

Diseño y valoración de un kit de laboratorio en entornos virtuales usando: *Working Model* en el aprendizaje de la enseñanza de las ciencias físicas

Design and assessment of a lab kit in virtual environments using: *Working Model* in the learning of the teaching of physics science

Roxana Ofelia Fernández Curay
roxana.fernandez@udep.edu.pe
Departamento de Ciencias de la Ingeniería
Universidad de Piura
Piura, Perú

Resumen- El propósito de este trabajo fue el diseño y la valoración de un módulo de laboratorio virtual como estrategia de aprendizaje de un curso de ciencias físicas. Se usó el método de indagación guiada. Se trabajó con los estudiantes del semestre 2020-II, a los cuales se les dividió en dos grupos: un grupo de control y un grupo experimental. El 71,09% de los estudiantes del grupo experimental aprobaron el curso satisfactoriamente, mientras que en el grupo de control solo aprobó el 35,93%. Además, los estudiantes del grupo experimental adquirieron habilidades cognitivas al interactuar con el simulador, obteniendo un factor de Hake de 0,58, indicando una ganancia de aprendizaje.

Palabras clave: *laboratorio virtual, habilidades cognitivas, working model.*

Abstract: The purpose of this work was the design and assessment of a virtual laboratory kit as learning strategy of a physics science course. The method used was guided inquiry. We worked with the 2020-II semester students, divided into a control group and an experimental group. The 71,09 % of experimental group students passed the course successfully, while the control group students got 35,93%. In addition, experimental group students acquired cognitive skills by interacting with the simulator, obtaining a Hake factor of 0.58, indicating a learning gain.

Keywords- *virtual laboratory, cognitive skills, working model*

1. INTRODUCCIÓN

A raíz de las capacitaciones recibidas en el proyecto INNOVAT, se entendió que era necesario incorporar un cambio en la actitud docente, de tal forma que se genere una mayor participación y motivación en aula virtual, creando experiencias nuevas de aprendizaje, esto hacía necesario aprender nuevas herramientas dinámicas y motivadoras que permitan captar la atención y creatividad del estudiante. Es así que, en el marco de la enseñanza virtual, generada durante el periodo de emergencia nacional por el Covid 19, se propuso un diseño pre y post test con grupo de control (Murillo, 2018). Se establecieron dos grupos de control y experimental, este último utilizó herramientas virtuales.

Esta estrategia ha sido aplicada en el curso de física general, que pertenece a las asignaturas del primer año de Ciencias de la Ingeniería e incluye los programas académicos de ingeniería industrial, civil, mecánica eléctrica y arquitectura de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura; con ello se pretende sentar las bases para el estudiante razone, interprete y busque una alternativa de solución ante un determinado problema del tema planteado en el curso de Física.

La incorporación de herramientas de diseño conceptual en entorno virtual, para el aprendizaje de la enseñanza de las ciencias, puede ser el punto de partida para lograr un aprendizaje significativo con las nuevas formas de enseñanza, donde los laboratorios virtuales con un enfoque de indagación guiada influyen en el proceso de la mejora de este proceso (Barreto, 2016). Esto implica que el aprendizaje de conceptos científicos esté enmarcado en situaciones de enseñanza en las que los estudiantes tengan oportunidades de desarrollar ciertas competencias e ideas relacionadas con el proceso de construir conocimiento científico (Furman, M.; De Podestá, M., 2010).

