra roja del gráfico). En este curso académico, 2016-2017, la PVI-1 obtuvo además la mayor dispersión en la medida de la motivación (superior a 0,80). A partir de ese momento, la actualización de la PVI a PVI-2 generó un incremento en la valoración de la motivación, obteniendo su valor máximo (superior a 9 sobre 10) el primer año de su implantación como TEL, en el curso académico 2017-2018 (barra verde del gráfico).

Figura 4. a. Valoración de los estudiantes de PVI-1 entre los cursos 2013-2017 y PVI-2 en los cursos 2017-2019: Pregunta 1 (motivación, Tabla 1)



Fuente: elaboración propia

Figura 4. a. Valoración de los estudiantes de PVI-1 entre los cursos 2013-2017 y PVI-2 en los cursos 2017-2019: Pregunta 2 (interactividad, Tabla 1)



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, el nivel de interactividad (Figura 4b) siguió una tendencia similar al nivel de motivación durante todo el periodo evaluado, la valoración mínima con respecto al nivel de interactividad de la PVI-1 (barra roja del gráfico) se obtuvo también en el curso académico 2016-2017 (superior a 6 sobre 10). En cuanto a la valoración máxima de la interactividad (próxima a 9 sobre 10), la obtuvo la PVI-2 también en el primer año de su implantación, en el curso académico 2018-2019 (barra verde del gráfico).

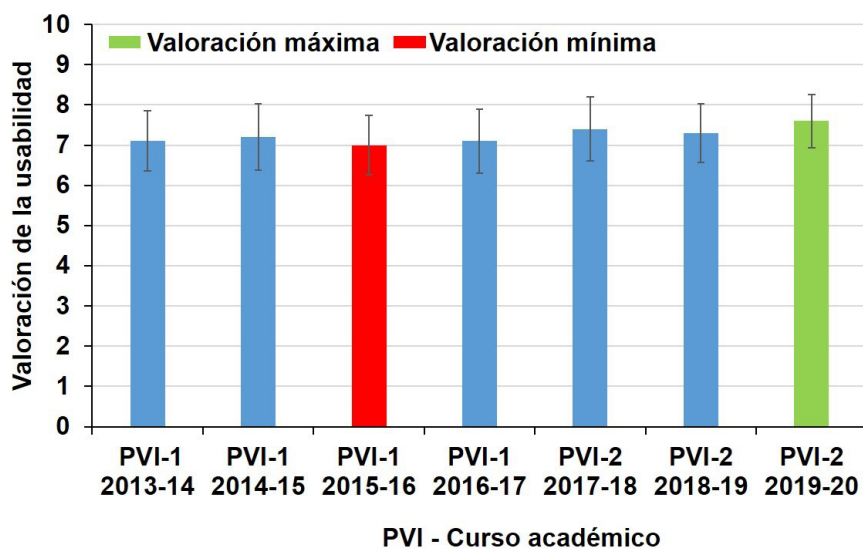
Con relación a la usabilidad (Figura 5a en la siguiente página), los resultados reflejan una valoración prácticamente similar a lo largo de los diferentes cursos académicos. La valoración más negativa (barra roja del gráfico) con respecto a la usabilidad de la PVI-1 (7 sobre 10) se obtuvo en el curso académico 2015-2016, mientras que la valoración más positiva (7,6 sobre 10) se obtuvo en el curso académico 2019-2020 (barra verde del gráfico).

Por último, en cuanto a la utilidad de la PVI como herramienta didáctica, los resultados mostrados en la Figura 5b reflejan una evolución en el tiempo similar a la reflejada anteriormente por la usabilidad. Los alumnos valoran muy positivamente la utilidad de la PVI (superior a 9,5 sobre 10), con una dispersión reducida (no superior a 0,5).

