



CENTRO DE FÍSICA
Universidad Central del Ecuador

Praxis

Revista del
Centro de Física-UCE

Número 6

Quito - Ecuador
Abril - 2025

Praxis

Revista del
Centro de Física-UCE

CONSEJO EDITORIAL

EDITOR EN JEFE

- MSc. Ricardo Defas – Universidad Central del Ecuador, rddfas@uce.edu.ec

EDITOR ACADÉMICO

- Ing. Sebastián Guerrero – Universidad Central del Ecuador, saguerrero@uce.edu.ec

EDITORES DE SECCIÓN

- MSc. Jorge Oswaldo Chimarro Alvear – Universidad Central del Ecuador, jochimarro@uce.edu.ec
- MSc. Luis Santiago Poma Lojano – Universidad Central del Ecuador, lpoma@uce.edu.ec
- Ing. Washington Patricio Lomas Arciniega – Universidad Central del Ecuador, wplomas@uce.edu.ec
- Ing. Felipe Josué Lima Alvear – Universidad Central del Ecuador, fjlina@uce.edu.ec
- Ing. Everzon Feiner Domínguez Castillo – Universidad Central del Ecuador, efdominguez@uce.edu.ec
- Lic. Jorge Guachamín – Universidad Central del Ecuador, joguachamin@uce.edu.ec

REVISORES INTERNOS Y EXTERNOS

- PhD. Guillermo Rubén Terán Acosta- Universidad Central del Ecuador, grteran@uce.edu.ec
- MSc. Gallo Calero José Luis - Universidad Central del Ecuador, jlgallo@uce.edu.ec
- Mtro. Jonathan David López Lugo – Universidad Nacional Autónoma de México, jdlopez@pceim.unam.mx
- MSc. Paredes Illanes Christian Xavier - Universidad Central del Ecuador, cxparedesi@uce.edu.ec
- MSc. Diego Marcelo Tipan Rengifo - Universidad Central del Ecuador, dmtipanr@uce.edu.ec



Diagramación y Maquetación
Centro de Física
Universidad Central del Ecuador

Av. América - Ciudadela Universitaria CP: 170521, Quito - Ecuador.



INTRODUCCIÓN

¡Bienvenidos a la sexta edición de Praxis, la revista del Centro de Física concebida para fomentar el pensamiento crítico, la curiosidad científica y la innovación educativa!

Bajo la dirección del **PhD(c) Jaime Pazmiño** y con el respaldo de un equipo altamente calificado, reafirmamos en esta nueva entrega nuestro compromiso con la divulgación del conocimiento científico y pedagógico, a través de artículos que reflejan el dinamismo y la creatividad de nuestra comunidad académica.

En esta edición encontrarás una combinación de experiencias prácticas, reflexiones pedagógicas y avances científicos. Iniciamos con la presentación de actividades enfocadas en la socialización de proyectos experimentales innovadores, desarrolladas en el marco de la Feria de Física Experimental 2025: un espacio de encuentro entre estudiantes, docentes y experiencias prácticas que reafirman el valor del aprendizaje activo. En esa misma línea, se exploran metodologías de evaluación aplicadas en entornos experimentales, destacando su rol en la construcción del conocimiento.

Dentro del eje de innovación en el aprendizaje experimental, se incluye una guía práctica de laboratorio sobre el coeficiente de restitución, acompañada de un análisis histórico sobre los elementos que dieron origen a las leyes de Kepler, hoy fundamentales para comprender el movimiento planetario. Además, incorporamos recursos didácticos contemporáneos, como el análisis de video con software especializado, que potencia la observación científica mediante herramientas digitales.

Finalmente, esta edición mira hacia el futuro con un artículo sobre Majorana 1, el primer chip cuántico del mundo, que abre una fascinante puerta hacia la computación cuántica y sus posibles aplicaciones.

Desde Praxis, agradecemos profundamente a los autores y colaboradores que han hecho posible esta publicación. Les invitamos a explorar cada sección, compartir el conocimiento y continuar construyendo juntos una comunidad comprometida con la ciencia, la tecnología y la educación.

¡Que la curiosidad te guíe!

SECCIÓN 1
ACTUALIDAD

Feria de Física Experimental 2025 ¹

El 17 de marzo del presente año, en los patios del Centro de Física de la Universidad Central del Ecuador, se llevó a cabo la **Feria de Física Experimental 2025**, donde se exhibieron diversos proyectos desarrollados por analistas y técnicos de laboratorio en colaboración con estudiantes de prácticas preprofesionales de la institución. En este evento, dirigido a estudiantes de bachillerato y público en general, los asistentes pudieron explorar nuevos prototipos de equipos de laboratorio, aplicaciones de software interactivas y recursos educativos, todos diseñados para fortalecer el aprendizaje y mejorar la comprensión de los principios físicos.

El evento comenzó con un discurso de inauguración a cargo del director del Centro de Física, PhD(c) Jaime Pazmiño. En su intervención, destacó la importancia de la enseñanza de la física en el nivel de bachillerato, donde la falta de interés en la materia representa un desafío significativo. Además, resaltó que, junto con el avance tecnológico, una de las estrategias más efectivas para fomentar el aprendizaje de la física es el desarrollo de recursos didácticos interactivos y accesibles, los cuales permitirán una mayor comprensión por parte de los estudiantes.



¹ Autor: Ing. Sebastián Alejandro Guerrero Noboa

Organización de la feria

La feria estuvo organizada en tres ejes temáticos principales: **Innovación Académica, Tecnologías Educativas y Prototipos de Equipos de Laboratorio**. Los expositores se distribuyeron en los distintos espacios del Centro de Física, donde presentaron sus proyectos de manera clara al público asistente, resaltando en cada uno el esfuerzo y la dedicación invertidos en su desarrollo. Mediante esta iniciativa, se buscó enriquecer el conocimiento de los estudiantes y fomentar un acercamiento más dinámico y efectivo a la física experimental.

Innovación Académica

“El verdadero aprendizaje surge cuando los estudiantes se emocionan por descubrir y experimentar.” Así comenzó su exposición el equipo de desarrollo del Centro de Física, conformado por los técnicos de laboratorio MSc. Jorge Chimarro, MSc. Vanesa Chaluiza, MSc. Washington Lomas y MSc. Jonathan Sánchez, refiriéndose específicamente a la Educación 4.0. Ellos mencionaron que, actualmente, la educación está experimentando un cambio de paradigma, centrado en las innovaciones tecnológicas y en la preparación de los estudiantes para el futuro laboral.

Como parte de esta transformación educativa, el equipo presentó el proyecto **STEAM en la física experimental**, el cual busca desarrollar prototipos experimentales de enseñanza que permiten a los estudiantes construir su conocimiento mediante la interacción con el entorno y la aplicación práctica de los conceptos estudiados en clase. **STEAM** es un enfoque educativo que integra conocimientos y habilidades de las cinco disciplinas de su acrónimo: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemática.

Con esta iniciativa, el equipo de desarrollo busca despertar en los estudiantes de bachillerato el interés por la física, y, además, promover una educación orientada hacia la resolución de problemas reales mediante el uso de herramientas dinámicas e innovadoras.



Se reconoce que, como parte de la innovación educativa, los recursos didácticos desempeñan un papel fundamental en la enseñanza de la física y las ciencias en general. Por ello, en la feria se presentaron diversos materiales diseñados para fortalecer el aprendizaje de la física y mejorar la comprensión de sus conceptos. Un ejemplo destacado fue el proyecto presentado por el Ing. Sebastián Guerrero, quien propuso un enfoque innovador para la enseñanza de la física mediante un kit educativo centrado en la óptica geométrica. Este recurso incluye diversas plantillas diseñadas para facilitar la comprensión de conceptos fundamentales sobre alteraciones visuales como la miopía y el astigmatismo. A través de principios básicos de óptica geométrica, el kit ofrece una experiencia de aprendizaje accesible y dinámica.

Tecnologías Educativas

En la feria también participaron desarrolladores de software e innovaciones tecnológicas del Centro de Física, quienes presentaron diversos proyectos de vanguardia. Entre los más destacados estuvo la implementación de un prototipo de realidad virtual, liderado por el Ing. Everzon Domínguez. Este proyecto, mediante el **uso de gafas de realidad virtual**, busca incorporar distintos estilos de aprendizaje a través de la realidad mixta. Así, los estudiantes pueden interactuar simultáneamente con entornos virtuales y físicos, lo que les permite realizar prácticas experimentales de física de manera inmersiva y dinámica.

Asimismo, como parte de la exposición, el Ing. Luis Domínguez presentó el proyecto **BIOLAB**, una iniciativa que integra múltiples disciplinas científicas para crear un espacio virtual de prácticas en el ámbito biológico y médico. Este entorno digital ofrece simuladores interactivos diseñados para facilitar el aprendizaje de estudiantes de diversas carreras relacionadas con la vida, la salud y la biología, proporcionando una experiencia educativa más inmersiva e innovadora.



Prototipos de Equipos de Laboratorio

Como parte de la exposición, también se presentaron diversos prototipos con un gran potencial para la futura implementación de nuevas prácticas de Laboratorio en el Centro de Física.

Uno de los prototipos más relevantes fue el presentado por el MSc. Santiago Poma, denominado **Principio de Arquímedes**. Este prototipo permite determinar la densidad de distintos objetos, tanto de geometría regular como irregular, aplicando dicho principio.

Asimismo, la MSc. Elsa Arequipa expuso el prototipo **Plano de Galileo Galilei**, una propuesta relacionada con el estudio del movimiento de los cuerpos y permite demostrar el concepto de conservación de la energía mecánica a través de diferentes aplicaciones experimentales.

