

Aportes de la Universidad Tecnológica de La Habana a la historia de la Holografía en Cuba

Benefits and challenges of adopting classification strategies in Higher Education: IFAL case

Rolando Serra Toledo¹, Daniel Souza Ferreira Magalhães²

¹ Metodólogo de la Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae. Calle 114 entre Rotonda y Ciclovía. La Habana, Cuba.

² Profesor Universidade Brasil, São Paulo, SP, Brasil

*Autor de correspondencia: serra@electrica.cujae.edu.cu

Resumen

La Holografía es una técnica que posibilita obtener imágenes ópticas tridimensionales de distintos tipos de objetos. La singular cualidad que permite al holograma producir un duplicado óptico de un objeto lo convierte en un potencial medio de educación social y de enseñanza de gran utilidad para la difusión y el conocimiento del patrimonio nacional cubano. El Departamento de Física de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae ha logrado la implementación en Cuba de la técnica de holografía artística, logrando su aplicación a la museología como resultado del trabajo de extensión universitaria y ha aportado por vez primera la experiencia de las aplicaciones docentes de esta técnica en la enseñanza de la física. La implementación en Cuba de la Holografía Artística aplicada a la Museología ha permitido la difusión de obras únicas que requieren condiciones especiales de conservación y resguardo en importantes exposiciones holográficas construidas en importantes museos del país, destacándose la de la Plaza Antonio Maceo de Santiago de Cuba, la del Memorial José Martí de la Plaza de la Revolución, la del Museo Hemingway y su sala expositiva en el Hotel Ambos Mundos, la del Complejo Monumentario de San Pedro de Bauta y la de la Casa Natal de José Martí. El aporte de contar con la historia completa de la Holografía en la Cujae, que es la del país, permite preservar y divulgar los resultados de investigación obtenidos por más de 40 años por el Grupo de investigación de Holografía de la Cujae, que ha demostrado y mantenido un liderazgo nacional e internacional reconocido en la temática y con una importante salida extensionista con aplicaciones en importantes museos del país y en la enseñanza de la física universitaria.

Palabras clave: holografía, museología, medio de enseñanza, enseñanza de la física.

Abstract

Holography is a technique that makes it possible to obtain three-dimensional optical images of different types of objects. The unique quality that allows a hologram to produce an optical duplicate of an object makes it a potentially useful means of social education and teaching for the dissemination and understanding of Cuba's national heritage. The Physics Department of the José Antonio Echeverría Technological University of Havana, CUJAE has successfully implemented the technique of artistic holography in Cuba, successfully applying it to museology because of university outreach work, and has contributed, for the first time, experience in the teaching of this technique in physics education. The implementation in Cuba of Artistic Holography applied to Museology has allowed the dissemination of unique works that require special conditions of conservation and protection in important holographic exhibitions built in important museums in the

country, highlighting the one in the Plaza Antonio Maceo in Santiago de Cuba, the José Martí Memorial in the Plaza de la Revolución, the Hemingway Museum and its exhibition hall in the Hotel Ambos Mundos, the one in the Monumental Complex of San Pedro de Bauta and the one in the Birthplace of José Martí. The contribution of having the complete history of Holography at CUJAE, which is the country's history, allows for the preservation and dissemination of the research results obtained for more than 40 years by the Cujae Holography Research Group, which has demonstrated and maintained recognized national and international leadership in the field and with significant outreach output with applications in important museums in the country and in university physics teaching.

Keywords: holography, museology, teaching aids, physics, teaching.

1. Introducción

En la batalla por la masificación de la cultura en que está enfrascado nuestro país, es de vital importancia la contribución de las universidades cubanas a este propósito, en especial a través de la introducción y generalización de los resultados de investigación obtenidos.

El Departamento de Física de la CUJAE ha logrado la implementación en Cuba de la técnica de holografía artística, logrando su aplicación a la museología como resultado del trabajo de extensión universitaria. También ha aportado por vez primera la experiencia de las aplicaciones docentes de esta técnica en la enseñanza de la física.