A juicio de los autores, la tendencia decreciente de los niveles de motivación y de interactividad que presenta la PVI-1 en la Figura 4a tiene su origen en su obsolescencia tecnológica (Vergara et al., 2020). Cuando se creó la PVI-1 en 2012, con las herramientas (software) de desarrollo del momento, el resultado fue una aplicación que simulaba un entorno 3D que ofrecía un aspecto y unas posibilidades de interacción en línea con el resto de aplicaciones basadas en RV no inmersiva que existían entonces. Por consiguiente, en el curso 2013-2014 los alumnos percibieron la PVI-1 como una aplicación atractiva e interactiva que generaba en ellos un alto nivel de motivación al utilizarla. No obstante, a medida que transcurrió el tiempo, el aspecto y posibilidades de interacción de la PVI-1 fue quedando en desventaja cuando se comparaba con otras aplicaciones basadas en RV no inmersiva

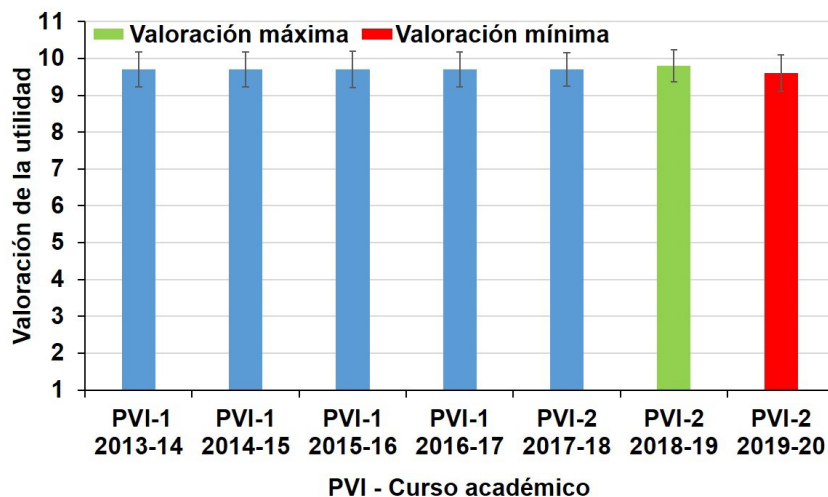
que existían en ese mismo momento. Este hecho ocasionó que con el paso del tiempo los alumnos percibieran la PVI-1 como una aplicación cada vez menos interactiva y con un aspecto más anticuado (a pesar de que el nivel de interactividad siguiera siendo exactamente el mismo que el primer curso de aplicación en el aula).

Figura 5.a. Valoración de los estudiantes de PVI-1 entre los cursos 2013-2017 y PVI-2 en los cursos 2017-2019: Pregunta 3 (usabilidad, Tabla 1); (b)



Fuente: elaboración propia

Figura 5.b. Valoración de los estudiantes de PVI-1 entre los cursos 2013-2017 y PVI-2 en los cursos 2017-2019: Pregunta 4 (usabilidad, Tabla 1); (b)



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, cuando se creó la PVI-2 en 2017 con herramientas de desarrollo del momento (más modernas que las que se usaron para la PVI-1), el resultado fue una aplicación que simulaba un entorno 3D que ofrecía un aspecto y un nivel de interactividad en línea con el resto de aplicaciones

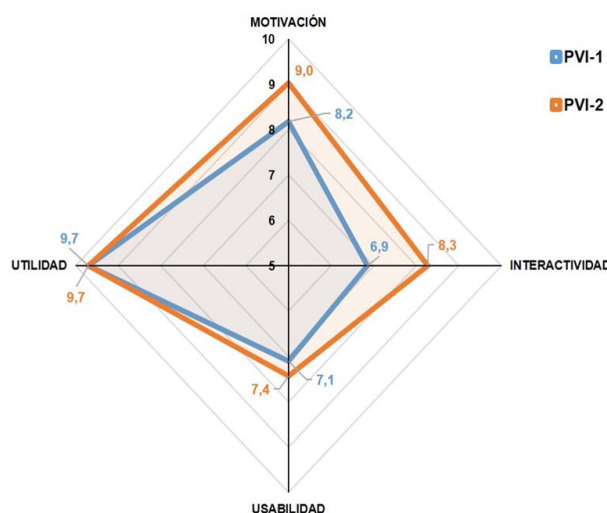
basadas en RV no inmersiva que existían en ese momento. Este hecho ocasionó que en el curso 2017-2018 los estudiantes apreciaran la PVI-2 nuevamente como una aplicación atractiva e interactiva que generaba en ellos un alto nivel de motivación y, consecuentemente, la valoración de los estudiantes creció, respecto al curso anterior, un 22,7% en el caso de la motivación y un 33,9% en el caso de la interactividad.