Por otro lado, el Lic. Jorge Guachamín presentó el proyecto denominado **Diseño de prototipos interactivos para la enseñanza del electromagnetismo**, el cual ofrece nuevas alternativas para estudiar la relación entre fenómenos magnéticos y eléctricos.

En esta misma área, la Lic. Claudia Tonato dio a conocer su **prototipo para determinar la permeabilidad del vacío en un campo magnético**, explicando de manera clara cómo la intensidad del campo magnético se genera a partir de una corriente eléctrica en el vacío.

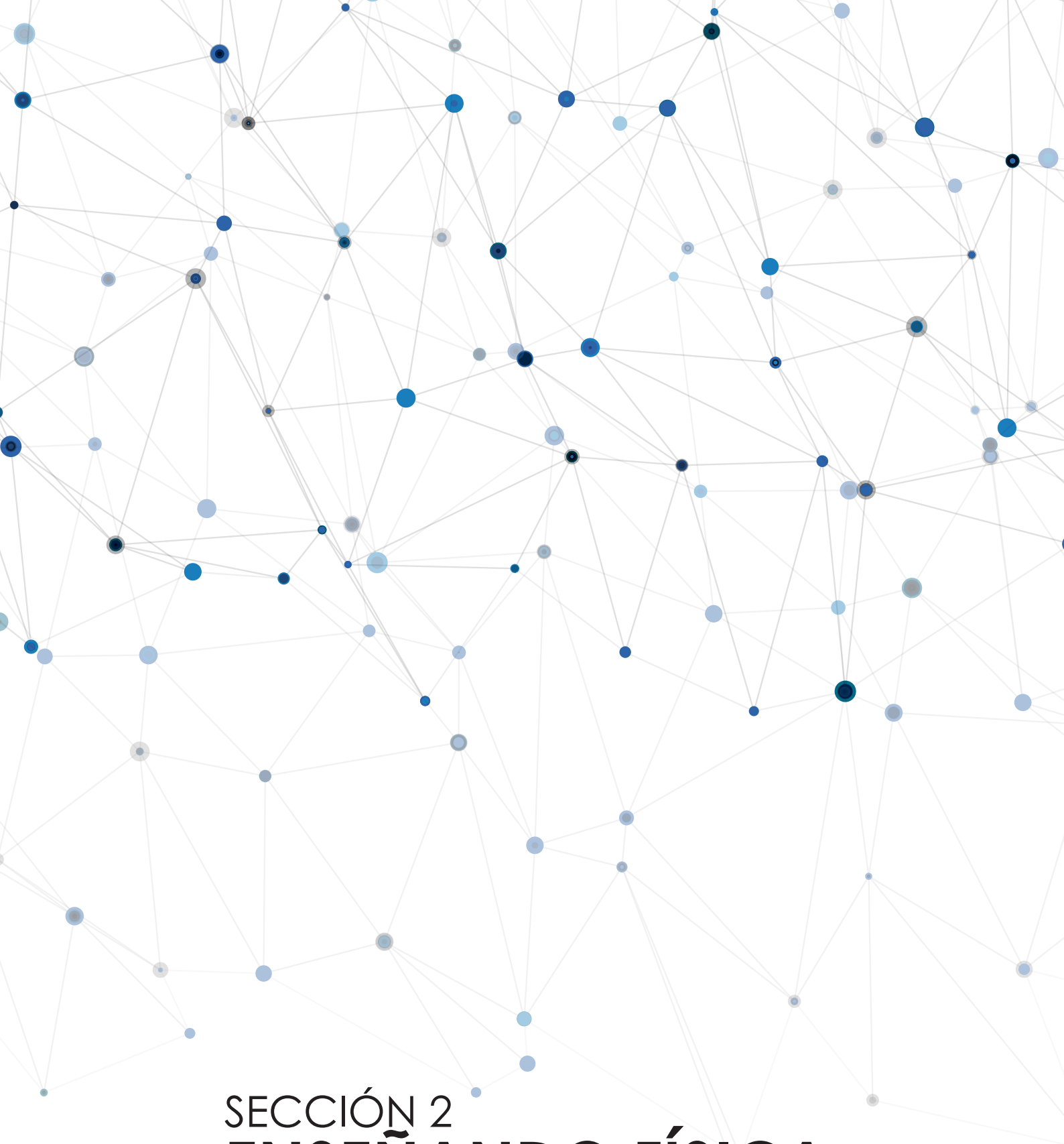
Finalmente, se expusieron prototipos sobre movimiento parabólico, diseñados por estudiantes de la Maestría en Pedagogía de las Ciencias Experimentales con mención en Física. Estos proyectos destacaron por la integración de la electrónica y el uso de Arduino como herramienta de programación para demostrar el comportamiento del movimiento parabólico, reforzando así

el aprendizaje práctico en esta área de la física.



Impacto y conclusión

Esta feria, organizada por el Centro de Física, tuvo como objetivo despertar el interés de los estudiantes de bachillerato por las ciencias, resaltando la importancia de la física experimental y la tecnología en la actualidad. A través de recursos innovadores, se buscó hacer el aprendizaje de la física más accesible y comprensible. La jornada concluyó enfatizando la importancia de diseñar, investigar y aplicar conceptos físicos en situaciones cotidianas. Asimismo, se destacó la necesidad de fortalecer el vínculo del Centro de Física con la sociedad, promoviendo un impacto significativo en la formación académica y profesional de los estudiantes.



SECCIÓN 2
ENSEÑANDO FÍSICA

LA EVALUACIÓN COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE FÍSICA ²

Resumen

La evaluación en las prácticas experimentales de física ha evolucionado desde un enfoque tradicional centrado en la evaluación de resultados, hacia una perspectiva educativa que fomenta el aprendizaje activo y el fortalecimiento de habilidades. Este artículo argumenta que, al usarse como instrumento de aprendizaje, la evaluación formativa puede transformar la experiencia en el laboratorio, fomentando habilidades prácticas, razonamiento crítico e independencia en los estudiantes. A partir de datos numéricos y cualitativos de investigaciones previas, se presentan recomendaciones prácticas para su aplicación efectiva en el laboratorio de física.

Introducción

Las prácticas experimentales en física son esenciales en la educación de los estudiantes en ciencias e ingeniería, pues facilitan la aplicación de conceptos teóricos en situaciones reales y el fortalecimiento de destrezas prácticas. No obstante, estas actividades no se restringen a la realización de experimentos, sino que también incluyen otros aspectos importantes, como la evaluación, que tiene un rol fundamental en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Históricamente, la evaluación en el laboratorio se ha enfocado en la valoración de reportes y la comprobación de resultados, lo que restringe su habilidad para promover un aprendizaje profundo y relevante (Hernández, 2012). Este artículo sostiene que, al ser diseñada e implementada como un instrumento de formación, la evaluación puede convertirse en un impulsor del aprendizaje que mejora la experiencia educativa en el laboratorio de física.

Enfoques Tradicionales y Alternativos de Evaluación

Los métodos convencionales de evaluación en laboratorios de física generalmente se enfocan en la precisión de los resultados logrados y en el uso adecuado de procedimientos normalizados. No obstante, investigaciones

actuales indican que estos enfoques podrían no ser suficientes para fomentar el razonamiento crítico y la habilidad de análisis de los estudiantes (Abrahams & Millar, 2008). En contraposición, técnicas complementarias, como la **evaluación formativa**, que se centra en proporcionar retroalimentación continua para guiar el aprendizaje, y la **autoevaluación** y **coevaluación**, que permiten a los estudiantes reflexionar sobre su propio trabajo y el de sus compañeros, han demostrado ser más efectivas para potenciar la comprensión conceptual y la habilidad para solucionar problemas (Black & Wiliam, 1998). Estos procedimientos posibilitan que los estudiantes reflexionen sobre su rendimiento y entiendan sus errores, promoviendo un aprendizaje más relevante.

Una investigación llevada a cabo por Ruiz-Primo y Furtak (2006) descubrió que la evaluación formativa en contextos experimentales mejora en un 20% la comprensión de conceptos físicos en contraste con los métodos convencionales. Adicionalmente, un estudio de Etkina y colaboradores (2006) evidenció que los estudiantes que se involucran en procesos de coevaluación potencian sus habilidades de argumentación científica y de comunicación. Por otro lado, una investigación cualitativa de Hernández (2012) mostró que los estudiantes aprecian la retroalimentación instantánea y la posibilidad de rectificar fallos durante la realización de los experimentos, lo cual favorece un aprendizaje más relevante.

Reconceptualización de la Evaluación como Herramienta de Aprendizaje

La reconceptualización de la evaluación como herramienta de aprendizaje se fundamenta en varios principios pedagógicos:

1. **Evaluación para el aprendizaje:** Según Black y Wiliam (2018), la evaluación formativa, que ofrece datos acerca del avance del estudiante y guía su futuro aprendizaje, es más eficaz que la evaluación meramente sumativa.
2. **Alineación constructiva:** Biggs y Tang (2011) sostienen que los procedimientos de evaluación deben estar en sintonía con los objetivos educativos y las tareas

de enseñanza, generando un sistema consistente que promueva el desarrollo de las habilidades requeridas.

- 3. Metacognición:** La evaluación puede promover la reflexión metacognitiva, permitiendo a los estudiantes tomar conciencia de sus procesos de pensamiento y desarrollar estrategias para mejorar su aprendizaje (Schraw et al., 2006).