2. CONTEXTO

En el marco de la pandemia del 2020 se iniciaron las clases virtuales a nivel nacional, los cursos de ciencias que normalmente son teóricos-prácticos se convirtieron solamente en teóricas, con lo cual no se podía medir el nivel de respuestas de los alumnos en situaciones reales porque los ensayos de laboratorio se anularon, restringiendo el desarrollo de sus capacidades para reconocer, indagar, explicar, comunicar y trabajar en equipo (Coronado, 2015). En el segundo semestre del mismo año, ante la extensión del estado de emergencia sanitaria, se tomaron acciones para mejorar los errores cometidos en el primer semestre, para lo cual se formuló la siguiente pregunta: ¿cómo se puede fomentar la interactividad en un curso de ciencias a distancia? Según Medina Rivilla (2017), para apoyar la mejor de los procesos educativos con los TIC se debe aplicar programas que apoyen el desarrollo de las competencias básicas en los estudiantes que puedan fomentar la participación de estos, para ello pueden utilizarse videos, laboratorios virtuales, pizarras digitales, mini videos, etc. Sin

embargo, ante esta nueva realidad los docentes han tenido que adaptarse y capacitarse con estas nuevas estrategias metodológicas.

El proyecto INNOVAT, creado para enriquecer la innovación en las experiencias de enseñanza y aprendizaje fomentando la modernización en instituciones de educativas (Innovat, 2018), ha permitido incorporar nuevos enfoques en los docentes universitarios a través de la implementación de los laboratorios virtuales que los estudiantes pueden realizar desde sus casas en el momento disponible, con ayuda del ordenador, pudiendo comparar sus resultados a posteriori con los otros integrantes de su grupo, utilizando los recursos que más estén a su alcance, como fotos, vídeos o bocetos de las soluciones diseñadas. Es por ello que el objetivo principal de este trabajo es fomentar la creatividad del estudiante, poder aumentar su motivación al poner en práctica los conceptos explicados en el curso través de una herramienta informática. En este caso se escogió el software *Working Model*, donde el estudiante al modelar su diseño permite asegurar una mejor comprensión de los conceptos y principales fenómenos físicos que plantean en el curso.

Si bien, las herramientas didácticas son todos los documentos elaborados por el profesor (individualmente o en equipo) para su uso y el de los estudiantes para ayudarlo en su práctica (Soussan, 2003) ahora deben ser elaborados de manera virtual y los docentes deben tener la apertura para poder seguir aprendiendo. Este es aspecto importante a considerar en la didáctica de la enseñanza de las ciencias básicas, donde juega un rol importante el interés del docente para conocer nuevas herramientas didácticas digitales que le ayuden a mejorar su actividad docente. No obstante, siempre se debe preguntar ¿qué se va lograr en el estudiante? mayor motivación, mayor atención, interacción, una clase más dinámica, participación activa, que pueda a su vez generar espacios de retroalimentación continua, para conseguirlo necesitamos conocer bien algunas estrategias didácticas online (Soussan, 2003).

Esto debido a que en la actualidad los estudiantes muestran grandes habilidades, destrezas en el manejo de la tecnología de internet y debemos entender que los estudiantes aprenden mucho más fuera del aula como en sus conexiones sociales, en sus trabajos grupales, es por ello que nosotros debemos integrar todo esto con las nuevas herramientas de internet para poder transformarlas en nuestro mejor aliado para generar el interés por los contenidos de física, pues por ser una materia compleja es más difícil de trabajar de manera virtual.

3. DESCRIPCIÓN

Esta investigación es de tipo cuasiexperimental, donde los datos del grupo experimental se comparan con los datos del grupo de control (Greelane, 2020). Estos dos grupos son idénticos y están representados por los estudiantes que cursan una materia de ciencias básicas. El grupo independiente recibió los mismos contenidos teóricos que el grupo de control, ambos contienen el mismo número de subgrupos; sin embargo, al grupo experimental se le adicionan herramientas didácticas digitales como estrategia metodológica para mejorar el conocimiento adquirido en aula, como son los laboratorios virtuales que se suman a la variable “calificación”. El tamaño de la muestra es la totalidad de los estudiantes de las aulas que llevan el curso, por ser una población pequeña.

En esta investigación se cuenta con dos aulas, cada una con 128 estudiantes. Tanto el grupo de control como el experimental se subdividen en veintiséis subgrupos.