Analizando en mayor profundidad los resultados obtenidos, se puede observar que el decremento de la valoración de la motivación (Figura 4a) y de la interactividad (Figura 4b) aumenta su pendiente con los años, es decir, que en el siguiente año a la creación de la PVI apenas hay diferencia en la valoración de los estudiantes, pero que a medida que pasan los años la pérdida de valoración es más pronunciada. Estos resultados sugieren que la OP afecta rápidamente a las tecnologías educativas, ya que pueden perder en aproximadamente cuatro años un 10% del nivel de la motivación inicial.

Valorando de forma global la evolución de la PVI a partir del valor promedio de las puntuaciones dadas por los alumnos a lo largo del tiempo a los parámetros más relevantes de la UX (Figura 6), se observa que los alumnos aumentan su motivación y perciben una mejora en la interactividad cuando se compara la PVI-1 con la PVI-2. En el caso de la motivación, este aumento se traduce en 0,8 puntos sobre 10 (pasando de 8,2 en la PVI-1 a 9,0 en la PVI-2), mientras que, en el caso de la interactividad, su evolución se valora en 1,4 puntos sobre 10 (pasando de 6,9 en la PVI-1 a 8,3 en la PVI-2).

En cuanto al resto de parámetros de la UX, utilidad y usabilidad, los alumnos, de forma global, no valoran más positivamente la nueva PVI, sino que la valoración permanece constante a lo largo del tiempo. En el primero de estos parámetros, la utilidad, los alumnos valoran ambas PVI muy positivamente (9,7 sobre 10). Por último, en el caso de la usabilidad, la evolución del diseño es valorada por los alumnos con un pequeño aumento de 0,3 (pasando de 7,1 en la PVI-1 a 7,4 en la PVI-2).

Figura 6. Comparativa de la valoración de los parámetros UX en la PVI-1 y la PVI-2



Fuente: elaboración propia

Acorde a los resultados mostrados se deduce que para evitar que la PVI sea percibida como

obsoleta y con ello deje de ser una herramienta educativa eficaz, es preciso llevar a cabo un programa de actualizaciones periódicas. En consecuencia, para dar soporte a este programa de actualizaciones, resulta adecuado determinar un modelo de regresión de los parámetros de la UX que permita predecir en qué momento una PVI empezará a ser percibida como obsoleta.

Un modelo de regresión es un modelo matemático que relaciona la evolución de una variable dependiente (y) con respecto a otra variable independiente (x). En este estudio se ha utilizado un modelo de regresión lineal de la forma $y = a + bx$, donde a y b son valores constantes, la variable independiente x es el curso académico en el cual se utiliza la PVI y la variable dependiente y es la valoración estimada que se obtendría del correspondiente parámetro de la UX. Por otra parte, se ha calculado el coeficiente de determinación (R^2) para conocer la bondad del ajuste del modelo. Nótese que el ajuste es mejor (y , por tanto, el error cometido es menor) cuanto más cercano a 1 sea el valor de R^2 . En la Tabla 5 se muestran los coeficientes de determinación R^2 obtenidos en cada PVI utilizada y su expresión matemática.

Tabla 5. Modelo de regresión y R^2 de cada parámetro UX para ambas PVI

Parámetro UX	PVI-1		PVI-2	
	Coefficiente de Determinación (R^2)	Modelo de Regresión	Coefficiente de Determinación (R^2)	Modelo de Regresión
Motivación	0,915	$y = 9,1 - 0,37x$	0,923	$y = 9,43 - 0,2x$
Interactividad	0,971	$y = 8 - 0,46x$	0,750	$y = 8,36 - 0,05x$
Usabilidad	0,1	$y = 7,15 - 0,02x$	0,428	$y = 7,23 + 0,1x$
Utilidad	1	$y = 9,7$	0,25	$y = 9,8 - 0,05x$