Estrategias Evaluativas Efectivas

- 1. Evaluación Formativa Continua:** Durante las prácticas de laboratorio, la aplicación de evaluaciones formativas facilita la identificación de problemas conceptuales o procedimentales mientras los estudiantes se encuentran inmersos en el proceso experimental. Holmes y Wieman (2018) reportaron que los laboratorios de física que incluían evaluaciones formativas breves en las sesiones experimentales demostraban un incremento del 42% en el entendimiento conceptual de los estudiantes en comparación con aquellos que solamente empleaban evaluación sumativa.
- 2. Rúbricas Detalladas y Transparentes:** Las rúbricas precisas que especifican los criterios de evaluación y los grados de rendimiento previstos no solo promueven una puntuación más imparcial, sino que también guían el proceso de aprendizaje del estudiante al aclarar sus expectativas y metas. Un estudio de Doucet et al. (2012) demostró que los estudiantes que recibían rúbricas detalladas antes de realizar sus prácticas de laboratorio de física mostraban una mejora del 28% en la calidad de sus inferencias científicas.
- 3. Coevaluación y Autoevaluación:** Incluir la evaluación mutua y la autoevaluación promueve el crecimiento de las capacidades metacognitivas y estimula un entendimiento más detallado de los estándares de calidad en el trabajo experimental. Zwickl et al. (2015) reportaron que los estudiantes que participaban en actividades estructuradas de evaluación entre pares en laboratorios de física avanzada mostraban una mejora significativa en su capacidad para diseñar experimentos (incremento del 31%) y analizar críticamente datos experimentales (incremento del 27%).

4. Evaluación basada en Portafolios Experimentales:

Los portafolios experimentales brindan a los estudiantes la oportunidad de registrar su avance a lo largo del tiempo, meditar sobre su aprendizaje y evidenciar el avance de competencias experimentales en diversos escenarios. Una investigación longitudinal llevada a cabo por Etkina et al. (2020) reveló que los estudiantes que elaboraban portafolios experimentales durante un semestre completo mostraban un entendimiento conceptual un 34% más profundo y habilidades de diseño experimental un 45% más avanzadas que aquellos evaluados solo a través de reportes de laboratorio convencionales.

Recomendaciones Prácticas

- 1. Capacitación docente:** Es fundamental capacitar a los profesores en técnicas de evaluación formativa y en el uso de rúbricas para garantizar una implementación efectiva.
- 2. Retroalimentación continua:** Proporcionar retroalimentación inmediata durante la ejecución de los experimentos puede mejorar significativamente el aprendizaje.
- 3. Autoevaluación y coevaluación:** Fomentar la participación activa de los estudiantes en su propia evaluación promueve la reflexión crítica y la responsabilidad.
- 4. Uso de tecnología:** Herramientas digitales, como plataformas de evaluación en línea, pueden facilitar la implementación de la evaluación formativa en grupos numerosos.

Conclusión

La evaluación de las prácticas experimentales de física puede convertirse en un recurso potente para el aprendizaje cuando se implementa de manera formativa. Pese a los desafíos, su habilidad para promover destrezas prácticas, razonamiento crítico e independencia en los estudiantes respalda su adopción. La formación apropiada, la utilización de rúbricas comprensibles y la incorporación de tecnología, pueden potenciar de manera significativa la experiencia educativa en el laboratorio de física.

Referencias

- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7-74.
- Black, P., & Wiliam, D. (2018). Classroom assessment and pedagogy. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 551-575.
- Brookhart, S. M. (2013). How to Create and Use Rubrics for Formative Assessment and Grading. ASCD.
- Doucet, M., Vrans, A., & Harvey, D. (2012). Effect of using an audience response system on learning environment, motivation and long-term retention, during case-discussions in a large group of undergraduate veterinary clinical pharmacology students. *Medical Teacher*, 34(9), e459-e466.
- Etkina, E., Karelina, A., & Ruibal-Villasenor, M. (2010). Design and reflection help students develop scientific abilities: Learning in introductory physics laboratories. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 54-98.
- Etkina, E., Planinsic, G., & Van Heuvelen, A. (2020). *College Physics: Explore and Apply* (2nd ed.). Pearson.
- Hernández, R. (2012). Evaluación del aprendizaje en ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58(1), 1-12.
- Holmes, N. G., & Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today*, 71(1), 38-45.
- Ruiz-Primo, M. A., & Furtak, E. M. (2006). Informal formative assessment and scientific inquiry: Exploring teachers' practices and student learning. *Educational Assessment*, 11(3-4), 205-235.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111-139.
- Zwickl, B. M., Hirokawa, T., Finkelstein, N., & Lewandowski, H. J. (2015). Epistemology and expectations survey about experimental physics: Development and initial results. *Physical Review Physics Education Research*, 11(1), 010120.



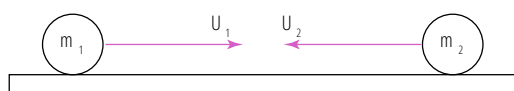


SECCIÓN 3
**LABORATORIO EN
ACCIÓN**

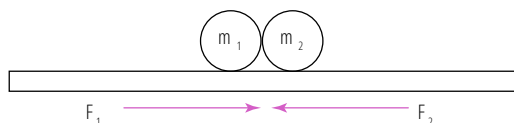
INNOVACIÓN DEL APRENDIZAJE EXPERIMENTAL: EL COEFICIENTE DE RESTITUCIÓN ³

¿Te has preguntado por qué algunos materiales rebotan más que otros tras una colisión? ¿O por qué una pelota de tenis rebota más que una de fútbol en ciertas superficies? Esto se debe a una propiedad fundamental de los materiales, conocida como coeficiente de restitución (e), que describe qué tan eficientes son las colisiones entre dos cuerpos. Dicho de forma sencilla, este coeficiente nos indica qué parte de la energía del movimiento se conserva después del impacto y cuánta se pierde en forma de calor, sonido o deformación.

Antes del choque:



En el momento del choque:



Después del choque:



Figura 1. Dos cuerpos antes y después de una colisión

Para calcular el coeficiente de restitución, se compara la velocidad relativa entre los cuerpos después del choque con la que tenían antes de colisionar. En otras palabras, se obtiene dividiendo la velocidad relativa final entre la velocidad relativa inicial.

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2}$$

Los valores de e varían entre 0 y 1, donde 1 indica una colisión perfectamente elástica, en la que los cuerpos se separan después del impacto, y 0 indica una colisión perfectamente inelástica, en la que los

cuerpos se fusionan (Young & Freedman, 2013).

La importancia del coeficiente de restitución radica en su aplicación en diversas áreas, desde el diseño de amortiguadores en vehículos hasta la ingeniería estructural para evaluar la resistencia de construcciones ante golpes o sismos. Comprender este coeficiente no solo ayuda a predecir la respuesta de los cuerpos ante un choque, sino que también permite optimizar su rendimiento en diferentes contextos científicos y tecnológicos.

En este contexto, la presente guía práctica de laboratorio permite determinar experimentalmente el coeficiente de restitución entre distintos materiales, como acero, bronce, madera, caucho, vidrio y plomo. Al dejar caer cada material desde una altura inicial y medir la altura de rebote, es posible caracterizar los tipos de colisión entre cuerpos, clasificándolos como elásticos o inelásticos.

Referencias:

- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2013). Física universitaria (13ª ed., Vol. 1). Pearson.

³ Autor:

• MSc. Jorge Poma Taris

TEMA: COEFICIENTE DE RESTITUCIÓN

OBJETIVOS

1. Comprender el concepto de coeficiente de restitución y su importancia en la caracterización de colisiones entre cuerpos.
2. Determinar experimentalmente el coeficiente de restitución en diferentes materiales y determinar el tipo de colisiones según las condiciones de impacto.
3. Determinar que tanto los cuerpos conservan su energía cinética después de la colisión entre dos cuerpos

EQUIPO DE EXPERIMENTACIÓN

1. Soporte de madera.
2. Base de impacto de acero.
3. Tubo cilíndrico.
4. Escala métrica A $\pm$ ____().
5. Balanza A $\pm$ ____().
6. Seis esferas de diferente material



Figura 1. Coeficiente de restitución

FUNDAMENTO CONCEPTUAL

- Coeficiente de restitución: concepto y valores.
- Tipos de colisiones: elásticos, inelásticos y totalmente inelásticos.
- Transformación de energía cinética en una colisión.

PROCEDIMIENTO

1. Armar el equipo siguiendo el esquema proporcionado.
2. Pesas las esferas de distintos materiales (acero, bronce, madera, caucho, vidrio y plomo) y registrar los valores en la Tabla 1.
3. Suspender una esfera asegurándose de que no toque las paredes del tubo cilíndrico.
4. Soltar la esfera desde una altura inicial $h_0=0.55$ m, medir la altura del primer, segundo y tercer rebote (h_1 , h_2 y h_3 , respectivamente) y registrar los valores en la Tabla 1. Realizar tres repeticiones con la misma esfera.
5. Repetir los pasos 3 y 4 para cada una de las esferas de diferente material.

REGISTRO DE DATOS

Tabla 1: Coeficiente de restitución				Altura inicial h_0 : ____ ()			
Material	Masa de la esfera (kg)	Alturas de Rebote		N° de experiencia			Altura promedio de rebote h_p (m)
				1	2	3	
				(m)	(m)	(m)	
Acero-Acero		1 ^{er} rebote	h_1				
		2 ^{do} rebote	h_2				
		3 ^{er} rebote	h_3				
Acero-bronce		1 ^{er} rebote	h_1				
		2 ^{do} rebote	h_2				
		3 ^{er} rebote	h_3				
Acero-Madera		1 ^{er} rebote	h_1				
		2 ^{do} rebote	h_2				
		3 ^{er} rebote	h_3				
Acero-Caucho		1 ^{er} rebote	h_1				
		2 ^{do} rebote	h_2				
		3 ^{er} rebote	h_3				
Acero-Vidrio		1 ^{er} rebote	h_1				
		2 ^{do} rebote	h_2				
		3 ^{er} rebote	h_3				
Acero-Plomo		1 ^{er} rebote	h_1				
		2 ^{do} rebote	h_2				
		3 ^{er} rebote	h_3				

PREGUNTAS PARA EL ANÁLISIS

1. Describa la importancia de caracterizar las colisiones entre cuerpos y su impacto en el análisis físico del movimiento.
2. ¿Cuáles son los tipos de colisión de acuerdo a lo observado en la experimentación?
3. Calcular el coeficiente de restitución para el primer, segundo y tercer rebote (h_1 , h_2 y h_3) de los materiales de la Tabla 1.
4. Calcule el error porcentual comparando el coeficiente de restitución teórico con el valor obtenido experimentalmente.
5. Para la colisión acero-acero, calcule la energía cinética disipada en cada rebote con los valores de la Tabla 1. Analice los resultados obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2013). Física universitaria (13ª ed., Vol. 1). Pearson.