La estrategia didáctica para el grupo de control fue una prueba de entrada, seis prácticas calificadas escritas y un examen final; para el grupo experimental además de las pruebas de entrada y final, se tomaron cuatro prácticas calificadas escritas, un trabajo experimental original o práctica de laboratorio de un tema genérico de la física (p.e. cinemática); es decir, el grupo propone un modelo de la vida real y lo desarrolla con una herramienta de diseño conceptual que permite crear simulaciones como es el *Working Model* (DST, 2020), dejando de lado los cálculos hechos a mano, facilitando la creatividad y la observación. Así, se han modelado partidos de fútbol o básquet, colisiones de autos, fajas transportadoras de suministros, entre otros. Dicho experimento es complementado con los cálculos que genera el software, estos deben ser analizados e interpretados por los estudiantes del grupo.

El trabajo experimental consta de cuatro entregables que se van corrigiendo y mejorando según un cronograma de trabajo y el avance del curso. En esta investigación se han elaborado cuatro rúbricas de evaluación por cada entregable, los mismos que son revisados por un comité evaluador especializado. Las rúbricas se han formulado por un grupo de expertos con la ayuda de “RubiStar”, una herramienta gratuita que ayuda a los educadores a crear rúbricas de calidad (ALTEC, 2008).

Cada entregable es devuelto al estudiante por el comité evaluador para su mejora (retroalimentación). Solo el último entregable es sustentado por cada grupo de estudiantes, donde el estudiante tiene la oportunidad de demostrar sus competencias y habilidad, entre ellas el trabajo en equipo, la comunicación oral y escrita, liderazgo, así como el nivel de satisfacción al presentar la simulación de una idea original de la vida real. Esta estrategia didáctica demuestra cómo la actividad experimental contribuye en el proceso de enseñanza aprendizaje, más aún en circunstancias de emergencia sanitaria donde se han priorizado las herramientas virtuales.

Finalmente, el investigador ha recopilado la información parcial y total de la variable “evaluación” en Excel para los grupos de control y experimental.

Con la estadística recogida se encontró la ganancia del aprendizaje para ambos grupos, para ello se aplicó la fórmula de Hake (Castañeda, Carmona, & Meza, 2018):

$$g = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100 - \text{pretest}(\%)}$$

Donde la ganancia del aprendizaje se establece según:

- Baja ($g \leq 0.3$)
- Media ($0.3 < g \leq 0.7$)
- Alta ($g > 0.7$)

4. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados de la aplicación de una estrategia metodológica que permite comparar dos grupos de estudiantes, uno de control y otro experimental.

El experimento fue aplicado a 256 estudiantes del curso de física en el semestre virtual 2020-II. Tanto el grupo experimental como el de control estaban conformados por 128 estudiantes y distribuidos en 26 subgrupos cada uno. Se

analizaron los datos con la prueba de independencia para tratar de contrastar si dos variables cualitativas son independientes o no (Furman, M.; De Podestá, M., 2010).

El sistema de evaluación peruano considera un total de 20 puntos como nota máxima; por lo tanto, un estudiante con 11 de nota se considera aprobado.

• **Comparación entre el grupo de control y experimental**

En la Tabla 1 se presentan los resultados finales obtenidos por ambos grupos, después de aplicar la estrategia didáctica para el grupo de control (prueba de entrada, prácticas y un examen final) y el experimental (pruebas de entrada y final, prácticas y trabajo experimental).

Tabla 1. Resultados de la metodología obtenida

| Resultados | Grupo de control | Grupo Experimental | Total |
|--------------|------------------|--------------------|-------|
| Aprobaron | 46 (36%) | 91(71%) | 137 |
| Desaprobaron | 82 (64%) | 37 (29%) | 119 |
| Total | 128 | 128 | 256 |

Como se puede apreciar, en términos generales, los estudiantes que realizaron los laboratorios virtuales han reforzado mejor los conceptos de las clases virtuales.

