

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LABORATORIOS VIRTUALES: EL CASO DE CUATRO GRUPOS DE LABORATORIOS

Paul Alvarado Quesada¹
Juan Diego Delgado Vargas²
Vivian González Zúñiga³
Marco Sánchez Mora⁴
Yuri Vázquez Pérez⁵

Resumen:

El presente documento sistematiza el proceso inicial de implementación del modelo de laboratorios virtuales para la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica, a partir del cual se elaboraron un total de 13 laboratorios distribuidos en cuatro grupos. Cada producción experimentó con diferentes características, de manera que se fueran aplicando los criterios del modelo planteado y a su vez evolucionaran en los niveles de complejidad de sus elementos en relación con las producciones anteriores; así, fue posible comprobar la utilización de componentes particulares como parte de la estrategia didáctica, y experimentar con la aplicación

¹ Máster en Tecnología e Informática Educativa, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, palvarado@uned.ac.cr

² Máster en Tecnología e Informática Educativa, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, jdelgadov@uned.ac.cr

³ Licenciada en Arte y Comunicación Visual, Universidad Nacional, Costa Rica, vgonzalez@uned.ac.cr

⁴ Máster en Tecnología e Informática Educativa, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, msanchezm@uned.ac.cr

⁵ Máster en Tecnología e Informática Educativa, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica, yvazquez@uned.ac.cr

funcional de herramientas tecnológicas y de recursos pedagógicos. Como parte de los resultados, se aplicó el modelo de acuerdo con las necesidades y posibilidades de la institución; además, se implementaron los principios de diseño responsivo, se crearon componentes experienciales del modelo, los cuales aplican la experimentación con estrategias colaborativas; y, por último, se presentaron mejoras en cuanto al tema de la inclusividad.

Palabras clave:

Enseñanza multimedia, educación a distancia, programa informático educativo, material didáctico, tecnología educacional, laboratorios virtuales.

Abstract:

The present document systematizes the initial process of implementation of the virtual laboratory model for the Universidad Estatal a Distancia (UNED) of Costa Rica, from which were elaborated a total of 13 virtual laboratories in four groups. Each production experimented with different characteristics, so that the criteria of the model were applied. The laboratories present an evolution in the levels of complexity of their elements in relation to previous productions, allowing to verify the use of components as part of the didactic strategy, and experimenting with the functional application of technological tools and pedagogical resources. As part of the results, the virtual laboratory model was applied according to the needs and possibilities of the institution. In addition, the principles of responsive design were implemented. Experimental components of the model were created using experimentation with collaborative strategies. Finally, there were improvements on the issue of inclusiveness.

Keywords:

Multimedia instruction, distance education, educational software, teaching materials, educational technology.

1. Objeto de estudio

En el Programa de Producción Electrónica Multimedial (PEM), a partir de las acciones desarrolladas en la iniciativa 8 y sub-iniciativa 4 del Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI) de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica, que se ejecuta desde el 2014 (UNED, 2012), se han elaborado laboratorios virtuales como materiales didácticos multimedia. Estos han seguido el modelo desarrollado por el grupo de investigación nombrado por la institución para indagar sobre la temática y su aporte en la producción académica de la Universidad.

A continuación, se analiza la experiencia de producción de los siguientes grupos de laboratorios virtuales:

- 4 de *Didáctica inclusiva de los Estudios Sociales y la Educación Cívica: buenas prácticas* (Solórzano, 2014),
- 4 de *Geometría Euclídea* (Sequeira, 2015),
- 4 de *Herramientas Colaborativas para Entornos Virtuales* (Pacheco, 2016) y
- 1 del *Ciclo FOR* (Bejarano, 2016).

De la información anterior se desprende que están organizados en cuatro disciplinas y, por ello, se describirán en grupos, ya que cuentan con características similares. Además, es necesario destacar que fueron desarrollados por diferentes equipos de producción asignados en el programa.

