

Interacción con diferentes representaciones de un sistema flotante en la virtualidad

Interaction with multiple representations of a floating system in virtuality

Lucas D. Longo^{1*} y Josué Dionofrio¹

¹Escuela ORT N.º 1. Yatay 240. Almagro, CP 1184, Buenos Aires. Argentina.

*E-mail: lucas.longo@ort.edu.ar

Resumen

En este trabajo presentamos una serie de actividades sincrónicas y asincrónicas para poder abordar la enseñanza del tópico de flotabilidad en un contexto de virtualidad. Se propone abordar la temática mediante diferentes representaciones que permiten al estudiante interactuar con el modelo de flotabilidad de los objetos desde un enfoque de aprendizaje constructivista. Se utilizaron simuladores acotados, un experimento real en vivo por videollamada y resolución de problemas mediante ludificación. Estas herramientas facilitarían que los docentes puedan tratar la flotación de los objetos en un contexto de enseñanza virtual, hacer despliegue del mismo, desde un variado número de perspectivas que promuevan un aprendizaje significativo, supliendo algunos aspectos de la actividad experimental de laboratorio que no se pudieron realizar por el contexto de aislamiento.

Palabras clave: Flotación; Fuerza de empuje; Simuladores; Trabajo experimental; Aprendizaje virtual.

Abstract

In this work we present a series of synchronous and asynchronous activities in order to address the teaching of the topic of buoyancy in a virtual context. The proposal allows addressing the topic using different representations that allow the student to interact with the buoyancy model of objects from a constructivist learning approach. These representations used were bounded simulators, a real live experimental proposal via video call and problem solving through gamification. These tools would allow teachers interested in addressing the floating of objects in a virtual teaching context, to deploy it, from a varied number of perspectives that promote meaningful learning, making up for some aspects of the laboratory experimental activity that could not be performed due to the isolation context.

Keywords: Buoyancy; Upthrust; Simulations; Science experiment; E-learning.

I. INTRODUCCIÓN

La pandemia por covid-19 y el inicio de medidas de restricción de movilidad llevaron forzosamente a los docentes a construir y sostener una propuesta de educación remota de emergencia (García-Peñalvo, Corell, Abella-García y Grande, 2020). Entre los diferentes aspectos de la enseñanza que fueron interpelados para tal adaptación, se encuentra la actividad experimental. Es sabido que el contacto con lo empírico es un modo de conocer privilegiado en la enseñanza de las ciencias naturales, y por eso recuperar ese tipo de actividades en una propuesta mediada por tecnología se volvió una preocupación generalizada.

Este trabajo relata algunos aspectos de una propuesta llevada adelante con estudiantes de tercer año de nivel secundario de una escuela de Buenos Aires, desde la asignatura Físicoquímica. Tanto durante 2020 como durante 2021 se trabajó en modalidad virtual donde esta propuesta fue llevada adelante. Desde la escuela se estableció el uso

de un campus virtual mantenido por personal de la misma escuela como vía de comunicación oficial. Con este, era posible poner a disposición del estudiantado consignas, tareas, materiales escritos, audiovisuales y cualquier otro recurso disponible en internet. Salvando algunas excepciones, todos los estudiantes contaban con acceso a internet desde sus hogares, aunque en algunos casos no con equipo propio sino compartido en el tiempo con familiares. También se ofreció el contacto por videollamada con una frecuencia semanal, pero fue un recurso considerado optativo, dado que algunas propuestas didácticas podían prescindir de él en esa frecuencia.

La escuela cuenta con un laboratorio de física frecuentemente utilizado por los docentes de ciencias naturales. Para la enseñanza del Principio de Arquímedes, hay a disposición unos tubos reglados donde al introducirseles tuercas se puede registrar el volumen sumergido en función de la masa que contienen. Al transcurrir la propuesta de enseñanza por fuera del espacio físico de la escuela, se debieron buscar alternativas que conserven el sentido del trabajo experimental.