El objetivo fundamental de esta investigación es que como parte del proyecto de investigación institucional Conservación del Patrimonio Cultural Universitario, CONPACULT, contar con la elaboración y publicación de la historia de la Holografía en nuestra universidad es de vital importancia ya que el Grupo de Holografía de la Cujae es el único grupo de investigación de nuestro país dedicado a esta temática en la historia, manteniendo el liderazgo nacional en esta temática y con este trabajo se logrará preservar este importante patrimonio de nuestra universidad y cubano y aportar estos valiosos resultados al Museo Tecnológico en construcción como contribución al perfeccionamiento del proceso de gestión y divulgación del patrimonio cultural y tecnológico de nuestra Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae.

Es de destacar que se mantiene la actualidad de las aplicaciones de la Holografía en patrimonio y en la enseñanza. (Climent, Herraiz, Villena, Máñez, Boisset-Castells, Conejero-Ortega & Pérez, 2019, França, Gonçalves, & Lameirão, 2023, Guerra, 2023, Tejido & Crespo, 2023, Nunes, Santos, Nogueira, Siqueira, Dias, Cury, & Cremasco, 2025, Malla, & Macas, 2025).

La Holografía es una técnica moderna que posibilita la recuperación integral de la información relativa al campo de radiación difundido por un objeto real, por lo que permite obtener imágenes ópticas tridimensionales de distintos tipos de objetos. La singular cualidad que permite al holograma producir un duplicado óptico de un objeto lo convierte en un potencial medio de enseñanza de gran utilidad para la difusión y el conocimiento del patrimonio nacional cubano.

La implementación en Cuba de la Holografía Artística aplicada a la Museología tiene gran importancia para el país, en especial para los sectores de la educación, la cultura y el turismo, por su contribución a la difusión de nuestro patrimonio y a la educación política, patriótica, histórica y cultural de todo nuestro pueblo al permitir la difusión de obras únicas que requieren condiciones especiales de conservación y resguardo, la confección de exposiciones temáticas nacionales con hologramas de objetos que se encuentran en museos Municipales y Provinciales y permitir la realización de exposiciones itinerantes.(Serra & Moreno, 2013, Serra, Moreno, Vega, Alfonso, Ferreira & Muramatsu, 2014).

Las cualidades distintivas de los hologramas como medio de enseñanza analizadas anteriormente, los convierten en un medio muy útil y necesario para el desarrollo de aplicaciones de la holografía en la enseñanza de la física por vez primera en nuestro país, confección de interferogramas y

hologramas fabricados con diodos láser. (Serra, Vega, Ferrat, Lunazzi & Ferreira, 2009, Serra, Moreno, Ferreira & Lemus, 2011).

Muchas son las obras maestras cuya presentación en museos resulta, por diversas razones, una tarea difícil. Algunas padecen procesos de deterioro y necesitan condiciones especiales de conservación; otras requieren medidas excepcionales de seguridad. En presencia de problemas tan complejos, el montaje de exposiciones constituidas por copias holográficas de las obras originales se convierte en una necesidad. Por otra parte, la holografía permite conformar exposiciones temáticas de objetos que por su procedencia están diseminados en diferentes museos, permitiendo de esta forma conservar el patrimonio de estos museos locales.

Las exposiciones holográficas ofrecen además amplias posibilidades de movilidad nacional y de intercambio cultural internacional, pues su realización resulta considerablemente más simple y con menos riesgo que cuando se trata de piezas originales.

2. Materiales y Métodos

Se conformó el Grupo de Holografía de la Cujae que trabajó durante muchos años en la implementación de las técnicas holográficas en la Cujae y en el país

Directores: Dr. C. Luis Martí López (Fallecido), Dra. C. Beatriz Moreno Masó y Dr. C. Rolando Serra Toledo

Integrantes: Dr. C. Ángel Augier Calderín (Fallecido), Dr. C. Alfredo Moreno Yeras (Fallecido), Dr. C. Rolando González Peña, Dr. C. José Luis Valin, Dr. C. Juan Antonio Alejo Díaz, Lic. Manuel Garí Valdez (Fallecido), Lic. Pedro Milanés Verdecia

Colaboradores internacionales: Dr. C. José Joaquín Lunazzi (Brasil), Dr. C. Mikiya Muramatsu (Brasil), Dr. C. Daniel Souza Ferreira Magalhães (Brasil)

A continuación expondremos los aspectos más importantes de la metodología elaborada en el Departamento de Física de la CUJAE para la producción de hologramas cubanos que posibilitó la utilización en nuestro país de los mismos como medios de enseñanza y de educación social en aplicaciones docentes y museables.