SECCIÓN 4

LA FÍSICA A TRAVÉS DEL TIEMPO

DE LOS CÍRCULOS PERFECTOS A LAS ELIPSES: LAS TRES LEYES DE KEPLER⁴



Johannes Kepler (1571-1630)

Desde la antigüedad, la humanidad ha observado el cielo nocturno con asombro y curiosidad, tratando de descifrar el movimiento de los astros. En esta exploración del cosmos, tres leyes han sido clave para entender su funcionamiento: **las leyes de Kepler**.

En el siglo XVII, la astronomía estaba dominada por la idea heliocéntrica de Copérnico, que sostenía que los planetas giraban alrededor del Sol. Además, se creía que lo hacían en círculos perfectos, pues estos eran considerados la forma más pura y armoniosa dentro de la tradición filosófica y religiosa de la época. Esta teoría, aunque elegante, no coincidía del todo con las observaciones. Este conflicto fue el punto de partida para el desarrollo de las teorías planetarias de Johannes Kepler.

Johannes Kepler (1571-1630) fue un astrónomo y matemático cuyo pensamiento combinaba ciencia y religión. Consideraba que las matemáticas eran la clave para descifrar el orden divino del universo y veía la astronomía como un medio para comprender la obra de Dios. Sus convicciones lo llevaron a una dedicación inquebrantable, al estudio del cosmos, creyendo firmemente que las leyes que gobernaban el movimiento de los astros eran una manifestación de la voluntad divina. A pesar de su genialidad, su vida estuvo llena de dificultades, desde la pobreza y problemas familiares hasta las persecuciones religiosas, entre ellas la acusación de brujería contra su madre, lo que le generó muchos problemas personales y profesionales.

La oportunidad de Kepler llegó cuando comenzó a trabajar con Tycho Brahe, un astrónomo que en la época poseía la mejor colección de datos sobre el movimiento de los planetas. Aunque Kepler fue su ayudante, la relación entre ambos fue complicada y tensa. Kepler admiraba a Brahe por su meticuloso trabajo observacional, pero Brahe veía a su joven colega con desconfianza y recelo. Temiendo ser opacado, Brahe solo le permitió a Kepler acceder a los datos de un solo planeta, Marte (Gargantilla, 2018). Kepler, por su parte, necesitaba desesperadamente esos datos para desarrollar sus teorías, lo que hizo que su colaboración estuviera marcada por la frustración.

No fue hasta la muerte de Brahe en 1601 que Kepler pudo estudiar el resto de sus registros, los cuales contenían mediciones detalladas sobre la ubicación y el movimiento de los planetas en distintos momentos, datos que sin duda marcarían un antes y un después en la astronomía (Sabadell, 2023).

Descubrimiento de las Leyes Planetarias

Tras cinco años de análisis meticuloso, en 1609, Kepler determinó que la teoría vigente de las órbitas circulares, propuesta por Copérnico, no coincidía con los datos observacionales de Brahe. Luego de innumerables intentos por ajustar los datos a la concepción tradicional, llegó a una conclusión revolucionaria: los planetas no se mueven en círculos, sino en elipses (Doddoli, 2021), creando así la **primera Ley de Kepler**, que transformó por completo la visión del cosmos en ese momento.

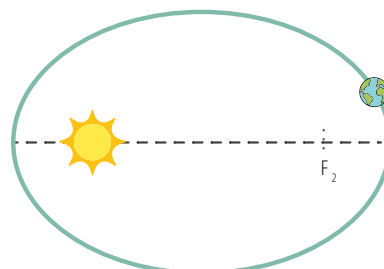
Esta idea desafiaba siglos de pensamiento filosófico y religioso, pero los datos eran irrefutables. Como resultado, Kepler tuvo que enfrentarse a la comunidad científica de la época, que se negaba a aceptar que el universo no se ajustaba a la perfección geométrica que se había creído durante siglos. A pesar de las dificultades y la oposición, Kepler no se rindió y, en ese mismo año, llegó a otra conclusión extraordinaria: descubrió que cuando los planetas están más cerca del Sol, se mueven más rápido, y cuando están más lejos, más lento. Así nació la **segunda Ley de Kepler**, que establece que un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales (Ruidiaz, 2022). Con esta ley, Kepler demostró que el movimiento de los planetas no era uniforme, como se había creído hasta entonces, sino que variaba según su distancia al Sol. Esta revelación fue fundamental para el posterior desarrollo de la mecánica celeste y permitió entender con mayor precisión la dinámica del sistema solar.

Tuvieron que pasar 10 años de observación y exhaustivos análisis de los movimientos planetarios para que, en 1619, Kepler llegara a su **tercera ley**. La tercera ley de Kepler establece que la relación entre el tiempo que tarda un planeta en dar la vuelta al Sol y su distancia al mismo no es aleatoria, sino que sigue una fórmula matemática precisa (Doddoli, 2021). Este avance no

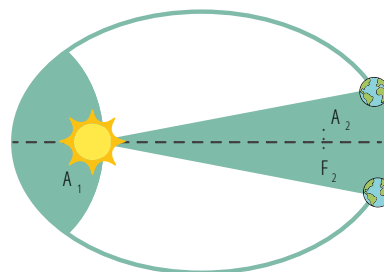
solo profundizó nuestra comprensión del cosmos, sino que también reforzó la visión de Kepler sobre el orden y la armonía universal.

LEYES DE KEPLER

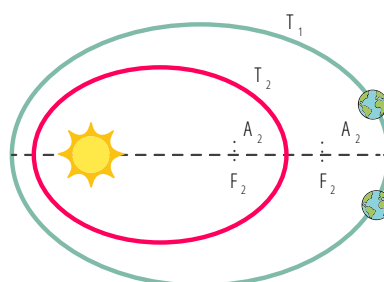
Primera Ley



Segunda Ley



Tercera Ley



Tres leyes de Kepler. Fuente: (Waikato, 2013)

Para Kepler, las leyes que descubría no solo revelaban principios científicos, sino que eran una manifestación del orden divino, convencido de que Dios había diseñado el cosmos con una estructura matemática precisa. Para él, el estudio de la naturaleza no solo tenía un fin científico, sino que también representaba la huella de un creador. "Las matemáticas constituyen el orden de la naturaleza, porque desde el principio de los tiempos Dios las porta en sí mismo, en la abstracción más simple y divina", afirmaba. Creía, además, que solo aquellos con un don especial para las matemáticas podían desentrañar estos

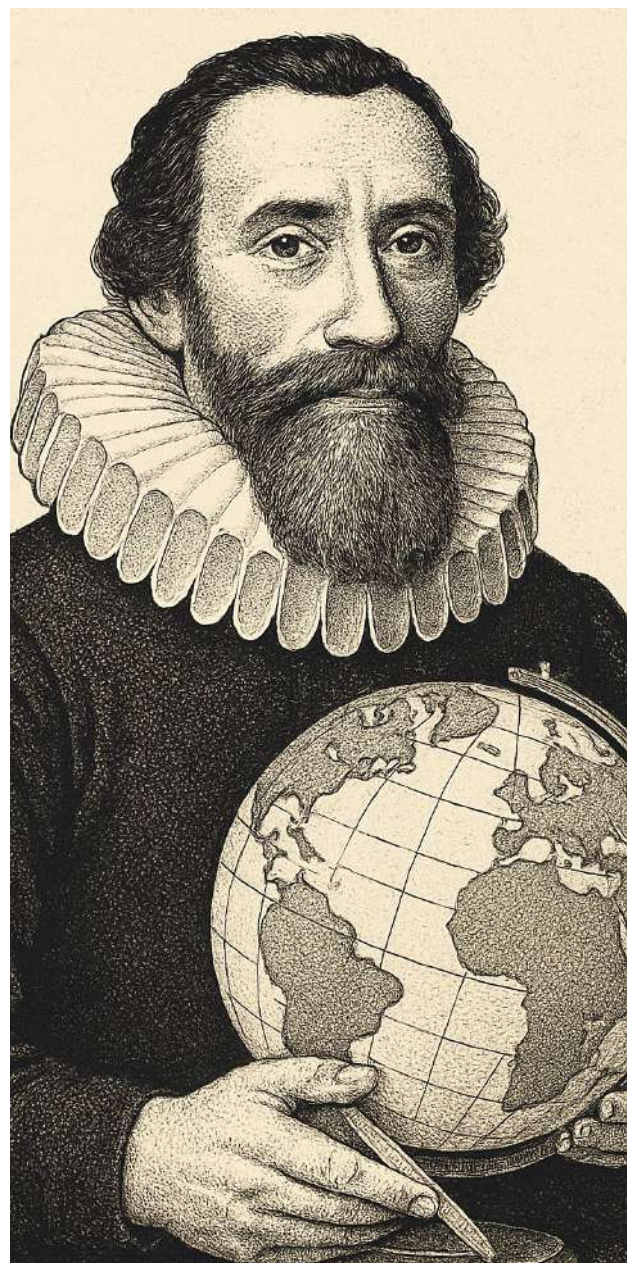
secretos celestiales. Aunque su enfoque, que combinaba ciencia y teología, fue cuestionado por científicos de la época, como Galileo, Kepler mantuvo su convicción de que comprender el movimiento de los astros era, en esencia, una forma de acercarse al pensamiento divino (Rojas Bernilla, 2024).