En los laboratorios de cada disciplina se experimentó con diferentes niveles de complejidad, lo que le dio a cada grupo características particulares y que se pueden caracterizar como un proceso evolutivo en la producción de este tipo de materiales.

2. Marco contextual

El grupo de investigación asignado para proponer el modelo de laboratorios virtuales para la UNED está conformado por diferentes instancias de la Universidad: la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales (ECEN), la Escuela de Ciencias de la Educación (ECE), la Dirección de Tecnología de Información y Comunicaciones (DTIC) y el PEM. De este último programa participan el coordinador, un productor de multimedia, un diseñador gráfico y un programador, ya que es la instancia ejecutora.

Dicho modelo fue socializado por la coordinación del PEM en el programa para que se fuera implementando en las distintas producciones en la que la estrategia didáctica así lo permitiera.

3. Fundamentación teórica

Concepto de laboratorio virtual

Woodfield (citado por Tatli y Ayas, 2013) explica que los laboratorios virtuales simulan el ambiente y los procesos que suceden en uno real. Adicionalmente, son espacios en que los estudiantes convierten el conocimiento teórico en conocimiento práctico al realizar experimentos. Por una parte, un equipo de trabajo de la UNED en el 2011 planteó que se trata de estrategias y actividades que favorecen el aprendizaje de los estudiantes, al ser mediadas pedagógicamente y utilizar

simulaciones y recursos multimedia, dentro de ambientes interactivos y colaborativos (UNED, 2011, p. 23).

Por otra parte, Finstein, Darrah y Humbert (2013) en un estudio comparativo del uso de los laboratorios físicos y virtuales en el aprendizaje de conceptos de física, encontraron que en ambos tipos se logra el mismo aprendizaje de conocimientos; tal situación valida el uso de los laboratorios virtuales y que junto a la posibilidad que brindan de aprender al propio ritmo y a cualquier hora, son una excelente oportunidad para los estudiantes. Asimismo, se debe reconocer que dichos materiales ofrecen la oportunidad de ser utilizados todas las veces que sea necesario.

Abreu, Barbosa y Lopes (2015) hallaron que los laboratorios virtuales ofrecen la posibilidad de simular el ambiente y los procedimientos que se realizan en el entorno del laboratorio, lo que les permite a los estudiantes obtener experiencia y conocimientos que no son adquiridos en las clases teóricas; igualmente, permiten expresar las dificultades naturales de los procesos físicos a los que se refieren.

Componentes del laboratorio virtual

A continuación, se describen los componentes de los laboratorios virtuales, a partir de la revisión de literatura sobre el tema y del análisis de experiencias existentes en la UNED y otras instituciones:

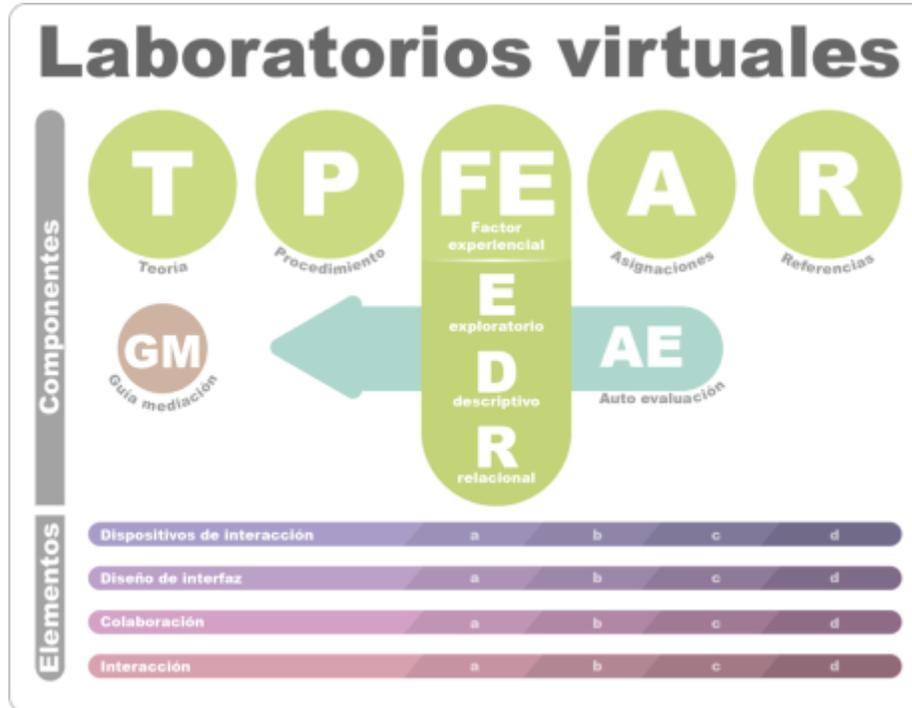


Figura 1. Esquema de componentes y elementos para la construcción de laboratorios virtuales en la UNED. Los componentes son obligatorios en todos los laboratorios y los elementos pueden tener diferentes niveles de complejidad. Adaptado de “Modelo para el diseño de laboratorio virtual para la Universidad Estatal a Distancia”, por I. Salas Campos, P. Arias Ching, V. Berrocal Carvajal, Y. Vázquez Pérez y M. Sánchez Mora, 2017.

Según Salas, Arias, Berrocal, Vázquez, y Sánchez (2017), los laboratorios virtuales para la UNED siempre deben contar con cinco componentes indispensables: proporcionar toda la teoría (1) que los estudiantes necesitan para entender el objetivo de aprendizaje. Además, deben ofrecer los procedimientos (2) por seguir para realizar las asignaciones (3) utilizando el factor experiencial (4).

Finalmente, se deben incluir las referencias (5) utilizadas para la creación del laboratorio.

Adicional a los componentes, los laboratorios pueden presentar diferentes niveles de complejidad de acuerdo con cuatro elementos: (1) los dispositivos de interacción, (2) el diseño de la interfaz, (3) los mecanismos de colaboración y (4) las posibilidades de interacción, que se pueden apreciar en la Tabla 1:

Tabla 1

Niveles de complejidad de los elementos de los laboratorios virtuales

Elementos de los laboratorios	Niveles de complejidad			
	a	b	c	d
Dispositivos de interacción	Soporte de sistemas de introducción de datos tradicionales como el teclado y el ratón	Soporte de los sistemas anteriores y respuesta apropiada a dispositivos táctiles	Soporte de los sistemas anteriores y uso de cámaras, micrófonos, sistemas de posicionamiento (GPS) y otros sensores (giroscopio, acelerómetro, etc.) en los dispositivos	Soporte de los sistemas anteriores y uso de tecnologías como gafas de realidad virtual y guantes que reaccionan al tacto
Diseño de la interfaz	Un diseño sencillo que permite ingresar a las diferentes secciones del laboratorio	Un diseño que permite ingresar a las diferentes secciones del laboratorio y posee un ambiente ilustrado en dos dimensiones que simulen el entorno	Un diseño que permite ingresar a las diferentes secciones del laboratorio y ofrece un ambiente con ilustraciones en tres dimensiones que simulen el entorno	Un diseño que permite ingresar a las diferentes secciones del laboratorio y ofrece un ambiente detallado cercano a la realidad