Se diseñó entonces una unidad didáctica que alcance este objetivo. Una serie de propuestas que acerquen a los estudiantes a la actividad experimental sin contar con un laboratorio. Se puede entender esta colección de actividades como el armado de un Laboratorio Extendido, es decir, un híbrido experimental donde distintos tipos de recursos actúan de manera sinérgica con el objetivo de aumentar la probabilidad de que se generen aprendizajes de procedimientos, actitudes y conceptos asociados a la actividad empírica (Idoyaga, 2020).

En este trabajo se relatan algunas de esas actividades, matizando las dificultades y las ventajas de implementarlas en un contexto virtual.

II. SIMULACIONES YA EXISTENTES COMO PROPUESTA ASINCRÓNICA

Existen múltiples trabajos sobre tecnología educativa que documentan el potencial didáctico del uso de simuladores para el estudio de diversos temas en física, tanto a nivel secundario como superior (Ortega-Zarzosa, Medellín y Martínez, 2010). También existen investigaciones sobre las limitaciones de este tipo de representaciones (Cataldi, Lage y Dominighini, 2013). Advertidos de estas características, se elaboraron varias propuestas de enseñanza del Principio de Arquímedes y sus consecuencias sobre la flotación de los cuerpos.

Es posible realizar algunas prácticas de flotabilidad mediante simuladores acotados, como los que pueden observarse en la figura 1.

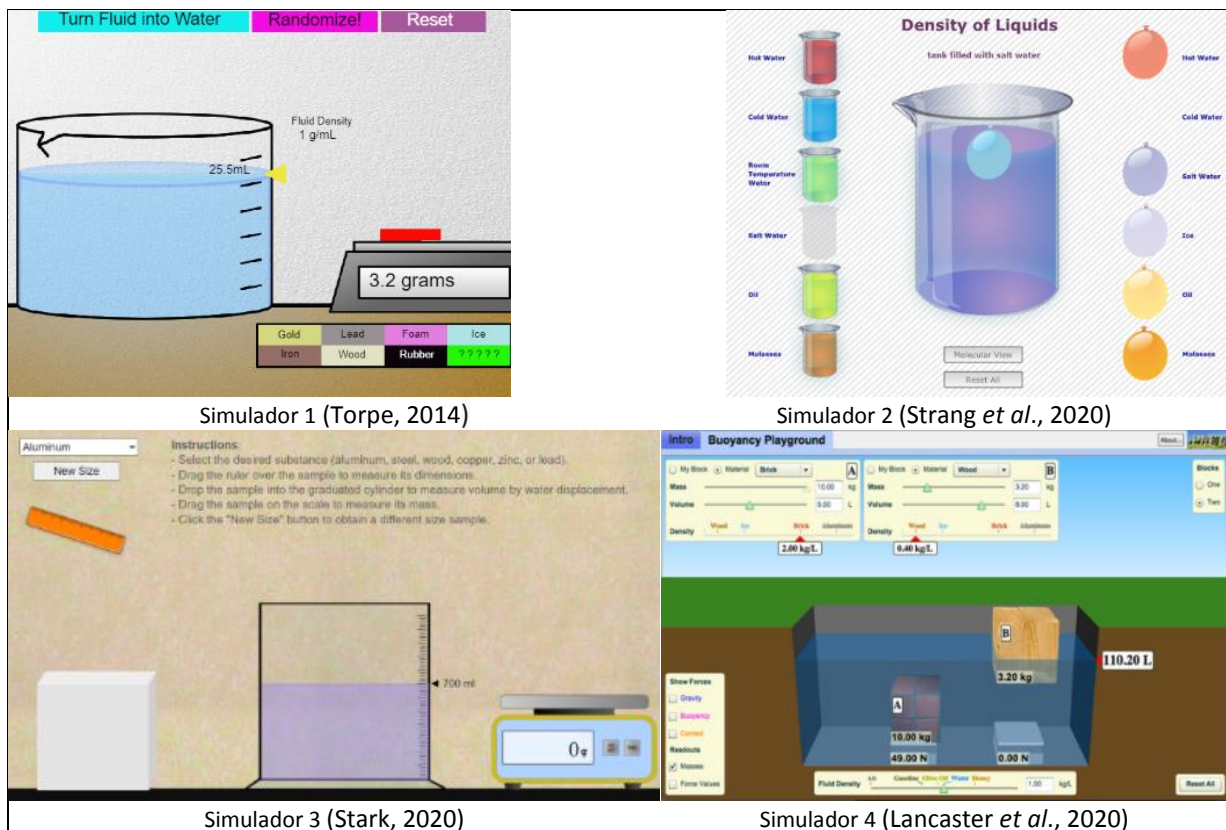


FIGURA 1. Simuladores acotados de flotación.