Las tres leyes de Kepler cimentaron una base fundamental para el desarrollo de teorías clave posteriores, como la teoría de la gravedad de Isaac Newton. Sin Kepler, la física y la astronomía tal como las conocemos hoy en día no existirían. Su trabajo no solo explicó el movimiento de los planetas, sino que también abrió la puerta para la comprensión de las leyes fundamentales que rigen el universo (Pérez Verde, 2024).

Finalmente, Kepler falleció en 1630, convencido de haber descifrado una parte del plan divino del universo. A pesar del escepticismo que enfrentó en vida, su legado es indiscutible. Su trabajo marcó la transición entre la antigua astronomía basada en especulaciones filosóficas y la nueva ciencia basada en datos y modelos matemáticos precisos. Así que la próxima vez que mires el cielo y veas un planeta brillando en la distancia, recuerda que hubo un hombre que descubrió los secretos de su movimiento.

Referencias

- Doddoli, C. (04 de NOVIEMBRE de 2021). Ciencia UNAM. Obtenido de <https://ciencia.unam.mx/leer/1184/johannes-kepler-y-las-leyes-del-movimiento-planetario>
- Gargantilla, P. (10 de abril de 2018). ABC Ciencia. Obtenido de <https://www.muyinteresante.com/ciencia/59303.html>
- Pérez Verde, A. (24 de abril de 2024). MuyInteresante. Obtenido de <https://www.muyinteresante.com/ciencia/64548.html>
- Rojas Bernilla, E. (25 de mayo de 2024). Buzos de la noticia. Obtenido de <https://buzos.com.mx/noticia/kepler-y-su-fe-ciega-en-dios>
- Ruidiaz, A. (2022). Leyes de Kepler. Obtenido de Planetario de la Ciudad de Buenos Aires, Galileo Galilei: <https://planetario.buenosaires.gov.ar/sites/default/files/2022-05/En%20movimiento-leyes%20de%20Kepler.pdf>
- Sabadell, M. Á. (1 de enero de 2023). MuyInteresante. Obtenido de <https://www.muyinteresante.com/ciencia/59303.html>
- Waikato, U. (2013). Kepler's Laws.





SECCIÓN 5

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Implementación del análisis de video con Pasco Capstone como recurso para la enseñanza del movimiento parabólico en Física experimental

Elizabeth Chaluiza⁵
evchaluiza@uce.edu.ec

Jorge Chimarro⁶
jochimarro@uce.edu.ec

Washington Lomas⁷
wplomas@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador
Quito-Ecuador

RESUMEN

El presente artículo expone una propuesta didáctica para la enseñanza del movimiento parabólico en Física experimental, utilizando el software Pasco Capstone como herramienta de análisis de video. Esta propuesta se enmarca en la integración de las TIC en la educación científica, favoreciendo una metodología activa, participativa y centrada en el estudiante. La secuencia didáctica diseñada se aplicó a estudiantes de primeros niveles de la Universidad Central del Ecuador, quienes registraron el movimiento de un objeto lanzado por una catapulta y analizaron su trayectoria con el software, generando gráficos y ecuaciones ajustadas a modelos teóricos. La implementación del análisis de video permitió una mayor precisión en los datos, facilitó la comprensión de conceptos físicos y fomentó el desarrollo del pensamiento crítico. La comparación con la metodología tradicional evidenció ventajas significativas en términos de participación estudiantil, precisión experimental y reflexión teórica-práctica. Se concluye que el uso de Pasco Capstone potencia el aprendizaje significativo y constituye una alternativa innovadora y efectiva en la enseñanza de la cinemática.

PALABRAS CLAVE: Movimiento parabólico, Análisis de video, Pasco Capstone, Enseñanza de la física, TIC en educación

Introducción

La enseñanza mediada por las TIC no solo requiere el conocimiento del contenido disciplinar asociado a la didáctica (Bolívar, 2005), sino también la integración del conocimiento tecnológico (Bouciguez & Santos, 2010). En este sentido, Enrique y Yanitelli (2019) señalan que los objetivos del uso de las TIC han evolucionado “de una visión clásica, donde su uso está basado en aspectos simplemente instrumentales” (p. 287), hacia una perspectiva más amplia, en la que las TIC se consideran herramientas para el desarrollo de habilidades cognitivas, la construcción del conocimiento (Sabando, & Garófalo, 2025).

Actualmente, se habla de educación disruptiva, un enfoque innovador de enseñanza, que introduce a los actores principales de la enseñanza, estudiante y docente, en dos ámbitos importantes: el uso de las nuevas tecnologías y la creación de estrategias pedagógicas (Arias et al., 2019). Por tanto, es fundamental replantearse la forma de enseñar y transformar los enfoques tradicionales mediante la integración de herramientas tecnológicas que faciliten el cumplimiento de los objetivos educativos previstos en el programa de formación.

Sin embargo, su impacto no depende únicamente de su incorporación, sino de cómo el docente diseñe y aplique estrategias didácticas que potencien su uso en el aula (Miranda et al., 2010). Los docentes deben fomentar la creatividad, la colaboración y el trabajo en equipo, integrando la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto permite a los estudiantes desarrollar habilidades digitales a través de proyectos innovadores y colaborativos, potenciando así su formación académica y profesional (Navarrete et al., 2015).

Desde esta perspectiva, el presente trabajo propone generar un recurso didáctico para la enseñanza de la física experimental de los primeros niveles, utilizando el software de video análisis Pasco Capstone. Este software, empleado como herramienta en diversas investigaciones, es un programa computacional que permite rastrear la trayectoria de un objeto en movimiento a partir de un archivo de video digital, facilitando la construcción de gráficas de posición-tiempo. Tomando como caso de estudio el movimiento parabólico, este artículo busca visibilizar los múltiples beneficios del uso de esta herramienta tecnológica en la actividad experimental. Con ello, se pretende fomentar la participación activa del estudiante y despertar su interés investigativo al relacionar la ciencia y la tecnología.

Metodología

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo con elementos cuantitativos, de carácter descriptivo-exploratorio, orientado al diseño y validación de una secuencia didáctica que incorpora el uso de tecnologías digitales para el análisis de movimiento de los cuerpos.

El recurso fue aplicado en un grupo de estudiantes de primeros años de la Universidad Central del Ecuador, que reciben la asignatura de Física. Se conformaron equipos de trabajo colaborativo de cuatro a cinco estudiantes por grupo, con el fin de favorecer el aprendizaje entre pares y el desarrollo de competencias transversales.

El proceso completo se estructuró en seis fases secuenciales, orientadas a guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje:

1. Definición de objetivos
2. Registro del Fenómeno Físico
3. Procesamiento del video mediante el software Pasco Capstone
4. Planteamiento de preguntas orientadoras
5. Análisis de resultados
6. Reporte del trabajo experimental

Definir los objetivos

Como primer paso, el docente debe definir los objetivos de experimentación, los cuales deben ser claros, medibles y alcanzables.

Registro del Fenómeno Físico

Durante la actividad experimental, los estudiantes deben grabar un video del movimiento del objeto de estudio, utilizando un teléfono móvil, una cámara digital o una computadora.

Procesamiento del video mediante software Capstone

Pasco Capstone permite cargar el video grabado y, a través de una interfaz amigable e intuitiva rastrea el movimiento del objeto fotograma a fotograma. Los pasos a seguir para procesar el video son:

1. Definir el eje de coordenadas.
2. Ajustar la barra de calibración según los objetos de referencia en el video.
3. Seleccionar los fotogramas adecuados.
4. Definir el objeto de estudio.
5. Rastrear el movimiento y generar los datos.
6. Exportar los resultados.

Análisis de los resultados

Una vez obtenidos los resultados del procesamiento del video, se procede al análisis. Con las herramientas de Pasco Capstone, es posible generar gráficos de trayectoria y otros parámetros asociados al movimiento estudiado. Luego, el estudiante puede validar estos datos mediante ecuaciones teóricas, contrastando los resultados experimentales con las predicciones matemáticas. Este proceso fomenta el desarrollo del pensamiento crítico al analizar y evaluar la coherencia entre teoría y experimentación. Reporte del trabajo experimental

Como parte de la evaluación formativa, se solicita al estudiante que, después de la experimentación, elabore un reporte del experimento. Este informe puede incluir preguntas de análisis que le permitan reflexionar sobre lo aprendido y desarrollar un acercamiento al conocimiento científico.

Aplicación práctica: Estudio del Movimiento Parabólico

Este caso práctico fue desarrollado con estudiantes del Centro de Física de la Universidad Central del Ecuador, con el objetivo de analizar el movimiento parabólico de un objeto de prueba. En la Figura 1 se muestran los equipos utilizados en esta experimentación. Se incluye una catapulta, utilizada para impulsar el objeto y dar inicio al movimiento, y una mesa de impacto, donde el objeto aterriza al final de su trayectoria.



Figura 1. Equipo de experimentación utilizado para analizar el movimiento parabólico. Consta de una catapulta (izquierda), que permite configurar el ángulo de disparo, y una mesa de impacto (derecha).

Una vez preparado el equipo, se realizaron varios lanzamientos del cuerpo de prueba mientras los estudiantes grababan su movimiento en video usando su celular.

Posteriormente, a través de las herramientas que proporciona el software Pasco Capstone, cuya interfaz se muestra en la Figura 2, se procedió a realizar el procesamiento del video.