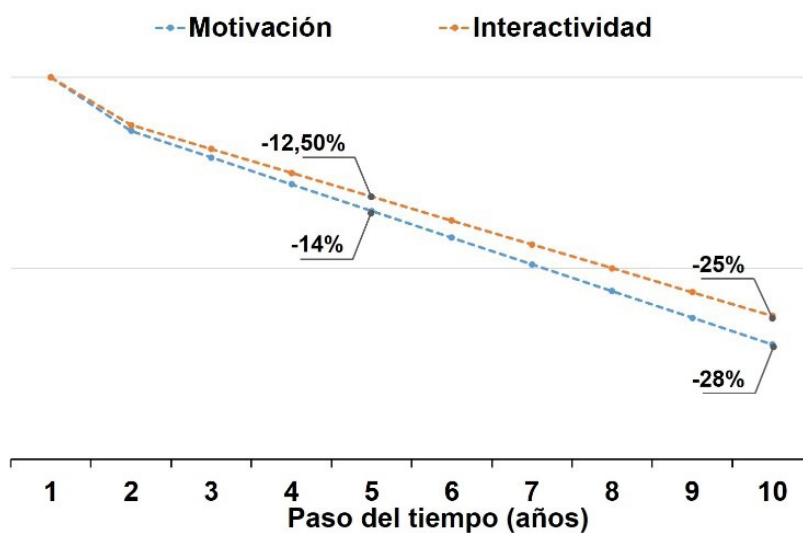
Fuente: elaboración propia

De este modo, teniendo en cuenta que estos modelos no son realmente representativos al tener solo cuatro datos para la PVI-1 y tres para la PVI-2, lo más importante de cara al estudio que se plantea en este artículo es cómo varía cada parámetro UX con el paso del tiempo, es decir, la pendiente de la recta de regresión. Para analizar la influencia del paso del tiempo en cada parámetro UX, se puede considerar el valor medio de dicha pendiente de la recta de regresión como un valor estimativo de la tendencia. En este sentido, teniendo en cuenta los valores de pendiente obtenidos en cada uno de los parámetros UX de las PVI (Tabla 5), se ha considerado una pendiente estimada de 0,28 para la motivación, 0,25 para la interactividad, 0,04 para la usabilidad y 0,025 para la utilidad. De todos modos, dado que los valores de regresión solo alcanzan un valor representativo en la motivación y la interactividad, puesto que en los otros casos el valor del coeficiente R^2 es muy pequeño, en la Figura 7 se ha representado la evolución con el tiempo de estos parámetros UX.

Así, se puede comprobar que el paso del tiempo afecta negativamente tanto a la interactividad como a la motivación, siendo más acusada esta influencia en el caso de la motivación (cayendo hasta un 28% a los 10 años). Por otro lado, tanto los valores de las pendientes de las curvas de regresión (Tabla 5) como los gráficos representados en las figuras 4 y 5 sugieren que el paso del tiempo apenas afecta

a la usabilidad y la utilidad de las herramientas digitales educativas, permaneciendo prácticamente inalterables con los años. Así, tal como señalan trabajos anteriores (Vergara et al, 2019), se observa que interactividad y motivación están relacionadas.

Figura 7. Evolución de la motivación y la interactividad en las PVI a lo largo del tiempo



Fuente: elaboración propia

Si bien estas afirmaciones ya fueron establecidas en estudios previos (Vergara et al, 2020), el presente trabajo ha profundizado en un análisis cuantitativo que demuestra la relación entre las diferentes variables (figuras 6 y 7). Del mismo modo, se sugiere que la usabilidad y la utilidad también pueden tener relación entre sí.

A medida que transcurre el tiempo y el desarrollo tecnológico avanza, los alumnos familiarizados con las últimas novedades tecnológicas comienzan a valorar negativamente una PVI diseñada años atrás, surgiendo así el fenómeno de la OP. Del mismo modo, esa OP afecta de forma similar a la motivación del alumnado a la hora de utilizar la PVI. En cuanto a la usabilidad y la utilidad, el desarrollo tecnológico no influye en estos parámetros UX de la misma manera que lo hace en la motivación y la interactividad. Los alumnos no están acostumbrados a utilizar PVI relacionadas con DFT y, dado que son conscientes de la dificultad que supone estudiar esta materia con los recursos y metodologías tradicionales, continúan valorando positivamente a lo largo del tiempo la usabilidad y la utilidad de estas herramientas, alejando en el tiempo el efecto de la OP.

5. Conclusiones

En base a los resultados mostrados en este artículo, se puede afirmar que la valoración que hacen los estudiantes de una tecnología educativa está estrechamente relacionada con el grado de actualización del software empleado en su desarrollo (tecnología de desarrollo), es decir, que la obsolescencia percibida a la que se ven sometidas directamente las tecnologías educativas afecta, a su vez, a la experiencia del usuario (y esto, consecuentemente, influye también al nivel formativo de la tecnología educativa).