Tabla 1

Niveles de complejidad de los elementos de los laboratorios virtuales

Elementos de los laboratorios	Niveles de complejidad			
	a	b	c	d
Mecanismos de colaboración	En un primer nivel puede no ofrecerse ninguna colaboración	Colaboración básica: por correo electrónico se pueden compartir resultados obtenidos en el laboratorio para que otros estudiantes los comprueben	Posibilidad de compartir resultados y otros datos por medio del mismo laboratorio con otros estudiantes y que estos a su vez puedan utilizarlos directamente en él	Posibilidad de compartir y utilizar el factor experiencial entre varios estudiantes comunicados a la vez por medio de internet
Posibilidades de interacción	Un mecanismo de navegación para ingresar a las diferentes secciones del laboratorio	Además del mecanismo de navegación, se pueden reproducir simulaciones preestablecidas	Aparte de la navegación por las secciones, el sistema permite manipular variables para obtener resultados diferentes	Además de la navegación por las secciones y la manipulación de variables, el sistema permite la modificación del entorno y responder a nuevas posibilidades

Nota: Niveles de complejidad de los elementos de los laboratorios virtuales en la UNED. Adaptado de “Modelo para el diseño de laboratorio virtual para la Universidad Estatal a Distancia”, por I. Salas Campos, P. Arias Ching, V. Berrocal Carvajal, Y. Vázquez Pérez y M. Sánchez Mora, 2017.

4. Metodología

Una vez establecida la definición institucional, así como los criterios teóricos y conceptuales que sustentaron la elaboración del modelo de laboratorios virtuales, el PEM planteó escenarios de uso. En cuanto se recibieron solicitudes de producción de materiales multimedia, tanto la coordinación como los productores

asignados valoraron la inclusión de laboratorios a partir de su pertinencia para alcanzar los objetivos de aprendizaje propuestos.

En un inicio, la intención de aplicar un laboratorio virtual en alguna producción provino más del programa que de las Cátedras o Escuelas de la Universidad, debido al desconocimiento sobre el tema.

Para su creación se siguió el proceso típico de producción que conlleva tres etapas: una de elaboración del contenido, en la que se construyen los guiones y se planifican los insumos; otra de diseño gráfico y programación, en la que se desarrollan los laboratorios y los recursos audiovisuales necesarios; y, finalmente, una de validación, en la cual hay revisiones por parte de los solicitantes y equipo de producción del PEM, que culmina con la publicación del material.

Teniendo esto presente, se comenzó experimentando la aplicación del modelo desarrollado por el grupo de investigación en una primera producción llamada *Didáctica inclusiva de los Estudios Sociales y la Educación Cívica: buenas prácticas*, realizada para la ECE. La intención con este primer acercamiento fue experimentar la aplicación directa de algunos de los componentes anteriormente descritos, de manera que sirviera de base para incrementar el nivel de complejidad en las posteriores producciones.

Seguidamente, hubo una segunda producción titulada *Geometría Euclídea*, en la que se experimentó con trasladar el componente de factor experiencial al mundo físico, ya que los estudiantes de estos laboratorios deben aprender a utilizar sus propias herramientas para el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos.

Una tercera producción en la que se desarrollaron laboratorios virtuales como parte de su estrategia didáctica fue *Herramientas Colaborativas para Entornos*

Virtuales, que implementó herramientas y actividades correspondientes a un nivel superior de producción de acuerdo con el modelo desarrollado.

Por último, una producción más reciente, llamada *Ciclo FOR*, formuló la posibilidad de dotar el laboratorio de un entorno de colaboración por medio de un sistema de chat, incrementando el nivel de complejidad en relación con el proyecto anterior. Es así como una metodología de producción ágil, en lugar de una en cascada como se venía produciendo, permitió acortar en gran medida los tiempos de desarrollo y visibilizar con más detalle las diferentes etapas (Arias y Sánchez, 2017).

5. Logros alcanzados

En el modelo de laboratorios virtuales para la UNED se establece que su desarrollo gira en torno a cinco componentes indispensables; entonces, cada uno de los laboratorios fue construido considerando dicho factor; por lo que los logros alcanzados se evidencian en los niveles de complejidad obtenidos según la estrategia didáctica propuesta para cada material.