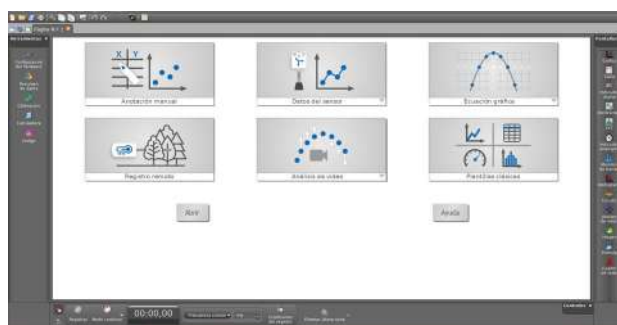


Figura 2. Interfaz del software Pasco Capstone

Usando 24 fotogramas correspondientes a la trayectoria del objeto, el software trazó la trayectoria completa del movimiento, desde el inicio hasta el final del desplazamiento, tal como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Trayectoria experimental del movimiento parabólico de un cuerpo de prueba obtenido mediante el software Pasco Capstone.

En la Tabla 1 se presentan los datos de posición y tiempo de cada fotograma que generó el software automáticamente.

Posición - X (m)	Posición - y (m)	Tiempo - t (s)
0.28	0,49	5,907
0.30	0,62	5,941
0.32	0,62	5,975
0.46	0,84	6,009
0.54	0,93	6,042
0.60	1,01	6,076
0.67	1,08	6,110
0.74	1,27	6,279
0.81	1,19	6,177
0.88	1,23	6,211
0.95	1,26	6,245
1.02	1,29	6,312
1.09	1,28	6,346
1.16	1,28	6,380
1.23	1,24	6,447
1.31	1,16	6,481
1.38	1,20	6,515
1.46	1,16	6,549
1.53	1,09	6,582
1.61	1,02	6,616
1.69	0,92	6,684
1.76	0,81	6,723
1.85	0,69	6,756
1.93	0,56	6,805

Tabla 1. Coordenadas de la trayectoria del cuerpo en el tiempo obtenidas con el software Pasco Capstone

Planteamiento de preguntas orientadoras

Luego de la experimentación, los estudiantes realizaron interesantes cuestionamientos que arrojaron preguntas clave como:

- ¿Cómo se relacionan las variables espacio y tiempo?
- ¿Cuál es la forma de la trayectoria?
- ¿Cómo se puede obtener la aceleración a partir de los datos?

Análisis de resultados

A partir de los valores de la Tabla 1, el software genera la representación gráfica de la altura alcanzada por el cuerpo de prueba en función del tiempo, $y=f(t)$, lo que permite analizar las características del movimiento. Este resultado, mostrado en la Figura 4, tiene el aspecto de una parábola.

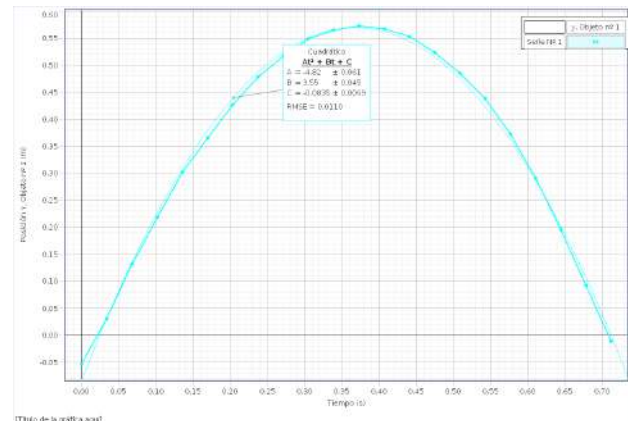


Figura 4. Gráfico de altura en función del tiempo, y ecuaciones que genera el Pasco Capstone automáticamente.

El software ajustó los datos a la mejor línea de tendencia, generando la siguiente ecuación:

$$y(t) = -4,82t^2 + 3,55t - 0,0835$$

Al comparar la expresión anterior con la ecuación teórica del movimiento vertical en un campo gravitacional:

Se identifican las siguientes magnitudes:

$$a_y = -9,64 \frac{m}{s^2}$$

$$v_{oy} = 3,55 \frac{m}{s}$$

$$y_o = -0,0835 m$$

Con esta información, fue posible determinar la velocidad del cuerpo de prueba en cualquier instante de tiempo, $v_y(t)$, así como la aceleración vertical, $a_y(t)$.

$$v_y(t) = \frac{dy}{dt} = 3,55 - 9,64t \frac{m}{s}$$

$$a_y(t) = \frac{dv_y}{dt} = -9,64 \frac{m}{s^2}$$

A continuación, Pasco Capstone permitió obtener la gráfica $v_y = f(t)$, con los valores obtenidos de los fotogramas del video.

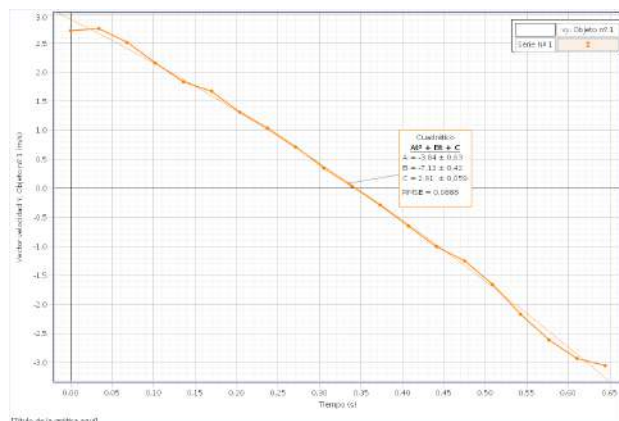


Figura 5. Velocidad en “y” en función del tiempo.

En la Figura 5 se muestran los valores experimentales y el ajuste lineal de la velocidad vertical del cuerpo en función del tiempo $v_y = f(t)$. En la gráfica se distinguen dos regiones. La primera, ubicada por encima del eje horizontal, muestra que la velocidad del cuerpo de prueba comienza en 3 m/s y disminuye hasta cero, lo que indica que ha alcanzado su altura máxima. La segunda, por debajo del eje horizontal, representa el descenso, donde la velocidad del cuerpo aumenta hasta alcanzar -3 m/s . El signo negativo indica un cambio en la dirección del movimiento. Asimismo, se determina que el tiempo de vuelo es aproximadamente 1.3 s .

Como es de esperarse, la pendiente de la recta en la Figura 5, con un valor de $-9,59 \text{ m/s}^2$, representa la aceleración de la gravedad experimentada por el cuerpo de prueba. Al comparar este valor con el valor teórico de referencia de $9,81 \text{ m/s}^2$, se obtiene un error relativo porcentual de $1,73\%$

$$\%e = \frac{(9,81 - 9,64)}{9,81} \times 100 = 1,73\%$$

Finalmente, al igual que en el movimiento vertical, el software permite analizar el movimiento en la dirección horizontal (eje x). En este caso, se determinó que el movimiento corresponde a un movimiento rectilíneo uniforme.

Reporte del trabajo experimental

Una forma de evidenciar la participación y el entendimiento del conocimiento por parte del estudiante es a través de la presentación de un informe de laboratorio, ya sea de forma individual o grupal. En este informe, los estudiantes tienen la oportunidad de realizar un análisis más profundo de los valores obtenidos.

Adicionalmente, los estudiantes fueron requeridos a contrastar su experiencia de aprendizaje usando

el software Pasco Capstone con el aprendizaje siguiendo la metodología tradicional de enseñanza del Centro de Física, que consiste en seguir una guía de laboratorio. Esto resultó en un aprendizaje más dinámico e interesante para los estudiantes, permitiendo una mayor interacción y reflexión sobre los resultados obtenidos en tiempo real.

Comparativa

La Tabla 2 presenta un análisis comparativo de criterios clave respecto a la experiencia de los estudiantes con el software Pasco Capstone y a la forma tradicional en el estudio del movimiento parabólico de un cuerpo de prueba. Se destacan aspectos como la precisión de los datos, la participación y competencia desarrolladas en el estudiante, las limitaciones de cada método, proporcionando una visión clara de cómo cada enfoque influye en el aprendizaje y la enseñanza de los conceptos científicos.

Criterio	Experimentación con software (análisis de video)	Experimentación tradicional (medición de alcance y ángulo de lanzamiento)
Tiempo de vuelo	Cálculos mediante (fotogramas)	No disponible
posición (x, y)	Detallada en cada instante, generando tablas y gráficos	Solo se registra el alcance horizontal final
Obtención de velocidad inicial	Por ajuste de gráficos	Calculada indirectamente a partir del alcance y el ángulo
Cálculo de aceleración	Directo desde el gráfico de velocidad o a partir de las gráficas generadas.	No se mide directamente
Visualización de la trayectoria	Gráfica exportable, permite ajustes de modelos	Solo observación cualitativa de la curva descrita
Precisión de datos	Depende de resolución del video y calibración	Sujeta a errores de observación y medidas indirectas
Interpretación matemática	Ecuaciones cuadráticas ajustadas automáticamente	Se requiere mayor deducción teórica del estudiante
Participación del estudiante	Activa y exploratoria, con retroalimentación inmediata	Limitada a tomar datos según guía; menor retroalimentación inmediata
Construcción de modelos	Posibilidad de comparar con ecuación teórica punto por punto	Solo verificación general a partir de fórmulas de alcance y tiempo teórico
Análisis de error	Cuantificable (porcentaje de error, desviaciones)	Difuso, muchas veces no se calcula

Formulación de preguntas	Favorecida por el dinamismo e interacción con el software	Limitada por el procedimiento repetitivo y centrado en la recolección de datos
Competencias desarrolladas	Análisis de datos, modelación, pensamiento crítico, alfabetización digital	Recolección manual de datos, observación directa
Limitaciones	Requiere software, equipo y capacitación previa	Limitado por la precisión de las mediciones y el acceso a instrumentos

TABLA 2. Cuadro comparativo del experimento con software Pasco Capstone y la forma tradicional de enseñanza.

