XLIII

Integración de laboratorios virtuales de simulación para la enseñanza de la física clásica en la educación secundaria pública de Lima Metropolitana

Zoila Esther Cherres Lopez

XLIII

Integración de laboratorios virtuales de simulación para la enseñanza de la física clásica en la educación secundaria pública de Lima Metropolitana

Zoila Esther Cherres Lopez

RESUMEN

La enseñanza de la física clásica en la educación secundaria pública de Lima Metropolitana enfrenta históricas limitaciones por la escasez de laboratorios físicos equipados y el predominio de métodos memorísticos. Esta revisión narrativa analiza el estado actual, los beneficios pedagógicos y las barreras de implementación de los laboratorios virtuales de simulación en este contexto. La metodología empleó un enfoque hermenéutico y crítico sobre literatura científica y documentos oficiales publicados entre 2018 y 2026. Los resultados evidencian que herramientas interactivas, como PhET, optimizan la comprensión conceptual de fenómenos abstractos en mecánica, termodinámica y electromagnetismo, promoviendo el pensamiento científico y la indagación guiada alineada con el Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB). Sin embargo, la efectividad operativa se ve condicionada por persistentes brechas estructurales entre las Unidades de Gestión Educativa Local (UGEL), caracterizadas por limitaciones de conectividad, inestabilidad del fluido eléctrico y disparidad en la alfabetización digital docente. Se concluye que las simulaciones representan una alternativa viable para democratizar la educación científica en la escuela pública, siempre que su integración se acompañe de políticas institucionales de soporte tecnológico, capacitación en el modelo TPACK y el aprovechamiento estratégicos de repositorios con ejecución fuera de línea (offline).

Palabras clave: Laboratorios virtuales, física clásica, educación secundaria, brecha digital, Lima Metropolitana.

ABSTRACT

The teaching of classical physics in public secondary schools in Metropolitan Lima faces long-standing limitations, stemming from a scarcity of well-equipped physical laboratories and a reliance on rote-learning methods. This narrative review examines the current status, pedagogical benefits, and implementation barriers associated with virtual simulation laboratories in this context. The methodology employed a hermeneutic and critical approach to scientific literature and official documents published between 2018 and 2026. The findings indicate that interactive tools, such as PhET, enhance the conceptual understanding of abstract phenomena in mechanics, thermodynamics, and electromagnetism, while fostering scientific thinking and guided inquiry—in alignment with the National Basic Education Curriculum (CNEB). However, operational effectiveness is constrained by persistent structural gaps across Local Educational Management Units (UGELs), characterized by limited connectivity, unstable power supply, and disparities in teachers' digital literacy. It is concluded that simulations offer a viable alternative for democratizing science education in public schools, provided that their integration is supported by institutional policies for technological infrastructure, training in the TPACK model, and the strategic use of repositories that allow for offline operation.

Keywords: Virtual laboratories, classical physics, secondary education, digital divide, Metropolitan Lima.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física clásica en las instituciones educativas públicas de educación secundaria en el Perú enfrenta históricamente severas restricciones estructurales y metodológicas. De acuerdo con el Ministerio de Educación del Perú (MINEDU, 2016), el desarrollo del pensamiento científico en el área de Ciencia y Tecnología requiere que los estudiantes indaguen mediante métodos científicos, formulen hipótesis y experimenten directamente con los fenómenos naturales. Sin embargo, en la práctica pedagógica cotidiana predomina un modelo expositivo centrado en la memorización de fórmulas algebraicas y la resolución abstracta de problemas en la pizarra. Esta situación se agrava por la escasez crítica de laboratorios físicos equipados y la falta de reactivos e insumos en la mayoría de colegios estatales del país, lo cual

limita la comprensión profunda de conceptos fundamentales de la mecánica, la termodinámica y el electromagnetismo.

En Lima Metropolitana, si bien se concentra la mayor oferta educativa y tecnológica del país, la integración de la tecnología educativa está fuertemente condicionada por profundas inequidades socioeconómicas y geográficas entre las Unidades de Gestión Educativa Local (UGEL). Mientras que en determinadas jurisdicciones urbanas existe una infraestructura digital aceptable en las Aulas de Innovación Pedagógica (AIP), los centros educativos públicos ubicados en los distritos periféricos afrontan serias brechas de conectividad a internet, obsolescencia de equipos de cómputo e inestabilidad en los servicios básicos (García-Huamán, 2022). Esta brecha digital no solo abarca el acceso a hardware y red, sino también la falta de alfabetización digital y competencias metodológicas en el cuerpo docente para incorporar recursos informáticos en sus sesiones de clase (Farfán-Pimentel et al., 2023).