Como bien es sabido la potencia de un simulador depende no solo del simulador en sí, sino de la instancia o momento del ciclo de aprendizaje en el cual el docente haga uso del mismo (Chelquer, 2001). Algunos de estos simuladores se utilizaron para una etapa exploratoria inicial, para que los estudiantes tengan un primer contacto con el fenómeno de flotación mediante el control de variables cualitativas. A medida que los estudiantes comienzan a ver que la masa no es suficiente para explicar la flotación de los objetos se pueden utilizar estos simuladores para introducir el concepto de densidad de los cuerpos. Algunos de ellos disponen de una balanza para poder medir la masa de los mismos.

Estos simuladores pueden abrir la puerta a la discusión sobre cómo medir volúmenes: si el cuerpo tiene una forma regular, los estudiantes pueden utilizar las fórmulas de volumen vistas en años anteriores. En cambio, si el cuerpo tiene una forma irregular entonces se lo puede medir considerando el concepto de agua desplazada. Los simuladores que permiten hacer esto son aquellos donde el recipiente se encuentra graduado en volúmenes al igual que una probeta como en el simulador 1 (Torpe, 2014), simulador 3 (Stark, 2020), y simulador 4 (Lancaster *et al.*, 2020). Es útil introducir el concepto de volumen desplazado en esta instancia para que los estudiantes luego puedan tenerlo más afianzado cuando se analice la descripción de la fuerza de empuje. El simulador 2 (Strang *et al.*, 2020) es el único de los 4 donde hemos encontrado una representación del concepto de densidad a través de la cantidad de elementos que se encuentran dibujados en un determinado espacio.

III. DISEÑANDO NUEVOS SIMULADORES

Los simuladores anteriores se concentran en la variable densidad de cuerpos macizos dejando de lado aquellos objetos que están compuestos de más de un material. Para ampliar el rango de aplicación puede ser útil contar con simuladores que permitan un acercamiento al concepto de densidad promedio de los objetos, y por otro lado también al concepto de equilibrio de fuerzas. El concepto de densidad promedio es de mucha utilidad a la hora de explicar la flotabilidad de objetos más cercanos a los que un o una estudiante puede encontrar en su vida cotidiana (cuerpo humano, frutas, barcos, etc.) Guiados por estas dos necesidades hemos construido dos simuladores en la plataforma GeoGebra (Hohenwarter *et al.*, 2021).