En este estudio se ha comprobado que una tecnología educativa diseñada y desarrollada con un software actual genera en los estudiantes una mejor experiencia del usuario, lo que se refleja en un nivel de motivación más alto que si se hubiese desarrollado con tecnología antigua (obsoleta). Lo mismo ocurre con la percepción del alumnado respecto al nivel de interactividad de la tecnología educativa, que se ve afectada directamente por la obsolescencia percibida. En cambio, la valoración de la usabilidad y la utilidad de la herramienta educativa apenas se ve afectada por dicha obsolescencia.

Por lo tanto, en este trabajo de investigación se pone de relieve la importancia de llevar a cabo actualizaciones periódicas de cualquier recurso educativo basado en las TIC, utilizando para ello herramientas de desarrollo actuales. Con estas actualizaciones se podrá conseguir que las tecnologías educativas mantengan a lo largo del tiempo su eficacia como herramientas docentes y cumplan con su objetivo inicial de diseño: mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- AGUIRRE, A.F.; VILLAREAL, Á.P.; COLLAZOS, C.A. y GIL, R. (2015). Aspectos a considerar en la evaluación de la satisfacción de uso en Entornos Virtuales de Aprendizaje. *Revista Colombiana de Computación*, 6, pp. 75–96.
- ANDREATTA-DA-COSTA, L.; URBANO, D. y RESTIVO, T. (2017). Haptic interaction with virtual interface to learn strength of materials. En *Proceedings of 2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON2017)*, pp. 1498–1501. New York, NY, USA: IEEE.
- CALLISTER, W.D. (2007). *Materials science and engineering: An introduction (7th ed.)*. New York, NY, USA: John Wiley & Sons.
- CANTABELLA, M.; LÓPEZ-AYUSO, B.; MUÑOZ, A. y CABALLERO, A. (2015). Una herramienta para el seguimiento del profesorado universitario en entornos virtuales de aprendizaje. *Revista Española de Documentación Científica*, 39(4), e153.
- CHATURVEDI, S.K.; YOON, J.; MCKENZIE, R.; KATSILOUDIS, P.J.; GARCIA, H.M. y REN, S. (2012). AC 2012-3412: Implementation and assessment of a virtual reality- experiment in the undergraduate thermo-fluids laboratory. En *2012 ASEE -Annual Conference*. Washington, DC, USA: American Society for Engineering Education.
- CÓRDOBA-CELY, C. (2013). La experiencia de usuario: de la utilidad al afecto. *Iconofacto*, 9(12), pp. 56-70.
- CRUZ, D.R. y MENDOZA, D.M.M. (2018). Design and development of virtual laboratory: a solution to the problem of laboratory setup and management of pneumatic courses in Bulacan State University College of Engineering. En *2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM 2018)*, pp. 20–23. New York, NY, USA: IEEE.
- DÍAZ, E.L. y VALDERRAMA, C.F. (2018). Evaluación de la usabilidad de los EVA (entornos virtuales de aprendizaje) a partir de la experiencia de usuarios aplicando lógica difusa. *Revista Vínculos: Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 15(2), pp. 56-65.
- DÍAZ-LÓPEZ, L., TARANGO, J. y REFUGIO, J. (2020). Realidad virtual en procesos de aprendizaje en estudiantes universitarios e interés para despertar vocaciones científicas. *Cuadernos de Documentación Multimedia*, 31, e68958.