Los resultados obtenidos en este trabajo revelaron que, mediante el método tradicional, la participación del estudiante se veía limitada, ya que no favorece la reflexión autónoma ni el cuestionamiento de conceptos. En cambio, al aplicar el análisis de video, no solo se fomentó una participación más activa del estudiante, generando nuevas ideas y planteando cuestionamientos durante la experimentación, sino que favoreció la interacción entre el estudiante y docente desarrollando las habilidades colaborativas y de comunicación, esenciales en el aprendizaje moderno.

Es importante señalar que los resultados son preliminares y que la investigación sigue en curso. En las próximas etapas del estudio, se espera integrar de manera efectiva en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Con base en los avances obtenidos, se buscará recolectar datos más sólidos que validen estos hallazgos iniciales y explorar nuevas estrategias para optimizar la experiencia educativa mediante la innovación tecnológica.

CONCLUSIONES

El uso de herramientas tecnológicas como Pasco Capstone para el análisis de video en la enseñanza de la Física experimental, aplicado al estudio del movimiento parabólico, ha demostrado ser una estrategia didáctica efectiva para mejorar la comprensión de conceptos físicos. A través de la utilización de software especializado, los estudiantes pueden observar, medir y analizar los fenómenos de manera interactiva, lo que facilita la construcción del conocimiento a partir de la experimentación.

Además, el uso de tecnologías como Pasco Capstone fomenta un aprendizaje significativo y activo, dado que los estudiantes participan en la recolección y análisis de datos, fortaleciendo así su comprensión teórica y sus habilidades de resolución de problemas. Esta estrategia permite a los docentes crear un ambiente de aprendizaje dinámico, alineado con las

necesidades del estudiante digital, potenciando la creatividad, la colaboración y el trabajo en equipo.

Los resultados de este estudio muestran que el uso de tecnologías para el análisis de video es efectivo para visualizar y analizar el comportamiento de un cuerpo en diversos movimientos, proporcionando datos detallados que facilitan la interpretación y comprensión de las leyes de la Física. Esta herramienta no solo mejora la visualización de los fenómenos físicos, sino que también reduce el tiempo necesario para que los estudiantes lleguen a conclusiones sobre el comportamiento de estos.

Por último, la integración de herramientas tecnológicas en el aula no solo responde a las necesidades del contexto educativo actual, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos en la era digital, incrementando su competencia en el uso de nuevas tecnologías y promoviendo un enfoque investigativo y crítico en la enseñanza de la Física.

Referencias:

- Arias, H., Jadán, J., & Gómez-Luna, L. (2019). Innovación Educativa en el aula mediante design thinking y game thinking. *Hamut'ay*, 6(1), 82-95. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v6i1.1576>
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Revista de curriculum y formación del profesorado*, 9(2), 1-39. <http://hdl.handle.net/10481/15256>
- Bouciguez, M. J., & Santos, G. (2010). Categorías conceptuales para el estudio del conocimiento estratégico empleado al interactuar con simulaciones educativas (Vol. 11).
- Enrique, C., & Yanitelli, M. (2019). Diseño y valoración de actividades mediadas por TIC para el aprendizaje de sistemas oscilatorios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31. <https://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/>
- Miranda, A., Santos, G. y Stipcich, S. (2010). Algunas características de investigaciones que estudian la integración de las TIC en la clase de Ciencia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 12(2). Consultado el día de mes de año en: <http://redie.uabc.mx/vol12no2/contenido-mirandasantos.html>
- Navarrete, L., Almaguer, J., Navarrete, F., & Flores Pérez, M. (2015). El análisis de video como alternativa para la integración de teoría y práctica en los cursos introductorios de física. *American Journal of Physics Education*, 9(3).
- Sabando, L., & Garófalo, G. (2025). Recursos tecnológicos y el desarrollo de las habilidades cognitivas en estudiantes de educación general básica MENTOR. <https://revistamentor.ec/index.php/mentor/article/view/9081/7657>



SECCIÓN 6

VENTANA AL UNIVERSO DE LA FÍSICA

MAJORANA 1: EL PRIMER CHIP CUÁNTICO DEL MUNDO ⁸

¿Y si existiera un computador capaz de resolver en segundos problemas que hoy tomarían siglos? Desde descubrir nuevas curas para enfermedades hasta limpiar los océanos, Majorana 1, el primer chip cuántico de la historia, promete revolucionar el mundo. Sin embargo, para comprender el impacto de esta innovadora tecnología, primero necesitamos entender qué es la computación cuántica.

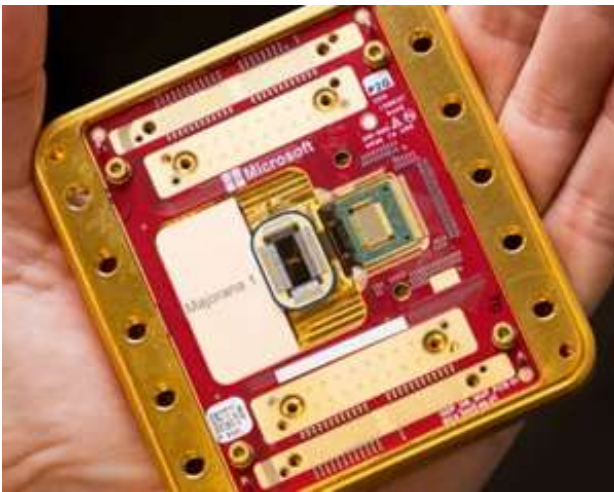


Figura 1. Majorana 1, el primer chip cuántico de la historia, desarrollado por Microsoft, que promete revolucionar el futuro de la computación cuántica (Bolgar, 2025).

Entendiendo la computación cuántica

La computación cuántica es una tecnología emergente que aprovecha las leyes de la mecánica cuántica, una rama de la física que estudia el comportamiento de las partículas más pequeñas del universo, como los electrones. A diferencia de los computadores clásicos, que procesan información en bits (0 o 1), los computadores cuánticos utilizan qubits: unidades básicas de información cuántica que pueden representar simultáneamente una combinación de ambos estados gracias al fenómeno de superposición (Microsoft Azure, s.f.). Los qubits se crean, generalmente, manipulando y midiendo partículas cuánticas como fotones, electrones, iones atrapados, circuitos superconductores y átomos.



Figura 2. Comparación visual entre un bit clásico y un qubit. El bit solo puede representar un estado a la vez (0 o 1), mientras que los qubits, gracias al principio de superposición cuántica, puede representar ambos estados simultáneamente, lo que permite realizar múltiples cálculos en paralelo (SlideTeam, 2021).

Las propiedades de los qubits permiten a los computadores cuánticos realizar cálculos con una eficiencia inimaginable (Garrote, s.f.).

¿Qué son las partículas Majorana y por qué son clave?

Los investigadores han identificado varias formas de crear qubits, y las partículas Majorana se presentan como una opción prometedora. Estas partículas, hipotéticas, poseen la peculiaridad de ser su propia antipartícula. Esta propiedad les confiere una gran estabilidad, ya que, al ser su propia antipartícula, no pueden aniquilarse con una partícula separada, lo que las hace inherentemente más estables en su naturaleza (Requena, s.f.). Al ser menos susceptibles a interferencias externas, las partículas Majorana pueden crear un tipo especial de qubits, denominados qubits topológicos, los cuales tienen la característica de ser más robustos (Prada, 2022), permitiendo preservar el estado de superposición cuántica y evitando que se colapse a un estado clásico de solo ceros y unos (0 y 1).

El término “topológico” representa un concepto innovador, ya que se asocia con

un nuevo estado de la materia llamado superconductividad topológica, el cual permite conservar la estabilidad cuántica por más tiempo (Mayorga, 2025), algo difícil de lograr con los qubits convencionales.

Majorana 1: el chip que desafía la lógica tradicional

Majorana 1 es un chip cuántico que aprovecha las propiedades únicas de las partículas Majorana y abre un horizonte de posibilidades revolucionarias en ciencia, tecnología y más allá, lo cual no era posible con un computador clásico (Hussain y Talib, 2016). Su nombre rinde homenaje al físico italiano Ettore Majorana, quien en la década de 1930 teorizó la existencia de partículas que son su propia antipartícula, hoy conocidas como fermiones de Majorana. Estas partículas, que durante décadas fueron solo una hipótesis, ahora están revolucionando el campo de la computación (Zamorano 2023).

El desarrollo del chip Majorana 1 fue el resultado de casi 20 años de investigación y avances tecnológicos por parte de Microsoft, que asumió el desafío de crear computadores cuánticos más rápidos, compactos y controlables, apostando por los qubits topológicos como una solución innovadora y más estable.

Para ilustrar el potencial de Majorana 1, imagina buscar una palabra en un millón de libros. Un computador clásico tendría que revisarlos uno por uno, mientras que un computador cuántico podría, teóricamente, analizar todos los libros al mismo tiempo y ofrecer la respuesta de forma instantánea (Bolgar, 2025).