Como explicamos en la introducción, para obtener hologramas con fines docentes y museables de calidad, es imprescindible seguir una metodología de trabajo que tenga en cuenta los diversos factores que intervienen en el proceso de registro, procesado químico y reconstrucción de un holograma.

La metodología de construcción de los hologramas está estructurada de la siguiente manera:

1. Etapa de registro del holograma
2. Etapa de procesamiento químico del holograma
3. Etapa de reconstrucción de la imagen holográfica

Analizaremos a continuación cada una de las partes que integran la metodología propuesta.

1. Etapa de registro del holograma

En esta etapa debemos tener en cuenta los siguientes elementos:

- Construcción o selección de la mesa antivibratoria donde se realizará el registro del holograma y ubicación en el lugar adecuado.
- Comprobación del nivel de vibraciones externas.
- Montaje experimental de los esquemas de registro

Para obtener hologramas de reflexión con luz blanca existen dos tipos de esquemas de registros fundamentales: esquema de simple haz o de Denisiuk y esquema de haz dividido o de Leith y Upatnieks.

2. Etapa de procesamiento químico del holograma

En esta etapa de trabajo hay dos aspectos iniciales que deben ser tenidos en cuenta:

- Utilización de una luz de seguridad.
- Control de la densidad óptica mediante filtros.

Esta etapa tiene dos momentos importantes:

- Procesamiento químico de la emulsión. Se utilizaron 2 tipos de materiales de registro holográfico: Emulsión Holográfica Slavich PFG-03M de procedencia Rusa y Emulsión AGFA GEVAERT 8E75 HD de procedencia Belga.
- Secado y conservación.

3. Etapa de reconstrucción de la imagen holográfica

La reconstrucción de la imagen holográfica del objeto se realiza utilizando una fuente de luz blanca con filamento estrecho, preferiblemente halógena para evitar la reconstrucción de varias imágenes del objeto y garantizar la mayor nitidez posible en la imagen reconstruida. El ángulo de incidencia de la luz blanca debe ser aproximadamente igual al ángulo con que fuera registrado el holograma para obtener una reconstrucción óptima.

Al ser iluminado el holograma, este transforma el haz incidente en forma tal que uno de los frentes de onda reflejados reproduce fielmente al frente de onda que provenía del objeto. Evidentemente, si del holograma se propaga una fuente de onda idéntico al que provenía originalmente del objeto, entonces un observador al cual llegue ese frente de onda verá una imagen virtual que reproduce las características del objeto original.

3. Resultados y Discusión

Los principales resultados científicos están recogidos en 3 patentes cubanas obtenidas:

1. TITULO: Procedimiento para el procesamiento de hologramas de reflexión en emulsión AGFA GEVAERT 8E75 HD.

AUTORES: Rolando Serra Toledo, Rolando González Peña, Alfredo Moreno Yeras, Manuel Garí Valdés, Antonio Alejo Díaz

Nº DEL CERTIFICADO: CU22617 **PAIS DE PRIORIDAD:** Cuba

FECHA DE OTORGAMIENTO: 1999

ENTIDAD TITULAR: Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI)

2. TITULO: Sistema para la producción de hologramas de imagen enfocada.

AUTORES: Rolando Serra Toledo, Rolando González Peña

Nº DEL CERTIFICADO: CU22561 **PAIS DE PRIORIDAD:** Cuba

FECHA DE OTORGAMIENTO: 1999

ENTIDAD TITULAR: Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI)

3. TITULO: Sistema para la producción de hologramas de arcoíris.

AUTORES: Rolando Serra Toledo, Rolando González Peña

Nº DEL CERTIFICADO: CU22685 **PAIS DE PRIORIDAD:** Cuba

FECHA DE OTORGAMIENTO: 2001

ENTIDAD TITULAR: Oficina Cubana de la Propiedad Industrial (OCPI)

Aplicaciones a los museos cubanos

Un ejemplo importante de la vinculación de la Universidad a las instituciones culturales cubanas lo constituye la aplicación de la holografía con fines artísticos e históricos desarrollada entre el Grupo de Holografía del Departamento de Física de la CUJAE y varias instituciones del país, con el apoyo del Consejo Nacional de Patrimonio Cultural.