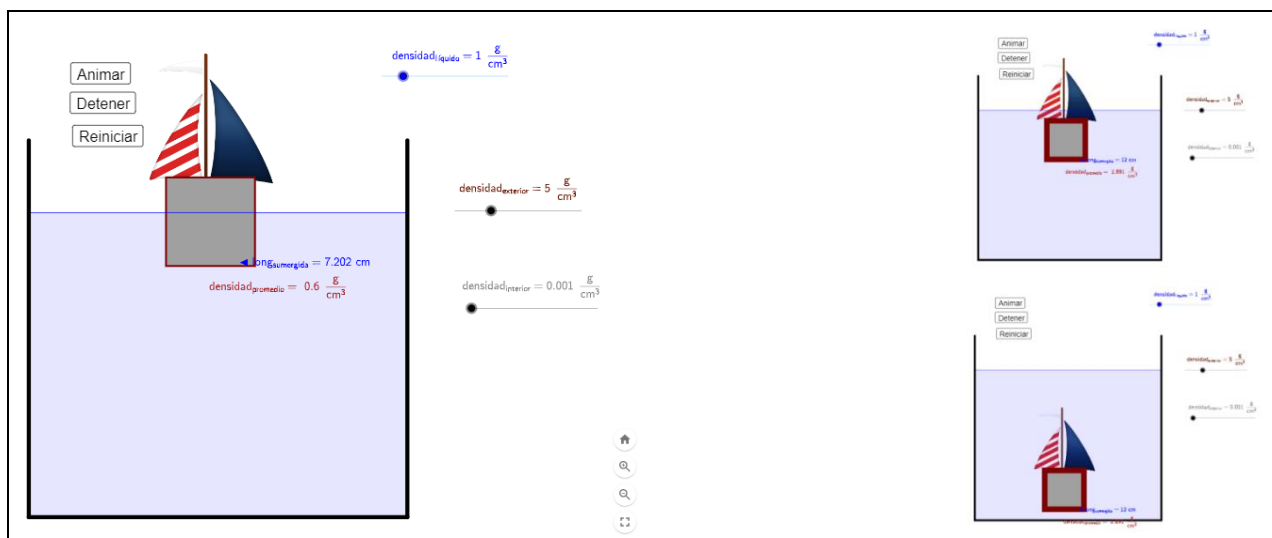


FIGURA 2. Simulador de flotación donde el cuerpo está formado por dos materiales de distintas densidades. Utiliza el concepto de densidad promedio para predecir la flotabilidad o el hundimiento de la embarcación.

En la figura 2 podemos observar el simulador de flotación de un objeto que consiste en una embarcación pensada como un cubo hueco compuesto por una carcasa hecha de un material de alta densidad y en su interior un material de baja densidad. El simulador puede ser utilizado para recrear una situación donde, por ejemplo, dentro del cubo tenemos aire y por fuera algún metal como el hierro. El simulador permite al docente guiar a los estudiantes por el concepto de densidad promedio de un cuerpo heterogéneo y también a debatir la condición para que la embarcación flote o se hunda. De manera adicional permite que las o los docentes pueden graduar la cantidad de variables para incrementar o disminuir el nivel de dificultad de la tarea, ya sea variando la densidad del líquido (agua de río, agua de mar, etc.), el tamaño de la embarcación o el espesor de la carcasa exterior.

En la figura 3 podemos ver el segundo simulador creado para poder realizar un abordaje constructivista del concepto de fuerza de empuje y entender entonces a la flotabilidad ya no como una propiedad del cuerpo sino como una lucha entre dos fuerzas: la fuerza peso y la fuerza de empuje producto de la interacciones del cuerpo con el entorno. El mismo consta de un cubo al que se lo suspende de un dinamómetro. A continuación es posible sumergir el cubo y observar los cambios que se producen en la lectura del dinamómetro. El simulador permite que los estudiantes infieran la existencia de una fuerza de empuje como resultado de la disminución en la marca del dinamómetro. También el simulador abre las puertas a la posibilidad de abordar una actividad de registro de datos como volumen desplazado y fuerza de empuje. El o la docente puede graduar el nivel de dificultad tratando de variar unas pocas variables o muchas variables como la densidad del líquido, la densidad del objeto, el tamaño del objeto. Adicionalmente podría también modificarse la cantidad de agua en el recipiente o el tamaño del mismo.