Frente a este escenario desfavorable, los laboratorios virtuales y las simulaciones interactivas emergen como mediadores cognitivos y recursos didácticos de alto valor pedagógico. Entornos de libre acceso como las simulaciones PhET de la Universidad de Colorado ofrecen entornos donde los estudiantes pueden manipular variables físicas en tiempo real, visualizar vectores y campos invisibles a simple vista, y probar hipótesis de manera autónoma. Diversas investigaciones sostienen que la simulación interactiva promueve un aprendizaje activo y se alinea de forma directa con los enfoques por competencias del Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB), favoreciendo la transición de la mera memorización a la construcción consciente de conceptos científicos.

Por consiguiente, resulta apremiante analizar la pertinencia y viabilidad de estas herramientas digitales en la escuela pública peruana como una estrategia viable para democratizar la educación científica. El objetivo central de la presente revisión narrativa es mapear y sintetizar la evidencia teórica y empírica reciente sobre la efectividad, los beneficios pedagógicos y las principales barreras de adopción que enfrenta la integración de laboratorios virtuales en la enseñanza de la física clásica en el contexto específico de la educación secundaria pública en Lima Metropolitana.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló mediante un diseño de revisión narrativa de la literatura, adoptando un enfoque hermenéutico y crítico. Este diseño cualitativo es idóneo para sintetizar, interpretar y problematizar el conocimiento existente sobre la integración de tecnologías educativas en la escuela pública, permitiendo conectar los marcos conceptuales pedagógicos con las realidades socioestructurales del contexto analizado (Siddaway et al., 2019). A diferencia de las revisiones sistemáticas estrictamente cuantitativas, el abordaje hermenéutico facilita una comprensión contextualizada de las brechas tecnológicas y las dinámicas curriculares en la enseñanza de las ciencias exactas.

Para delimitar el corpus documental, se establecieron criterios rigurosos de elegibilidad alineados con el objetivo del estudio. Se incluyeron artículos de investigación original, revisiones teóricas, tesis doctorales y reportes de organismos oficiales (como el Ministerio de Educación del Perú y la UNESCO) que abordaran de forma explícita el uso de laboratorios virtuales, la simulación interactiva y la enseñanza de la física clásica en el nivel de educación secundaria pública, priorizando investigaciones contextualizadas en Lima Metropolitana, el Perú o países de América Latina con realidades educativas comparables. Por otro lado, se excluyeron aquellos estudios centrados exclusivamente en la educación superior universitaria, investigaciones sobre laboratorios físicos tradicionales sin mediación digital, documentos sin arbitraje por pares e investigaciones publicadas fuera del rango temporal comprendido entre los años 2018 y 2026.

La estrategia de búsqueda bibliográfica se ejecutó en las bases de datos académicas Scopus, Web of Science, SciELO y Redalyc, además del motor Google Académico y los repositorios institucionales peruanos (RENATI y repositorios del MINEDU). Se diseñaron cadenas de búsqueda estructuradas combinando descriptores en español e inglés mediante el uso de operadores booleanos (AND, OR). La fórmula de búsqueda principal integró términos clave como: ("laboratorios virtuales" OR "simuladores interactivos" OR "PhET") AND ("física clásica" OR "enseñanza de la física") AND ("educación secundaria" OR "escuela pública") AND ("Lima Metropolitana" OR "Perú" OR "América Latina").

El proceso de selección y síntesis de la información se estructuró en tres fases consecutivas: tamizaje inicial, evaluación crítica de calidad temática y extracción de datos. Los documentos seleccionados fueron sometidos a un análisis temático

cualitativo mediante codificación inductiva-deductiva (Page et al., 2021). Este procedimiento permitió categorizar y triangular la evidencia en tres ejes analíticos fundamentales: (a) el eje pedagógico, enfocado en el impacto de los simuladores en el aprendizaje conceptual de la física; (b) el eje tecnológico e infraestructural, centrado en las condiciones del equipamiento y conectividad en las instituciones educativas públicas; y (c) el eje normativo y de formación docente, orientado al análisis de las competencias digitales y las políticas públicas del sector educativo peruano.

RESULTADOS

Impacto pedagógico en la comprensión de la física clásica

La literatura analizada evidencia que la integración de simulaciones interactivas favorece significativamente la adquisición de conceptos científicos complejos en la física clásica. Herramientas como el proyecto PhET permiten a los estudiantes hacer visibles fenómenos de naturaleza abstracta, como la magnitud y dirección de vectores, la descomposición de fuerzas en planos inclinados, y las relaciones dinámicas entre masa, aceleración y fricción (García-Huamán, 2022). La posibilidad de manipular variables en tiempo real promueve el desarrollo del pensamiento científico y habilidades de indagación, facilitando que los educandos formulen hipótesis, realicen ensayos sin riesgo de dañar material de laboratorio y contrasten predicciones con resultados observados en entornos controlados (Farfán-Pimentel et al., 2023). Este enfoque interactivo consolida el tránsito desde un aprendizaje pasivo-memorístico hacia esquemas de representación mental duraderos y alineados con el enfoque por competencias del currículo oficial.