La primera etapa consistió en crear un laboratorio holográfico en el Museo Nacional de Bellas Artes que fue inaugurado en 1990 y permitió la realización de los trabajos de holografía artística, ya que por el alto valor patrimonial de la mayoría de los objetos que serían holografiados no era permitido su traslado al laboratorio de la universidad. En la actualidad debido a las necesidades de ampliación para poder acometer los trabajos solicitados de generalización de la utilización de esta técnica por otros museos de todo el país, se encuentra en diseño y montaje un nuevo laboratorio que será ubicado en el Centro Nacional de Conservación, Restauración y Museología.

Principales exposiciones holográficas permanentes realizadas en Cuba:

- 1991 Objetos personales de Antonio Maceo situados en la plaza que lleva su nombre en Santiago de Cuba.
- 1993.-Reliquias del escritor Ernest Hemingway con fines de exposición y venta como recuerdos turísticos.
- 1995 -1996.-Objetos personales del Héroe Nacional José Martí situada en El Memorial de la Plaza de La Revolución y en la Casa Natal.
- 1996 -1997.-Objetos relacionados con la caída en combate del General Antonio Maceo, situada en el Complejo Monumentario de San Pedro en Bauta.
- 1998.-Preparación de hologramas de objetos personales del Héroe Nacional José Martí para el Museo El Abra.

A continuación relacionamos los principales objetos holografiados, lo que brinda una idea de las potencialidades de esta técnica por la gran variedad y diversidad en su composición.

Hologramas de las Reliquias del General Antonio Maceo

Objetos de uso personal:

1. Plato y cuchara
2. Jarro y vaso
3. Reloj, anillo de compromiso y anillo de masón
4. Pluma y espejuelos
5. Escarapela

Objetos de uso en campaña:

6. Revólver
7. Machete
8. Estribo
9. Casquillos, balas e insignia de General
10. Binoculares

Objetos de Ceremonia:

11. Sable regalo del Presidente de Honduras
12. Sable regalo del Presidente de Costa Rica

Hologramas de las reliquias de nuestro Héroe Nacional José Martí:

1. Cubiertos
2. Revólver
3. Leontina
4. Monograma
5. Alcancía
6. Horquillas
7. Escribanía
8. Ajedrez
9. Espuelas
10. Cortaplumas

11. Tintero

Hologramas de las reliquias del Premio Nobel Ernest Hemingway:

1. Anverso y reverso de la medalla del Premio Nobel de Literatura.
2. Grados de Teniente y Capitán de la Primera y Segunda Guerra Mundial.
3. Calimba
4. Campana de servicio
5. Cubiertos de uso personal
6. Llave y chapilla del Hotel Ritz
7. Espejuelos

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se muestran algunos de los hologramas cubanos construidos para aplicaciones museables:



Figura 1: Holograma de la Medalla del premio nobel Ernest Hemingway que se exhibe en el Convento del Cobre en Santiago de Cuba



Figura 2: Hologramas de objetos personales del héroe Nacional José Martí que se exponen en el Memorial José Martí de la Plaza de la Revolución



Figura 3: Holograma de la Medalla del premio Nobel de Ernest Hemingway



Figura 4: Holograma de los cubiertos utilizados por el héroe nacional José Martí

La Comisión Internacional de Óptica evaluó los hologramas obtenidos con el criterio de que la calidad de los mismos es muy buena, con alta fidelidad de la imagen y resalta la utilización de patentes cubanas en su obtención.

Aplicaciones en la Enseñanza de la Física

En nuestro país se implementó por vez primera la técnica de holografía para ser utilizada en la enseñanza de la física. Se construyeron hologramas para la Exposición Didáctica del Departamento de Física de la Cujae, interferogramas y hologramas fabricados con diodos láser.

A continuación se muestra en la figura 5 la construcción de una exposición didáctica holográfica en el Departamento de Física de la Cujae:



Figura 5

En la figura 6 se muestra un interferograma holográfico:



Figura 6

En la figura 7 se muestra el puntero láser utilizado para la construcción de hologramas:



Figura 7

En la figura 8 se muestran hologramas obtenidos con la utilización de un puntero láser:



Figura 8

4. Conclusiones

La elaboración y publicación de la historia de la Holografía en nuestra universidad es de vital importancia ya que el Grupo de Holografía de la Cujae es el único Grupo de investigación de nuestro país dedicado a esta temática en la historia, manteniendo el liderazgo nacional en esta temática y con este trabajo se logrará preservar este importante patrimonio cujaeño y cubano.