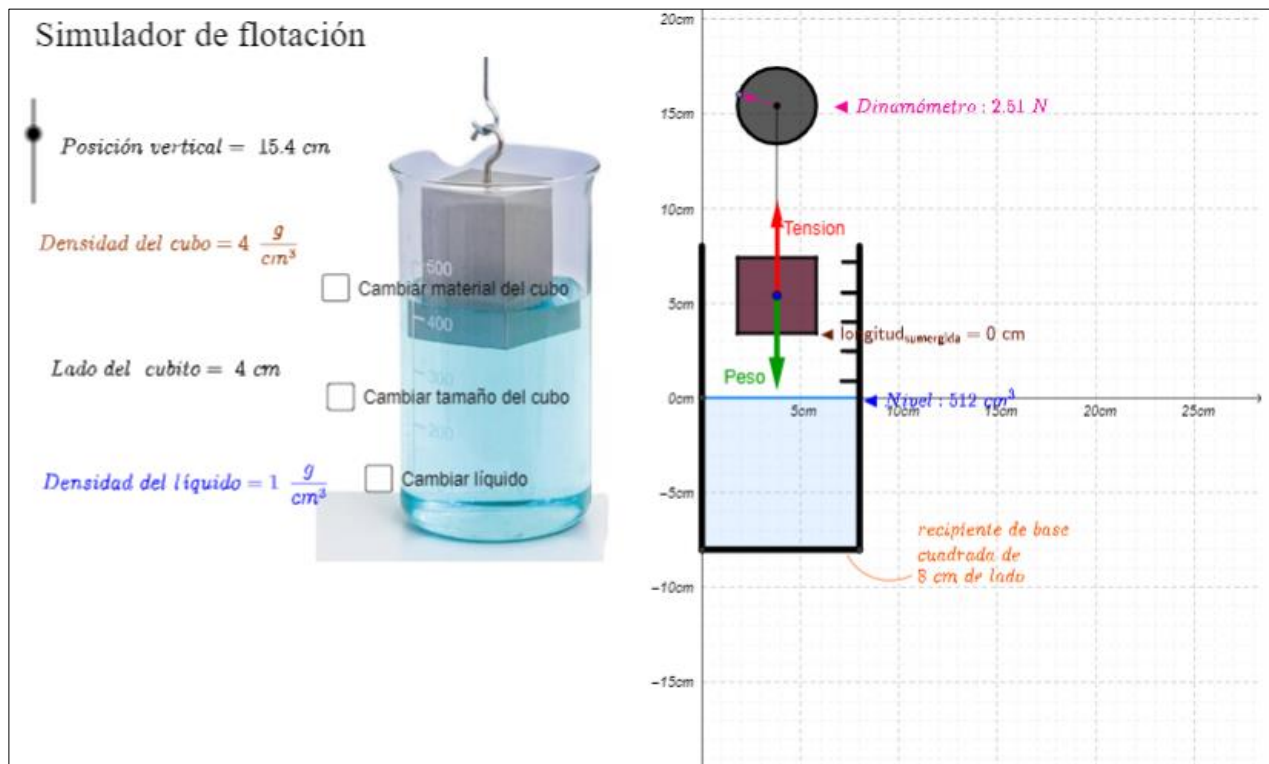


FIGURA 3. Simulador de flotación para el abordaje de los conceptos de fuerza de empuje y peso aparente de un objeto. El estudiante puede sumergir el cubo dentro del recipiente y observará cómo cambia el valor del peso aparente de los objetos como producto del empuje ejercido por el agua.

Adicionalmente puede agregarse una hoja de cálculo para poder realizar el experimento más cuantitativo. El simulador puede ser potente en la medida en que prepara a los estudiantes para un mejor abordaje de la ley de Arquímedes y los ayuda a que puedan construir el concepto de fuerza de empuje con la guía del docente.

IV. EXPERIMENTO REAL POR VIDEOLLAMADA

Acceder a videollamadas permitió realizar experimentos en vivo, lo cual es un aspecto central dentro de la propuesta que aquí se presenta. Es bien conocido el carácter predictivo de los modelos físicos. En particular, el Principio de Arquímedes da herramientas para que, considerando el peso y la fuerza de empuje que experimenta un cuerpo sumergido, se pueda determinar el peso máximo que podría soportar una embarcación de geometría regular. Si un cuerpo sumergido flota, ambas fuerzas son iguales, y por lo tanto

$$m \cdot g = \delta \cdot g \cdot V_{sum} \quad (1)$$

Si la embarcación tiene un volumen conocido, se puede conocer el valor de m máximo donde todavía ocurre que el cuerpo flote. Este problema se planteó a los estudiantes en esta propuesta. Por videollamada, se les puso frente a

la cámara una embarcación aproximadamente cilíndrica y una serie de canicas de vidrio. Informándoles la masa de las canicas, la de la embarcación, y el volumen de esta última, se les pidió que determinen cuántas canicas como máximo toleraría el sistema sin hundirse.

El planteo de un problema real para resolver utilizando el modelo científico contenido en el principio de Arquímedes hizo que la búsqueda de un resultado numérico cobraría un valor diferente, que sin tener la experiencia visible y en vivo en la videollamada no hubiera tenido.