• **Comparación entre aprobados y desaprobados**

1. Grupo experimental

En la tabla 2 se muestra el porcentaje de aprobados y desaprobados del grupo experimental con la estrategia de laboratorios virtuales en Working Model. Se puede verificar que de 128 estudiantes el 71% aprueba el curso y tienen menor dificultad en resolver las prácticas calificadas y los exámenes del curso. A este grupo le es más fácil imaginar cada situación problemática, debido a que los laboratorios ayudan a desarrollar la creatividad y el trabajo en equipo, fortaleciendo el aprendizaje. Esta estrategia permite que se creen sinergias entre los estudiantes facilitando la resolución de cualquier situación problemática.

Tabla 2. Grupo experimental con diseño de laboratorios virtuales

| | Aprobaron | Desaprobaron | NP | Total |
|-------------|-----------|--------------|-------|-------|
| Estudiantes | 91 | 32 | 5 | 128 |
| Porcentaje | 71,09% | 25% | 3,90% | 100% |

NP es el número de estudiantes que se retiraron del curso de física al finalizar el semestre, sea por problemas académicos o personales, pero que realizaron todas las actividades del grupo experimental.

Para facilitar la percepción de la mejora que incorpora esta estrategia se presenta la figura 1.

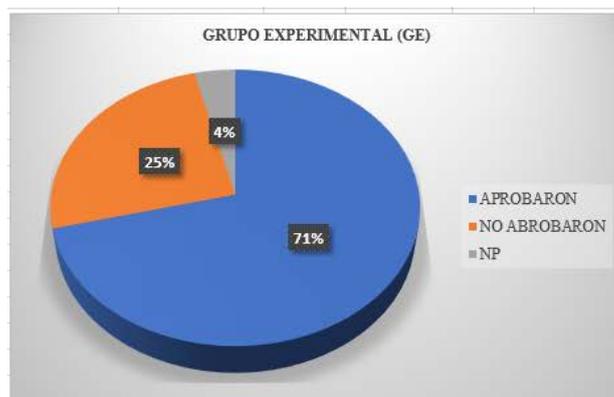


Figura 1. Porcentaje obtenidos por el grupo experimental

2. Grupo de control

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de aprobados y desaprobados del grupo de control (sin la estrategia de laboratorios virtuales). Aquí se observa que el 59% de los estudiantes presenta una mayor dificultad al desarrollar las prácticas y los exámenes de inicio y final, porque al no vivir los fenómenos físicos de manera experimental no pueden imaginarse las situaciones problemáticas que se presentan.

Tabla 3. Grupo de control sin laboratorios virtuales

| | Aprobaron | Desaprobaron | NP | Total |
|-------------|-----------|--------------|-------|-------|
| Estudiantes | 46 | 75 | 7 | 128 |
| Porcentaje | 35,93% | 58,59% | 5,46% | 100% |

En este grupo, NP significa aquellos estudiantes que cumplieron sus actividades parcialmente.

En la figura 2 se observa que el porcentaje de aprobados es 35.93%, inferior a la mitad del total de estudiantes (n=128), lo que indica que los estudiantes de este grupo de control, con las mismas prácticas, los mismos exámenes que el grupo experimental, tuvieron mayor dificultad para resolverlos porque no sabían lo que se les preguntaba, no eran capaces de relacionar una solución a la problemática planteada y no se sentían tal vez motivados para aplicar lo aprendido en las clases virtuales por zoom al no ser interactivas. Además, se debe considerar que en este grupo hay un 7 de estudiantes que se retiraron de la asignatura por diversos motivos, estos pueden ser personales, por dificultad de la materia, por motivos de enfermedad, etc.

En la figura 2 se presenta el porcentaje de aprobados y desaprobados del grupo de control, quienes no recibieron el reforzamiento con el trabajo de laboratorio. Cabe mencionar que la propuesta de incorporar la estrategia de evaluación mediante la incorporación de laboratorios virtuales fue consultada con los estudiantes, ellos determinaron ser el grupo de control.