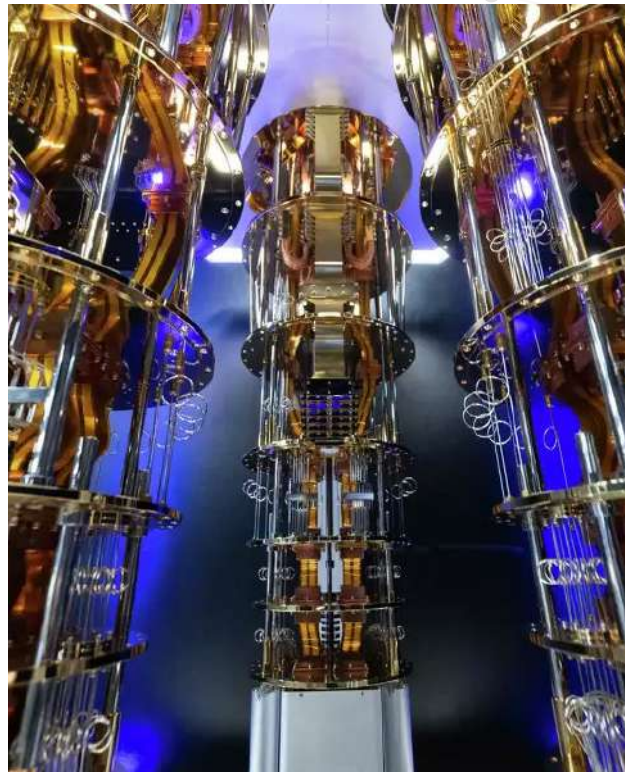


Figura 3. Computador cuántico Quantum System Two, desarrollada por IBM y exhibida en su primer centro de datos cuántico. Este sistema representa uno de los avances más recientes en infraestructura cuántica, diseñado para albergar chips como el Majorana 1 en condiciones de operación óptimas, como temperaturas cercanas al cero absoluto (Bradshaw, 2025).

El desafío del frío extremo en la Computación Cuántica

Lo que llama la atención de la construcción del chip Majorana 1 es que, para lograr su funcionamiento, requiere de condiciones extremas: un ambiente ultra frío cercano al cero absoluto, es decir, $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto es posible gracias a sistemas de refrigeración criogénica avanzados, que reducen la energía térmica de las partículas al mínimo, permitiendo que mantengan la estabilidad cuántica (Gooding 2024).

¿Para qué sirve el chip Majorana 1?

Majorana 1 al ser un chip cuántico tiene el potencial de abordar problemas complejos que son imposibles de resolver con los computadores clásicos.



Figura 4. Imagen generada con IA que ilustra diversas aplicaciones del chip Majorana 1, como el tratamiento de microplásticos, materiales autorreparables, avances en salud y agricultura, optimización industrial, energías renovables y logística militar.

Algunas aplicaciones clave de Majorana 1 incluyen:

- Descomposición de Microplásticos en subproductos inofensivos.
- Materiales autorreparables para construcción y manufactura.
- Mejoras en agricultura y salud, como optimización de cultivos y diseño de medicamentos
- Optimización de procesos industriales mediante simulaciones avanzadas para mejorar eficiencia y reducir costos.
- Sistemas de energía renovable optimizando paneles solares y turbinas eólicas.
- Logística militar y operaciones complejas planificando y coordinando eficientemente escenarios críticos.

En general, Majorana 1 está diseñado para resolver desafíos complejos a nivel industrial y científico, acelerando avances en sostenibilidad, salud, energía y materiales (ITSitio 2025).

Mirando hacia el futuro con Majorana 1

Majorana 1 representa un punto de inflexión en la historia de la computación. Gracias a la integración de partículas Majorana como qubits topológicos, este chip abre un nuevo paradigma tecnológico donde lo que antes parecía ciencia ficción se convierte en posibilidad tangible. Su desarrollo marca no solo un avance científico, sino también una promesa de transformación profunda en sectores clave como la salud, el medio ambiente, la energía y la inteligencia artificial.

No obstante, el verdadero impacto de Majorana 1 dependerá de cómo la sociedad, la industria y la academia enfrenten los desafíos técnicos, éticos y económicos que trae consigo la computación cuántica. En un mundo cada vez más interconectado, es esencial reflexionar sobre el uso responsable de estas tecnologías emergentes y fomentar una visión colaborativa que priorice el bienestar global.

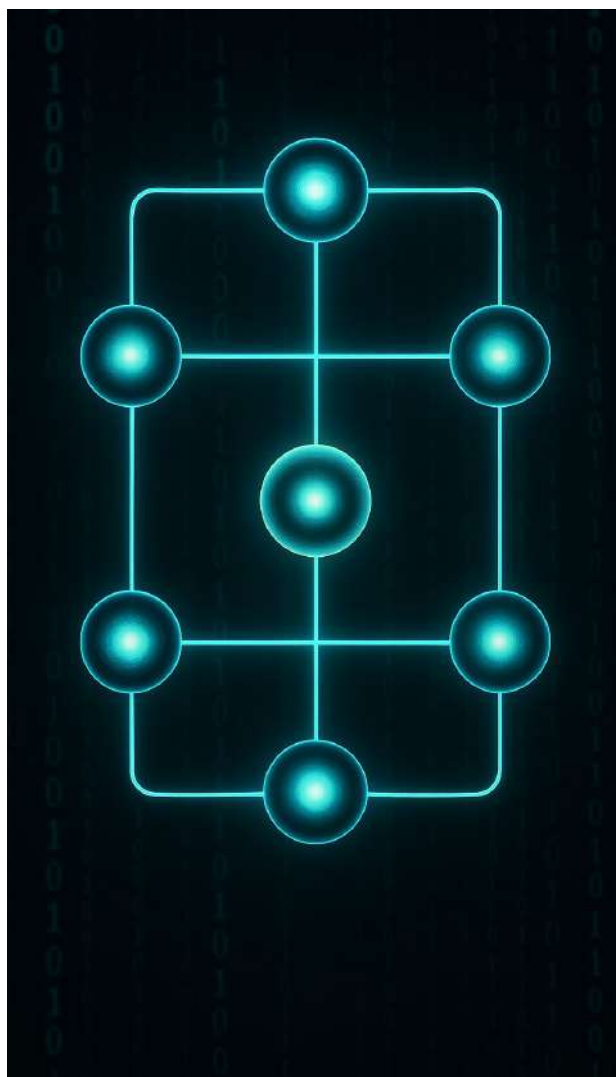
De cara al futuro, Majorana 1 no solo plantea una revolución informática, sino también una invitación a imaginar nuevas formas de resolver problemas complejos, a repensar los límites del conocimiento humano y a diseñar un futuro más inteligente, seguro y sostenible.

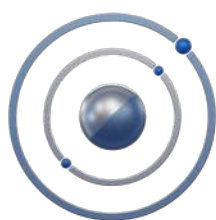
Referencias

- Bolgar, C. (2025). El chip Majorana 1 de Microsoft abre un nuevo camino para la computación cuántica. Source LATAM. Recuperado el 31 de marzo de 2025, de <https://news.microsoft.com/source/latam/features/ia/el-chip-majorana-1-de-microsoft-abre-un-nuevo-camino-para-la-computacion-cuantica/>
- Bradshaw, R. (2025). Microsoft unveils Majorana 1 chip, a breakthrough in quantum computing. Beaumont Enterprise. Recuperado el 31 de marzo

de 2025.

- Garrote, E. F. (s. f.). Más allá de los bits: Qubits y posibilidades de la computación del futuro. Revista Estudiantil Nacional de Ingeniería y Arquitectura, X(X), xx-xx. ISSN 2307-471X.
- Gooding, M. (2024). ¿Cómo la refrigeración criogénica de chips podría mejorar la eficiencia de los Data Centers? Recuperado el 31 de marzo de 2025, de <https://www.datacenterdynamics.com/es/features/como-la-refrigeracion-criogenica-de-chips-podria-mejorar-la-eficiencia-de-los-centros-de-datos/>
- Hussain, Z., & Talib, A. (2016). Strengths and weaknesses of quantum computing. International Journal of Scientific and Engineering Research, 7(2), 210-215.
- ITSitio. (2025). Majorana 1: el primer chip cuántico con arquitectura topológica de Microsoft que redefine el futuro de la computación cuántica. Recuperado el 21 de marzo de 2025, de <https://www.itsitio.com/componentes/majorana-1-el-primer-chip-cuantico-con-arquitectura-topologica-de-microsoft-que-redefine-el-futuro-de-la-computacion-cuantica/>
- Mayorga, B. (2025, 19 de febrero). Majorana 1, primer procesador cuántico de Microsoft: Revolución en computación cuántica con un millón de qubits. BitsCloud. <https://bitscloud.com/majorana-1-procesador-cuantico-de-microsoft/>
- Microsoft Azure. (s. f.). ¿Qué es un cúbit? Recuperado el 31 de marzo de 2025, de <https://azure.microsoft.com/es-es/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-a-qubit>
- Prada, E. (2022). El campo de los qubits topológicos basados en modos de Majorana necesita un salto cualitativo en la calidad de los materiales. Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid. <https://www.icmm.csic.es/index.php/en/seccionactualidad/elsa-prada-el-campo-de-los-qubits-topologicos-basados-en-modos-de-majorana>
- Requena, A. (2025). El chip Majorana. Academia de Ciencias de la Región de Murcia. Recuperado el 31 de marzo de 2025, de <https://portales.um.es/web/acc/-/el-chip-majorana/1.3?redirect=%2Fweb%2Facc%2Fpensandolo-bien>
- SlideTeam. (2021). ¿How Quantum computer works? Recuperado el 31 de marzo de 2025, de <https://www.slideteam.net/quantum-computing-it-how-quantum-computer-works-ppt-powerpoint-layouts-pictures.html>
- Zamorano, E. (2023). Ettore Majorana, el físico cuántico que descubrió la antimateria y acabó formando parte de ella. El Confidencial. Recuperado el 31 de marzo de 2025, de https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2023-04-11/ettore-majorana-fisico-historia-antimateria-siglo-xx_3605533/





CENTRO DE FÍSICA

Universidad Central del Ecuador



CENTRO DE FÍSICA
Universidad Central del Ecuador

Praxis

Dirección: Cdla. Universitaria. Edificio de Servicios Generales. 2do piso. Teléfono: 2526-493 E-mail: unidad.fisica@uce.edu.ec

www.uce.edu.ec - unidadfisica@uce.edu.ec