Uno de los objetivos de esta actividad era poner en evidencia la capacidad predictiva de los modelos estudiados. Una vez que los estudiantes lograron llegar a un resultado, y consensuar algunos valores dispersos propios de la falta de experiencia en el cálculo, se llevó adelante la experiencia, colocando canica tras canica frente a la cámara. La algarabía y los festejos cuando se hundió la embarcación con la última canica sólo pueden explicarse desde el deseo de que funcionara, de que su predicción fuera correcta. Destacar que varias personas, desde diferentes lugares de la ciudad, pudieran predecir un hecho que no había ocurrido aún, en un lugar donde ellos y ellas no estaban, como la casa del docente, y que ocurra lo que esperaban bajo las condiciones que esperaban, sirvió para reforzar la idea de que los modelos pueden describir la naturaleza, así como también predecir su comportamiento, echando por tierra la idea reduccionista pero ampliamente divulgada sobre que la ciencia actúa “por prueba y error”.

V. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS LUDIFICADOS

La resolución de problemas puede ser una estrategia interesante para abordar la aplicación de los conceptos involucrados en la flotabilidad en un entorno más contextualizado. Para ello se eligió como estrategia el uso de una sala de escape con la finalidad de poder plantearle diversos desafíos al estudiante y generar en él o ella una motivación intrínseca, que en este caso, se materializa por el deseo de escapar de la sala. La misma también se ha creado utilizando una narrativa lo cual nos da la posibilidad de que los estudiantes se desenvuelvan en un entorno más contextualizado a la vez de lúdico.



FIGURA 4. Propuesta de resolución de problemas mediante ludificación.

En la figura 4 podemos observar la sala de escape confeccionada con diferentes elementos interactivos en la plataforma Genially (Rubio *et al.* 2015). La sala de escape consta de 3 niveles para atravesar y a lo largo de la misma

se utilizó la posibilidad de crear viñetas y cuadros de diálogo para ir presentando una historia a los estudiantes. La historia está centrada en un personaje ficticio que al levantarse no recuerda quien es ni por qué se halla en ese lugar. La puerta de la habitación se encuentra cerrada y para escapar el protagonista tendrá que utilizar con audacia los contenidos conceptuales acerca de la flotabilidad de los cuerpos. El personaje va recorriendo la habitación en busca de pistas que lo van guiando a través de la historia en la que se le presentan diferentes objetos que se hallan en la misma habitación. La sala cuenta con candados digitales a modo de cerraduras en las que se deberá ingresar un código, que será el resultado del cálculo de alguna magnitud: densidad, fuerza de empuje, volumen desplazado, entre otros, que les permitirá atravesar y superar ese desafío. Se trata de una actividad en la cual el estudiante logrará ir resolviendo diferentes problemas que se le presentan al protagonista de la historia. El estudiante exitoso será aquel que logre superar todos los desafíos, abrir la puerta de la habitación y escapar del lugar en el que se encontraba cautivo y adivinar por qué se encontraba allí dentro.

VI. RESPUESTA DEL ESTUDIANTADO

El experimento real por videollamada tuvo un efecto inmediato. Su sencillo diseño, y su resultado binario (se hunde/no se hunde) permite que la lectura e interpretación del resultado resulte transparente para todo el público. Los festejos, los aplausos y las sonrisas que se dejaban ver por las cámaras son evidencia suficiente del impacto de la experiencia. Es desde ese evento memorable donde se introdujo una idea sobre la naturaleza de la ciencia, que resultó luego fácil volver a evocar en una actividad futura, según se pudo registrar varias clases después.

El uso de simuladores permitieron que los estudiantes puedan interactuar con el modelo matemático que se encuentra detrás de la misma y les permite además poder sortear algunas dificultades debidas a la complejidad matemática del modelo. Esto ayuda a disminuir las interferencias que pueda ocasionar el nivel de dificultad matemática que los modelos científicos suelen presentar. Mediante la interacción por videollamadas y luego en diferentes instancias de evaluación de consignas escritas, se evidencia que las relaciones mostradas por los simuladores fueron en su mayoría comprendidas, quizás en un nivel comparable a lo que se percibe desde propuestas llevadas adelante en un aula tradicional.