Dichos niveles se encuentran relacionados con las necesidades pedagógicas propias de cada laboratorio y no con la fecha de su realización. En la Tabla 2, se observan los niveles de los cuatro grupos de laboratorios virtuales, desarrollados en el periodo comprendido entre 2014 y 2016, siguiendo el modelo:

Tabla 2

Niveles de complejidad de los elementos de los laboratorios virtuales producidos

Laboratorios	Dispositivos de interacción	Diseño de interfaz	Colaboración	Interacción
Nivel de complejidad	a	a	a	b
Laboratorios de <i>Didáctica Inclusiva</i>	Introducción de datos tradicionales (mouse y teclado)	Diseño que permite ingresar a las diferentes secciones	No se ofrece ninguna colaboración	Ingreso a diferentes secciones y reproducir simulaciones preestablecidas
Nivel de complejidad	b	b	a	b
Laboratorios de <i>Geometría Euclídea</i>	Respuesta apropiada a dispositivos móviles	Diseño que permite ingresar a las diferentes secciones y posee ambiente ilustrado en dos dimensiones	No se ofrece ninguna colaboración	Ingreso a las diferentes secciones y reproducción de simulaciones preestablecidas
Nivel de complejidad	b	a	a	b
Laboratorios de <i>Herramientas Colaborativas</i>	Respuesta apropiada a dispositivos móviles	Diseño que permite ingresar a las diferentes secciones	No se ofrece ninguna colaboración	Ingreso a las diferentes secciones y reproducción de simulaciones preestablecidas
Nivel de complejidad	a	a	c	c
Laboratorio <i>Ciclo FOR</i>	Introducción de datos tradicionales (mouse y teclado)	Diseño que permite ingresar a las diferentes secciones	Posibilidad de compartir datos, archivos y otros resultados desde el laboratorio, por medio del chat	Ingreso a las diferentes secciones y se permite manipular variables para obtener resultados diferentes

Nota: en los niveles de complejidad, “a” es el valor más bajo y “d” el más alto. P. Alvarado, J. D. Delgado, V. González, M. Sánchez y Y. Vázquez, 2017.

6. Análisis de la experiencia

Al inicio, el material titulado *Didáctica inclusiva de los Estudios Sociales y la Educación Cívica: buenas prácticas* se planteó como un complemento a los contenidos teóricos desarrollados en la unidad didáctica respectiva; pero no estaba prevista la creación de laboratorios virtuales como parte de la estrategia didáctica con la que se abordaron las distintas temáticas requeridas.

Al tratarse de un tema basado en teoría, pero con un alto componente pragmático, se decidió profundizar en el análisis de las buenas prácticas por medio de los laboratorios; así, se concretó la primera experiencia de producción de este tipo de materiales en el PEM, en conjunto con la Cátedra de Educación Especial.

Dicho material al ser el primero cuenta con un nivel de complejidad bajo, contemplando que utiliza introducción de datos tradicionales a través de mouse y teclado, el diseño de interfaz permite ingresar a las diferentes secciones, no posee ninguna alternativa de colaboración y en cuanto a interacción permite reproducir simulaciones preestablecidas.

Por otra parte, con el objetivo de continuar la producción de multimedia educativo desde el modelo de laboratorio virtual, se produjo *Geometría Euclídea*; en razón de su importante temática para el Programa de Enseñanza de la Matemática de la Universidad, era un candidato viable para desarrollar una nueva experiencia de este tipo.

Entre las diversas posibilidades prácticas de aplicación de la geometría euclídea, las construcciones geométricas son preponderantes en la enseñanza de la matemática y en consonancia con su metodología teórico-práctica, especialmente práctica por tratarse de elaboraciones manuales, surgió la necesidad de reforzar el tema en los cursos de Geometría Euclídea y Construcciones geométricas de la

carrera Enseñanza de la Matemática. Así, tanto los estudiantes como futuros docentes aprenden a elaborar construcciones geométricas para resolver problemas matemáticos mediante estrategias y soluciones.