Figura 2. Porcentaje obtenido del grupo de control

• Evaluación de los laboratorios

Es importante resaltar que cada una de las actividades realizadas en el curso de física, trabajadas en el grupo experimental, han contribuido al desarrollo de la creatividad de cada grupo de estudiantes. Un factor muy importante para el éxito de los resultados es que estas actividades se realizan mediante una indagación guiada, es decir se plantea a cada grupo una serie de preguntas que ellos deben simular en el software *Working model*.

En la figura 3 se presenta la evaluación de todos los entregables, que responden a la modelización de la situación problemática planteada por cada grupo. Se puede observar que el 87,5% de estudiantes que aprobaron el laboratorio, esto significa que existe un 16% de estudiantes que responden mejor a situaciones reales que a las evaluaciones mixtas observadas en la figura 1. Esto significa que los laboratorios virtuales tienen mayor incidencia en la calificación final del curso.



Figura 3. Porcentaje de estudiantes que aprobaron el laboratorio virtual

• Factor de ganancia Hake

En un proceso de evaluación, cuando se compara lo que los estudiantes saben antes de iniciar un tema con lo aprendido después de trabajarlo es lo que se conoce como ganancia de aprendizaje (Fernández, 2018).

En esta investigación, al evaluar la ganancia del aprendizaje mediante el factor de *Hake*, en las pruebas al inicio y al final, de los grupos de control y experimental se obtuvieron los resultados de la tabla 4, claramente se observa que el grupo experimental obtuvo mejor ganancia comprada con el grupo de control.

Tabla 4. Ganancia de aprendizaje con el factor *Hake*

| Resultados | Grupo de control | Grupo Experimental |
|---------------------------|------------------|--------------------|
| % aciertos examen inicial | 19,542 | 36,153 |
| % aciertos examen final | 44,667 | 73,0679 |
| Factor <i>Hake</i> | 0,261 | 0,578 |

De la tabla se concluye que el grupo de control obtuvo una ganancia baja e igual a 0,261, mientras que el grupo experimental obtuvo una ganancia media de 0.578.

A continuación, se adjunta un modelo de laboratorio virtual realizado en el software del *Working Model*. donde se formularon las preguntas para que los estudiantes puedan modelar su diseño de manera que puedan resolver cada una de las interrogantes planteadas en su laboratorio virtual, para que luego puedan elaborar su informe escrito con los resultados de dicho desarrollo y la evaluación de cada informe presentado es mediante una rúbrica de evaluación.

LABORATORIO VIRTUAL

En el Centro Comercial Jockey Plaza, Divercity es una ciudad a escala, de más de 7000 m² donde niños de 3 hasta 13 años juegan en diversas atracciones, emulando actividades laborales, tanto profesionales como oficios, operaciones, desde mecánicos, enfermeras, conductores, bomberos hasta odontólogos, ingenieros, detectives, fotógrafos, reporteros, etc. (FindGlocal, 2020). Actualmente en los juegos de operaciones mecánicas deciden probar una nueva propuesta de un juego sobre un riel horizontal, donde deberán colocarse 02 carritos chocones que puede considerarlos como partículas (ver figura 4), uno de ellos a un extremo, jalado por un resorte y otro a una distancia prudencial del mismo, para amortiguar el impacto al otro extremo se colocaría otro resorte para evitar que los carritos salgan del riel, si la consigna es que ambos se encuentren en reposo al inicio, como se podría evaluar lo siguiente usando el software del *Working Model*:

- Secuencia de su movimiento a seguir
- Influye la deformación del primer resorte en la velocidad del primer carrito chocón
- Las velocidades al impactar los carritos chocones dependen del tipo de colisión
- Explicar cómo varían las transformaciones de energía en cada etapa, es decir energía vs tiempo, energía vs posición (debe considerar la cinética, potencial gravitatorio, potencial elástica para su evaluación)
- Se puede hablar de energía perdida cuando colisionan los carritos chocones
- Influye la constante del segundo resorte en sus datos
- Se puede hablar que al final se llega a la compresión máxima del segundo resorte
- Como se podría calcular la velocidad del rebote una vez que llega al segundo resorte.