Otro lugar donde se manifiesta el grado de comprensión de los temas discutidos es en la sala de escape, que permitió involucrar a los estudiantes en la resolución de problemas. La propuesta construyó para ellas y ellos un problema genuino y contextualizado. Mediante la interacción por videollamada, los estudiantes manifestaron que la presentación les resultó original y diferente a los formatos de resolución de problemas más tradicionales donde hay un enunciado expuesto en forma de texto presentes en una seguidilla desde el más fácil al más difícil a modo de guías de ejercicios. En general, valoraron la propuesta positivamente.

VII. CONCLUSIONES

Trabajar en un contexto de educación remota de emergencia, modelo que aunque realizado bajo condiciones excepcionales no es ajeno a una planificación fundamentada, obliga una rápida adaptación didáctica. La capacidad de tener éxito o no en el alcance de objetivos, también adecuados al contexto, dependerá tanto de las condiciones materiales con las que se cuenta para realizar la adaptación (el acceso equitativo a internet con suficiente banda ancha, y equipos que puedan soportar el uso de determinadas tecnologías, contar con una plataforma de interacción, la disponibilidad de videollamadas, entre otros) así como también del capital didáctico y pedagógico de los docentes. En este caso, el uso de simuladores fue desde el principio una de las primeras opciones, dadas su amplia difusión desde hace décadas y la extensa investigación realizada sobre su uso en el aula.

La innovación en las propuestas siempre requiere una evaluación *a posteriori*, y es por esto que resulta necesario llevar registro y documentar estas experiencias, como se hace en este trabajo. El análisis en retrospectiva permitirá identificar aciertos y errores, construir categorías de análisis y reformular nuestra concepción sobre la enseñanza de ciencias naturales en contextos excepcionales. Y también por fuera de ellos. Las tecnologías están inmersas en la sociedad, y en particular, en las escuelas. Existen múltiples recursos y estrategias para enseñar ciencias con ellas, como se demuestra en este artículo. Queda por pensar la forma en la cual estas participarán en contextos de educación presencial.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la escuela ORT por ofrecer la estructura del Campus Virtual, sin la cual el trabajo de educación a distancia hubiera sido mucho más difícil. Al equipo del CREA, también de la escuela, por adelantarse en la búsqueda de herramientas que apoyen el trabajo educativo y facilitar tutoriales y capacitaciones. Por último, a Pablo Mendeluk por coordinar el área de Física, generando encuentros virtuales entre docentes donde se pudo socializar estrategias, recursos e impresiones.

REFERENCIAS

Cataldi, Z., Lage, F. J. y Dominighini, C. (2013). Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 10(17), 8-16.

<http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/101017/A2mar2013.pdf>

Chelquer, José (2001), *Informática Educativa*. Material de cátedra. V: Simulaciones.

García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V. y Grande, M. (2020). La evaluación online en la educación superior en tiempos de la covid-19. *Education in the Knowledge Society*, 21(12), 1-26. <http://dx.doi.org/10.14201/eks.23086>

Ildoyaga, I. J (2020). El Laboratorio Extendido: una oportunidad para la educación científica en entornos digitales. Facultad de Farmacia y Bioquímica en foco.

Ortega, Z., Medellín, A. y Martínez, J.(2010). Influencia en el aprendizaje de los alumnos usando simuladores de física. *Latin American Journal of Physics Education*, 4, 953-956

Torpe D. (2014). Density Lab. [Simulador]. Recuperado de: <https://www.pbslearningmedia.org/resource/arct15-sci-densitylab/density-lab/>

Stark, J. (2020). Density Lab Simulation [Simulador]. Recuperado de: <https://jasonstark.com/website/2020/07/24/density-lab/>

Strang *et al.* (2020). Density of Liquids [Simulador]. Recuperado de: <https://mare.lawrencehallofscience.org/curriculum/ocean-science-sequence/oss68-overview/oss68-simulation-activities#densityofliquids>

Lancaster *et al.* (2020). Densidad [Simulador]. Recuperado de: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/buoyancy>

Hohenwarter *et al.* (2021). GeoGebra [Software]. Recuperado de: <https://www.geogebra.org/?lang=es>

Rubio *et al.* (2015). Genially [Software]. Recuperado de: <https://genial.ly/es/>