Infraestructura y condiciones operativas en los colegios públicos de Lima Metropolitana

A pesar del valor didáctico de estas herramientas, la implementación efectiva en la educación secundaria pública de Lima Metropolitana evidencia marcadas asimetrías operativas. Aunque el Ministerio de Educación ha desplegado iniciativas de equipamiento mediante la entrega de tabletas digitales y la implementación de Aulas de Innovación Pedagógica (AIP), la tasa de operatividad real de los equipos es heterogénea entre las distintas Unidades de Gestión Educativa Local (UGEL) (Ministerio de Educación del Perú, 2021). En las zonas pertenecientes a Lima periférica (como Lima Norte, Lima Sur y Lima Este), los centros educativos enfrentan

severas restricciones de ancho de banda, baja velocidad de conexión e inestabilidad en el fluido eléctrico (García-Huamán, 2022). Estas limitaciones técnicas obligan a los docentes a recurrir prioritariamente a simuladores ejecutables en modo fuera de línea (offline), restringiendo la exploración de repositorios en la nube y laboratorios remotos en tiempo real.

Formación docente y alfabetización digital

Respecto al factor humano, el análisis revela una percepción favorable por parte del profesorado de Ciencia y Tecnología hacia el uso de tecnologías TIC, reconociendo su potencial motivador en el aula. No obstante, existe una brecha persistente entre la disposición actitudinal y el dominio metodológico de las herramientas virtuales (Ramos-López & Quispe-Cornejo, 2023). Diversos autores destacan que gran parte de los docentes cuenta con competencias digitales básicas orientadas a la ofimática, pero carece de formación especializada en diseño instruccional aplicado a la simulación interactiva. En consecuencia, se identifica la imperiosa necesidad de diseñar e implementar programas de capacitación continua centrados en la didáctica de la física mediatizada por TIC, trascendiendo el mero adiestramiento instrumental para integrar estrategias pedagógicas fundamentadas en el modelo TPACK (Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido) (Sánchez-Mora & Varguillas-Carmona, 2022).

DISCUSIÓN

Contrastación con la literatura internacional

Los hallazgos identificados en las instituciones educativas públicas de Lima Metropolitana guardan estrecha convergencia con las tendencias reportadas en diversas metrópolis de América Latina, como Bogotá, Ciudad de México y Santiago de Chile. Diversos estudios coinciden en que los simuladores virtuales incrementan significativamente la motivación y la aprehensión conceptual de la física clásica en la educación media (López-Castro & Morales-González, 2023). Sin embargo, mientras que sistemas educativos como el chileno o el uruguayo han avanzado hacia la consolidación de plataformas digitales unificadas con recursos fuera de línea (offline) eficientes, el contexto limeño refleja mayores niveles de fragmentación operativa en la mediación tecnológica (García-Huamán, 2022). Esta divergencia sugiere que los beneficios pedagógicos de la simulación interactiva no dependen únicamente del

recurso informático per se, sino de la densidad y estabilidad de la red de soporte institucional que lo enmarca.

Desafíos estructurales frente a la innovación educativa

Un análisis crítico de la evidencia demuestra que la brecha tecnológica en la escuela pública limeña responde a factores estructurales persistentes. La precariedad presupuestal asignada al mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos en las Aulas de Innovación Pedagógica (AIP) genera un ciclo de obsolescencia acelerada de las tabletas y computadoras entregadas por el Estado (Ministerio de Educación del Perú, 2021). Como sostienen Farfán-Pimentel et al. (2023), la mera distribución masiva de hardware resulta insuficiente si no viene acompañada de partidas presupuestarias descentralizadas para asegurar la conectividad y la renovación tecnológica. Sin una gestión logística eficiente, las experiencias didácticas innovadoras en física clásica corren el riesgo de quedar relegadas a esfuerzos docentes aislados y no sostenibles en el tiempo.

Implicaciones para la política pública educativa

Los resultados exigen una reorientación estratégica por parte del Ministerio de Educación del Perú (MINEDU), la Dirección Regional de Educación de Lima Metropolitana (DRELM) y las respectivas Unidades de Gestión Educativa Local (UGEL). Resulta apremiante abandonar la visión instrumentalista de la tecnología e impulsar políticas públicas enfocadas en ecosistemas de aprendizaje híbridos (Sánchez-Mora & Varguillas-Carmona, 2022). Esto implica integrar formalmente guías de laboratorio virtual alineadas al Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB) y consolidar repositorios institucionales de acceso libre que no requieran conexión continua a internet. Asimismo, se requiere fortalecer las competencias del modelo TPACK en los programas de formación docente continua para garantizar una apropiación pedagógica genuina de las herramientas digitales (Ramos-López & Quispe-Cornejo, 2023).