- DUNN, T.J. y KENNEDY, M. (2019). Technology enhanced learning in higher education; motivations, engagement and academic achievement. *Computers and Education*, 137, pp. 104–113.
- EXTREMERA, J.; VERGARA, D.; DÁVILA, L.P. y RUBIO, M.P. (2020a). Virtual and Augmented Reality Environments to Learn the Fundamentals of Crystallography. *Crystals*, 10(6), p. 456.
- EXTREMERA, J.; VERGARA, D.; GÓMEZ, A.I.; FERNÁNDEZ, P.; ORDOÑEZ, E. y RUBIO, M.P. (2020b). Impediments to the development of immersive virtual reality in education. En *Proceedings of EDULEARN20 Conference*, pp. 1282-1288.
- FERNÁNDEZ-AVILÉS, D.; DOTOR, D.; CONTRERAS, D. y SALAZAR, J.C. (2016). Virtual labs: A new tool in the education. En *Proceedings of 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, pp. 271–272. New York, NY, USA: IEEE.
- FOGARTY, J.; MCCORMICK, J. y EL-TAWIL, S. (2018). Improving student understanding of complex spatial arrangements with virtual reality. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 144(2).
- HODGSON, P.; LEE, V.W.Y.; CHAN, J.C.S.; FONG, A.; TANG, C.S.Y.; CHAN, L. y WONG, C. (2019). Immersive virtual reality (IVR) in higher education: Development and implementation. En M. Dieck y T. Jung (Eds.), *Augmented Reality and Virtual Reality: The Power of AR and VR for Business*, pp. 161–173. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- KALMAN, C. y EUGENIO, E.G. (2015). Successful language learning in a corporate setting: The role of attribution theory and its relation to intrinsic and extrinsic motivation. *Studies in Second Language Learning and Teaching*, 5(4), 583–608.
- LAU, K. W.; KAN, C.W. y LEE, P.Y. (2017). Doing textiles experiments in game-based virtual reality. A design of the stereoscopic chemical laboratory (SCL) for textiles education. *International Journal of Information and Learning Technology*, 34(3), pp. 242–258.
- LEI, Z.; ZHOU, H.; HU, W.; DENG, Q.; ZHOU, D. y LIU, Z.W. (2018). HTML5-based 3-D online control laboratory with virtual interactive wiring practice. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(6), pp. 2473–2483.
- LOU, X.; ZHANG, Q.; WU, B.; ZHOU, C.Q. y HEIM, J. E. (2012). Development of a virtual power plant boiler for training. En *Proceedings of the ASME Summer Heat Transfer Conference 2012*, 1, pp. 1085–1091. New York, NY, USA: American Society of Mechanical Engineers.
- MELLAL, M.A. (2020). Obsolescence – A review of the literature. *Technology in Society*, 63, 101347.
- MIRAUDA, D., CAPECE, N. y ERRA, U. (2019). StreamflowVL: A virtual fieldwork laboratory that supports traditional hydraulics engineering learning. *Applied Sciences*, 9, 4972.
- MOHAMMAD-DAVOUDI, A.H. y PARPOUCHI, A. (2016). Relation between team motivation, enjoyment, and cooperation and learning results in learning area based on team-based learning among students of Tehran University of medical science. En B. McKenna, F. S. Ardabili y N. Faghieh (Eds.), *3rd International Conference on New Challenges in Management and Business: Organization and Leadership*, 230 (pp. 184–189). Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science
- MOR, M., GARRETA, M. y GALOFREY, M. (2007). Diseño centrado en el usuario en entornos virtuales de aprendizaje, de la usabilidad a la experiencia del estudiante. *Actas del IV Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables (SPDECE'07)*.

- MORELAND, J.; DUBEC, S.; OKOSUN, T.; WANG, X. y ZHOU, C. (2014). A 3D wind turbine simulator for aerodynamics education. En *Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition 2013*, 5, p. V005T05A023. New York, NY, USA: American Society of Mechanical Engineers.
- OKAMOTO, M.; ISHIMURA, T. y MATSUBARA, Y. (2017). AR-based inorganic chemistry learning support system using mobile HMD. En W. Chen, J. C. Yang, A. F. M. Ayub, S. L. Wong y A. Mitrovic (Eds.), *Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education (ICCE 2017)*, pp. 511–513. Taoyuan City, Taiwan: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- OUDEYER, P.Y., GOTTLIEB, J. y LOPES, M. (2016). Intrinsic motivation, curiosity, and learning: Theory and applications in educational technologies. En B. Studer y S. Knecht (Eds.), *Motivation: Theory, Neurobiology and Applications 229*, pp. 257–284. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science.
- RAMÍREZ-ROMERO, J.M. y RIVERA-RODRÍGUEZ, S. (2018). Characteristics and functions of a virtual laboratory of induction machines in the teaching environment. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 13(4), pp. 130–135.
- REN, S., MCKENZIE, F.D., CHATURVEDI, S.K., PRABHAKARAN, R., YOON, J., KATSILOLOUDIS, P.J. y GARCIA, H. (2015). Design and comparison of immersive interactive learning and instructional techniques for 3D virtual laboratories. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 24(2), pp. 93–112.
- SAMPAIO, A.Z. y VIANA, L. (2014). Virtual reality technology used as a learning tool in civil engineering training. En *Proceedings of 2014 7th International Conference on Human System Interactions (HSI)*, pp. 156–161. New York, NY, USA: IEEE.
- SHARPLES, S., COBB, S., MOODY, A. y WILSON, J.R. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE): Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 29(2), pp. 58–69.
- TOBAR, K. (2015). Copy or discard: primeros acercamientos en torno a la originalidad y obsolescencia programada en el net.art. En *2nd Art, Science, City International Conference ASC2015*, pp. 185-189. Valencia, España: UPV.
- VERGARA, D. (2019). Imposición de los laboratorios virtuales en la educación del siglo XXI. *Eduweb*, 13(2), pp. 119-128.
- VERGARA, D.; EXTREMERA, J.; RUBIO, M.P. y DÁVILA, L.P. (2019). Meaningful learning through virtual reality learning environments: a case study in materials engineering. *Applied Sciences*, 9, 4625.
- VERGARA, D.; EXTREMERA, J.; RUBIO, M.P. y DÁVILA, L.P. (2020). The technological obsolescence of virtual reality learning environments. *Applied Sciences*, 10, 915.
- VERGARA, D., LORENZO, M. y RUBIO, M.P. (2015). Virtual environments in materials science and engineering: The students' opinion. En H. Lim (Ed.) *Handbook of Research on Recent Developments in Materials Science and Corrosion Engineering Education* (1st ed.), pp. 148–165. Hershey, PA, USA: IGI Global.
- VERGARA, D.; LORENZO, M. y RUBIO, M.P. (2016). On the use of virtual environments in engineering education. *International Journal of Quality Assurance in Engineering and Technology Education*, 5(2), pp. 30–41.
- VERGARA, D.; RODRÍGUEZ-MARTÍN, M.; RUBIO, M.P.; FERRER-MARÍN, J.; NÚÑEZ-GARCÍA, F.J. y MORALESJO-COBO, L. (2018). Technical staff training in ultrasonic non-destructive testing using virtual reality. *Dyna*, 93(2), pp. 150–154.