Este multimedia cuenta con niveles de complejidad intermedio, presenta respuesta apropiada a dispositivos móviles, el diseño de la interfaz permite tener acceso a las secciones y ofrece un ambiente ilustrado en dos dimensiones; asimismo, no ofrece ningún nivel de colaboración; sin embargo, en cuanto a la interacción permite reproducir simulaciones preestablecidas.

Posteriormente, los laboratorios *Herramientas Colaborativas para Entornos Virtuales*, de la carrera de Informática Educativa, cumplieron como objetivo incorporar al material existente de la asignatura, los conocimientos sobre las herramientas disponibles para los entornos virtuales que permiten el trabajo colaborativo entre los estudiantes. Por consiguiente, herramientas como los blogs, las wikis, las webquest y las plataformas de documentos compartidos fueron explicadas conceptual y procedimentalmente; de modo complementario, se les solicitó a los estudiantes su uso para la creación de contenido para sus entornos educativos.

Tales laboratorios presentan un nivel intermedio de complejidad. En cuanto a dispositivos de interacción, son adecuados a los diferentes dispositivos móviles. El diseño de la interfaz permite ingresar a las diferentes secciones del material, no ofrece herramientas de colaboración y la interacción se basa en la reproducción de simulaciones preestablecidas mediante videos.

Por último, se elaboró el laboratorio virtual *Ciclo FOR* para las carreras de Ingeniería Informática e Informática Educativa, con el objetivo de que los estudiantes puedan solucionar casos reales de programación.

Una de las principales características de ese material, y que lo destaca de las demás producciones, es el nivel de complejidad más alto alcanzado en los elementos Colaboración e Interacción: se tomaron como base las experiencias anteriores y se implementó un sistema de chat para compartir datos, resultados y archivos, además de la posibilidad de manipular variables para obtener resultados. Gracias a ello, y como parte de una mejora continua en la calidad de los materiales elaborados, se logró ofrecerles a los estudiantes nuevas posibilidades y escenarios educativos de formación.

7. Aportes de la experiencia

A partir de las experiencias generadas en la producción de los laboratorios virtuales, así como las valoraciones y realimentaciones recibidas por parte de las instancias y profesionales involucrados, se destacan los siguientes aportes:

Los laboratorios de *Didáctica Inclusiva*

- Se apegaron conceptualmente al modelo desarrollado por el grupo de investigación en cuanto a sus secciones y la composición interna de estas.
- Usaron herramientas que promueven la inclusividad; todo el laboratorio cuenta con los textos locutados o narrados, de manera que, si el usuario presenta problemas de visibilidad, puede escuchar lo que se presenta en texto.
- Ofrecieron variedad en la presentación de actividades; para la estrategia de aprendizaje, se utilizan videos y ejercicios, entre otros recursos.

Por su parte, los laboratorios de *Geometría Euclídea*:

- Fueron el primer material elaborado desde el modelo de laboratorio virtual con diseño web responsivo, en el que se aplicó la investigación y la experiencia previa del PEM en este campo.
- Permitieron la elaboración de la primera animación con lenguaje de programación HTML5, tecnología que se estableció como estándar en los principales navegadores web.
- Favorecieron el uso de buenas prácticas en temas de inclusividad como lineamiento de producción, la incorporación de ayudas que guían al usuario en la navegación de la interfaz, así como la posibilidad de aumentar, disminuir y restablecer el texto.
- Aprovecharon el uso del video con fines didácticos como parte de los laboratorios para explicar por medio de tutoriales temas específicos.