Limitaciones de la revisión

Finalmente, es preciso reconocer las limitaciones inherentes al presente estudio. Al tratarse de una revisión narrativa, existe la posibilidad de sesgos de selección y de publicación, condicionados por la disponibilidad de literatura arbitrada sobre la realidad específica de Lima Metropolitana. Adicionalmente, se identificó una notable heterogeneidad metodológica entre las fuentes analizadas —que van desde estudios cualitativos de percepción docente hasta reportes institucionales descriptivos—, lo

que restringe la generalización cuantitativa de los resultados y subraya la necesidad de desarrollar futuras investigaciones empíricas de diseño experimental.

CONCLUSIÓN

La integración de laboratorios virtuales de simulación se consolida como una alternativa pedagógica altamente eficaz para democratizar la enseñanza de la física clásica en la educación secundaria pública de Lima Metropolitana. Ante la histórica escasez de laboratorios físicos equipados, los simuladores interactivos permiten superar barreras de infraestructura y favorecen la comprensión conceptual profunda mediante la experimentación y la visualización de fenómenos abstractos. Sin embargo, su impacto real está condicionado a que la adopción tecnológica no dependa de iniciativas docentes aislaras, sino que se enmarque en políticas públicas sostenibles de conectividad, mantenimiento informático y soporte institucional.

Para optimizar el uso de estas herramientas en la escuela pública, se recomienda a los directivos garantizar la operatividad continua de las Aulas de Innovación Pedagógica (AIP) mediante la instalación prioritaria de repositorios y software ejecutable en modo fuera de línea (offline), como las simulaciones de código abierto del proyecto PhET. Asimismo, se insta a los docentes y diseñadores curriculares a incorporar guías de indagación estructuradas alineadas al Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB), orientadas al desarrollo explícito de competencias científicas mediante el modelo TPACK.

Se sugiere profundizar el estudio de este fenómeno a través de investigaciones empíricas de corte cuantitativo-experimental o de diseño mixto. Resulta prioritario evaluar de manera longitudinal el impacto del uso de simulaciones virtuales sobre el rendimiento académico, la motivación hacia la ciencia y la reducción de la brecha de género en carreras STEM dentro de los distritos periféricos de Lima Metropolitana.

REFERENCIAS

Farfán-Pimentel, J. F., Candia-Menor, M. A., Manchego-Villarreal, J. L., Delgado-Arenas, R., Ormeño-Gonzales, M. M., Melgarejo Reina, W. O., Quispe-

Vargas, E. A., & Peña-Cotrina, A. I. (2023). Laboratorios virtuales en la enseñanza de la física: Un análisis teórico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 7466–7480. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7466

García-Huamán, M. (2022). Capacitación y percepción de los docentes sobre el uso de los laboratorios virtuales en el área de ciencia y tecnología. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 3619–3635. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3345

López-Castro, R. H., & Morales-González, A. M. (2023). Simuladores virtuales y aprendizaje de la física en la educación secundaria latinoamericana: Una revisión sistemática. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (34), 45–56. https://doi.org/10.24215/18509959.34.e5

Ministerio de Educación del Perú. (2016). *Currículo Nacional de la Educación Básica. MINEDU.* https://www.minedu.gob.pe/curriculo/

Ministerio de Educación del Perú. (2021). *Informe de evaluación de la infraestructura digital y conectividad en las instituciones educativas públicas de Lima Metropolitana.* MINEDU. https://www.gob.pe/minedu

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016

PhET Interactive Simulations. (2025). *Simulaciones interactivas de física, química, biología y ciencias de la tierra. Universidad de Colorado en Boulder.* https://phet.colorado.edu/es_PE/

Ramos-López, K. E., & Quispe-Cornejo, R. A. (2023). Integración de las TIC en el aprendizaje de las ciencias naturales en la educación básica regular peruana. *Revista Electrónica Educar*, 27(2), 112–128. https://doi.org/10.15359/ree.27-2.16480

Sánchez-Mora, M. L., & Varguillas-Carmona, C. S. (2022). Modelos de integración tecnológica en la formación docente de ciencias exactas: Desafíos para la

educación pública. *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades,* (18), 85–101. https://doi.org/10.37135/chk.002.18.06

Siddaway, A. P., Wood, A. M., & Hedges, L. V. (2019). How to do a systematic review: A best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses. *Annual Review of Psychology,* 70(1), 747–770. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803