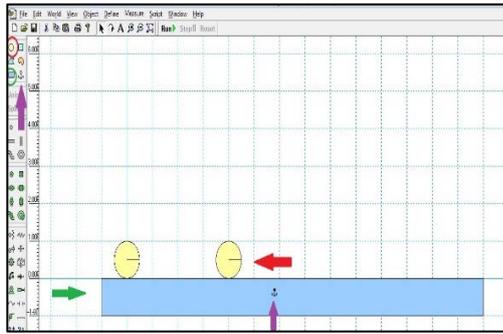


Figura 4. Modelo básico del Working Model

Dado el modelo básico propuesto, se activa la herramienta colisión como indica en la figura 5.

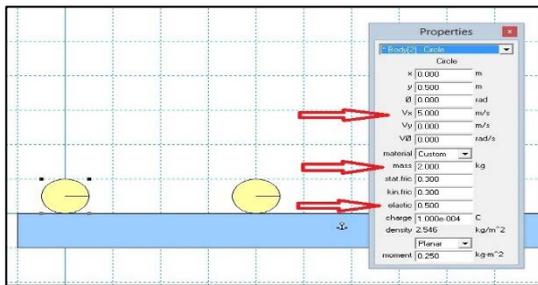


Figura 5. Activar Hear the colision

Para determinar el momento de la colisión se activa la simulación de la precisión (ver figura 6)

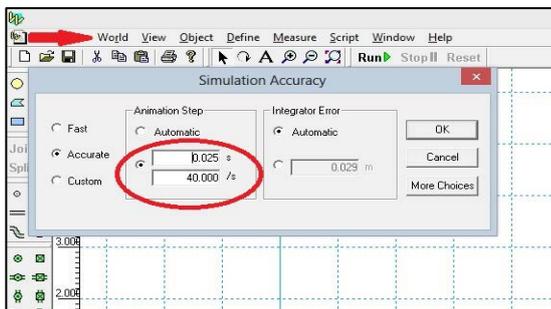


Figura 6. Activar Simulation Accuracy

También se describe virtualmente el movimiento del sistema, considerando diferentes coeficientes de restitución. Las figuras 7 y 8 esquematizan los cálculos de la colisión para $e=0.5$ y $e=1$.

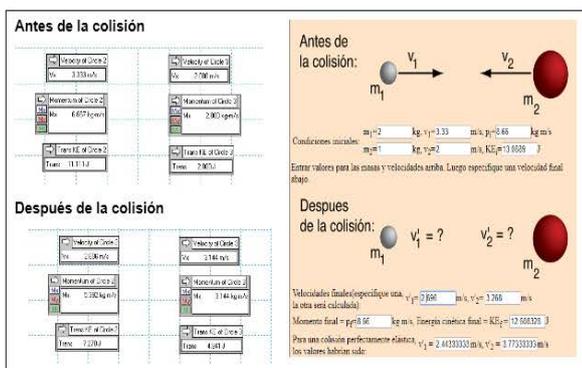


Figura 7. Simulación de un choque para $e=0.5$

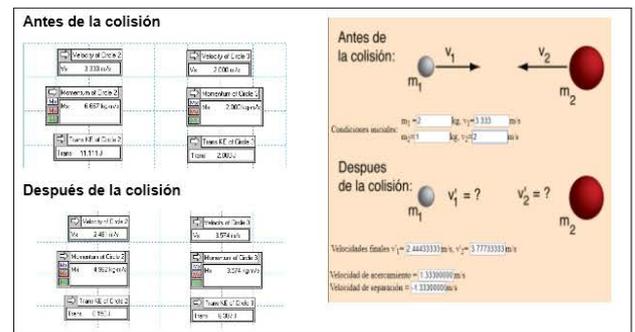


Figura 8. Simulación de un choque para $e=1$

Estas son unas de las bondades del Working Model que permiten diseñar una situación real y controlar todas las variables que independientes y calcular las dependientes.