Respecto de los laboratorios de *Herramientas Colaborativas*:

- Demostraron las ventajas de la metodología de desarrollo ágil, frente al desarrollo en cascada, con el consiguiente valor añadido de mejorar la percepción y visibilización de los tiempos de producción.
- Con la experiencia adquirida en el desarrollo con HTML5, se logró la creación de materiales multimedia que cumplen con las condiciones de inclusividad e usabilidad requeridas por los estudiantes; la creación de entornos con diseño responsivo ha ofrecido la posibilidad de su uso desde distintos dispositivos.
- Referenciaron el uso de herramientas existentes para compartir documentos, y crear páginas, blogs y wikis, lo que les ofrece a los

estudiantes una oportunidad de experimentar con los recursos que consideren más apropiados para sus necesidades.

Finalmente, el laboratorio virtual *Ciclo FOR*:

- Se propuso promover procesos de investigación entre los alumnos, tomando al estudiante como sujeto activo, con la posibilidad de decidir el ritmo con que abordó el laboratorio de acuerdo con sus necesidades de aprendizaje.
- Se le brindaron al estudiante, por primer vez, herramientas para generar entornos de aprendizaje colaborativo dentro del mismo material, promoviendo la realimentación individual y conjunta por medio de la herramienta de chat.
- Además, permitió, gracias a los ejercicios, manipular variables a fin de obtener resultados diversos, con lo que los estudiantes pudieron realizar muchas veces los ejercicios y comprobar sus conocimientos.

8. Referencias

- Abreu, P.; Barbosa, M. R., y Lopes, A. M. (2015). Experiments with a Virtual Lab for Industrial Robots Programming. *International Journal Of Online Engineering*, 11(5), 10-16. doi:10.3991/ijoe.v11i5.4752
- Arias Ching, P. y Sánchez Mora, M. (2017). *Experiencia de pasantía en el PhET, Universidad de Colorado en Boulder*. Manuscrito presentado para su publicación.
- Bejarano, G. (2016). Laboratorio virtual Ciclo FOR (Versión 1.0) [Software]. Disponible en Multimedia UNED: http://multimedia.uned.ac.cr/pem/ciclo_for/
- Díaz, L. (2011). *Principios sobre la metáfora pedagógica*. Recuperado de: <http://www.luisfernandodiaz.com/?p=105#comments>

Finstein, J.; Darrah, M. y Humbert, R. (2013). Do Students in General High School Physics Classes Learn as Much From Virtual Labs as from Hands-On Labs? *National Teacher Education Journal*, 6(3), 61-70.

Pacheco, O. (2016). Herramientas Colaborativas para entornos virtuales (Versión 1.0) [Software]. Disponible en Multimedia UNED:
http://multimedia.uned.ac.cr/pem/herramientas_colaborativas/

Salas Campos, I.; Arias Ching, P.; Berrocal Carvajal, V.; Vázquez Pérez, Y. y Sánchez Mora, M. (2017). *Modelo de laboratorio virtual: un enfoque desde el constructivismo social*. Manuscrito presentado para su publicación.

Sequeira, R. (2015). *Laboratorios virtuales de Geometría Euclídea (Versión 1.0)* [Software]. Disponible en Multimedia UNED:
http://multimedia.uned.ac.cr/pem/geometria_euclidea/

Solórzano, J. (2014). *Laboratorios Virtuales de Didáctica Inclusiva para la Enseñanza de los Estudios Sociales y la Educación Cívica (Versión 1.0)* [Software]. Disponible en Multimedia UNED:
<http://multimedia.uned.ac.cr/pem/didacticainclusiva/>

Tatli, Z. y Ayas, A. (2013). Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159–170.

Universidad Estatal a Distancia (2011). *Propuesta para el diseño, producción y valoración de laboratorios virtuales en el área de las ciencias y la educación en un modelo de enseñanza a distancia*. Vicerrectoría Académica.

Universidad Estatal a Distancia (2012). *Plan de Mejoramiento Institucional* [White paper]. Disponible en Acuerdo de Mejoramiento Institucional:
http://www.uned.ac.cr/images/ami/documentos/pmi_uned_agosto_2012.pdf