- VERGARA, D. y RUBIO, M.P. (2012). Active methodologies through interdisciplinary teaching links: Industrial radiography and technical drawing. *Journal of Materials Education*, 34(5–6), pp. 175–185.
- VERGARA, D.; RUBIO, M.P. y LORENZO, M. (2014). New virtual application for improving the students' understanding of ternary phase diagrams. *Key Engineering Materials*, 572(1), pp. 578–581.
- VERGARA, D.; RUBIO, M.P. y LORENZO, M. (2015). A virtual environment for enhancing the understanding of ternary phase diagrams. *Journal of Materials Education*, 37(3–4), pp. 93–101.
- VERGARA, D.; RUBIO, M.P. y LORENZO, M. (2017). On the design of virtual reality learning environments in engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(2), p. 11.
- VERGARA, D.; RUBIO, M.P. y LORENZO, M. (2018). A virtual resource for enhancing the spatial comprehension of crystal lattices. *Education Sciences*, 8(4), p. 153.
- VERGARA, D.; RUBIO, M.P. y LORENZO, M. (2019). On the use of PDF-3D to overcome spatial visualization difficulties linked with ternary phase diagrams. *Education Sciences*, 9(2), p. 67.
- VERGARA, D.; RUBIO, M.P.; LORENZO, M. y RODRÍGUEZ, S. (2020). On the importance of the design of virtual reality learning environments. En: Gennari R. et al. (eds) *Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning*, 9th International Conference. MIS4TEL 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1007. Springer, Cham.
- YAN, X.; BALLU, A.; BLANCHARD, A.; MOUTON, S. y NIANDOU, H. (2017). Development of virtual metrology laboratory based on skin model shape simulation. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 1023–1032.
- YANG, Y.M.; ZHANG, R.L. y SUN, L.L. (2016). Study on modeling and simulation of the electronic virtual laboratory. En *International Conference on Artificial Intelligence and Computer Science (AICS 2016)*, pp. 199–204. Lancaster, PA, USA: Destech Publications.
- YOU, F.; TAN, Y., FENG, J.; LI, L.; LIN, J. y LIU, X. (2016). Research on virtual training system in aerospace based on interactive environment. En A. ElRhalibi, F. Tian, Z. Pan y B. Liu (Eds.), *E-Learning and Games*, 9654, pp. 50–62. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- ZHANG, X.; LIU, J.; CHEN, Q.; SONG, H.; ZHAN, Q. y LU, J. (2018). A 3D virtual weft-knitting engineering learning system based on Unreal Engine 4. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(6), pp. 2223–2236.