5. CONCLUSIONES

La implementación de laboratorios virtuales resulta una estrategia de aprendizaje muy importantes en la docencia, porque permite que los estudiantes aprendan vivenciando los conceptos teóricos recibidos en las sesiones del aula virtual mediante zoom.

Al plantearse situaciones reales donde se aplican leyes físicas. Los equipos de trabajo son capaces de resolver problemas reales, fortaleciendo las competencias educativas que deben fortalecer para que cumplan con los objetivos profesionales.

Además, los laboratorios virtuales permiten mejorar el entendimiento de los procesos físicos; mientras que las simulaciones sirven para modelar cada diseño, reforzando de manera el conocimiento adquirido en el aula de clase.

Al trabajar en grupo se fortalecen las relaciones interpersonales, se realiza el proyecto de manera divertida, contribuyendo con un aprendizaje más significativo y colaborativo, pues entre ellos se apoyan cuando no entienden algún concepto.

Es recomendable el uso del software del Working Model en los cursos de Física porque es una excelente herramienta que motiva mucho a los estudiantes, esto genera un mejor desempeño, porque discuten en sus resultados, pueden establecer una alternativa de solución ante un determinado problema por lo cual da grandes resultados al momento de entender los fenómenos físicos.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento al proyecto INNOVAT por compartir cada MOOC que permite abrir nuevos horizontes a la nueva era que nos enfrentamos.

REFERENCIAS

- ALTEC. (2008). Rubistar. ALTEC at University of Kansas. Retrieved from <http://rubistar.4Rubistarteachers.org>
- Barreto, M. d. (2016). Aproximación del modelo didáctico de enseñanza aprendizaje por indagación en los profesores de ciencia, tecnología y ambiente que participan en las especialización del PRONAFCA.

- Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), Madrid, España.
- Castañeda, J., Carmona, L., & Meza, F. (2018, Marzo). Determinación de la ganancia en el aprendizaje de la cinemática lineal mediante el uso de métodos gráficos con estudiantes de ingeniería en la Universidad de Caldas. *Scientia et Technica*, 23(1), 99-103.
- Coronado, M. A. (2015, Julio). Competencias científicas que propician docentes de ciencias naturales. *Revista del Instituto de Estudios en Educación*. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es>
- DST. (2020). *Design Simulation Technologies*. Retrieved from Working Model 2D-2D Kinematics & Dynamics Software: <http://www.design-simulation.com>
- Fernández, I. (2018). *Ganancia de Aprendizaje: Resultados del primer trimestre*. Retrieved from <https://www.theplippedclassroom.es>
- FindGlocal. (2020). *Diversity Perú*. Retrieved from <http://www.findglocal.com/PE/Surco/154725161249218/Diversity-Per%C3%BA>
- Furman, M.; De Podestá, M. (2010). *La aventura de enseñar ciencias naturales* (Primera ed.). Buenos Aires, Argentina: AIQUE Educación.
- Greelane. (2020, enero 13). *Ciencia, tecnología y Matemáticas*. Retrieved from Grupo de control versus grupo experimental: ¿en qué se diferencian?: <http://grealane.com/es>
- Innovat. (2018). *InnovaT*. Retrieved from <http://innova.education>
- Medina, A. (2017). *Innovación de la educación y de la docencia* (Segunda ed.). Madrid, España: Centro de Estudios Ramón Areces S.A.
- Murillo, J. (2018). *Método de investigación de enfoque experimental*. Retrieved from Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle: www.posgrado.une.edu.pe
- Soussan, G. (2003). *Enseñar las ciencias experimentales: Didácticas y formación*. Santiago de Chile: UNESCO.