Se destacan los siguientes resultados obtenidos por el Grupo de investigación de Holografía de la Cujae:

- Obtención de 3 patentes nacionales de los procedimientos de obtención de hologramas cubanos, las únicas registradas de esta temática en el país.
- Obtención de Premio Nacional de la ACC y de Innovación Tecnológica Provincial del CITMA.
- Realización de 2 tesis doctorales y publicación de más de 20 artículos científicos en revistas de alto prestigio internacional, así como de monografías y capítulos de libro.
- Implementación, como salida extensionista de la investigación realizada, de la técnica de holografía artística para aplicaciones museables destacándose la de la Plaza Antonio Maceo de Santiago de Cuba, la del Memorial José Martí de la Plaza de la Revolución, la del Museo Hemingway y su sala expositiva en el Hotel Ambos Mundos, la del Complejo Monumentario de San Pedro de Bauta y la de la Casa Natal de José Martí.
- Desarrollo de aplicaciones de la holografía en la enseñanza de la física por vez primera en nuestro país, confección de interferogramas y hologramas fabricados con diodos láser.

En resumen, el aporte de contar con la historia completa de la Holografía en la Cujae que es la del país, permite preservar y divulgar los resultados de investigación obtenidos por más de 40 años por el Grupo de investigación de Holografía de la Cujae, que ha demostrado y mantenido un liderazgo

nacional e internacional reconocido en la temática y con una importante salida extensionista con aplicaciones en importantes museos del país y en la enseñanza de la Física universitaria.

Referencias

1. Climent, A. V., Herraiz, J. L., Villena, J. A., Máñez, T. S., Boisset-Castells, E., Conejero-Ortega, N. & Pérez, C. M. *La holografía como herramienta para la divulgación del patrimonio paleontológico: la colección de paleontología humana del museu de la universitat de valencia de historia natural*. Zubía, 2019, (31), 275-280.
2. França, M. C. B., Gonçalves, T. O., & Lameirão, S. V. D. O. C. *A holografia como uma possibilidade para o ensino: uma revisão bibliográfica*. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, 2023, 19(43), 82-93.
3. Guerra, L. *La holografía en el proceso de enseñanza aprendizaje*. PRAXIS, 2023, (2), 9-11.
4. Tejido, B. A., & Crespo, M. T. B. *Holografía práctica: análisis de la presencia actual de la holografía en los programas didácticos en las universidades españolas*. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. Ensayos, 2025, (255), 141-160.
5. Nunes-da-Silva, W., Santos, E. R., Nogueira Siqueira Knoch, L. C., Dias, F. J., Cury, D. P., & Cremasco Takano, A. P. *Pirámide Holográfica de Bajo Costo para la Enseñanza de la Anatomía del Corazón*. International Journal of Morphology, 2025, 43(1), 10-13.
6. Malla, Á. K. O., & Macas, E. N. G. *Enseñanza y aprendizaje de la geometría plana a través de un holograma*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, 2025, 9(3), 1428-1445.
7. Serra Toledo, R., & Moreno Yeras, A. *La holografía en la divulgación y conservación del patrimonio cultural cubano*. Arquitectura y Urbanismo, 2013, 34(3), 86-89.
8. Toledo, R. S., Yeras, A. M., Cruz, G. V., Pérez, I. A., Magalhães, D. S., & Muramatsu, M. *La física en la extensión universitaria a través de la holografía como medio de educación social*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2014, 36, 1701.
9. Toledo, R. S., Cruz, G. V., Zaldo, A. F., Lunazzi, J. J., & Magalhaes, D. S. *El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en ingeniería*. Revista brasileira de ensino de física, 2009, 31, 1401-1.
10. Toledo, R. S., Yeras, A. M., Magalhaes, D. S., Muramatsu, M., & Lemus, J. B. *Haciendo hologramas en la escuela y en la casa*. Revista brasileira de ensino de física, 2011, 32, 3502.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Rolando Serra Toledo. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4008-1947>

Conceptualización y sistematización de ideas; recopilación y análisis de datos; redacción del manuscrito original, aprobación y adaptación a las normas de autores para la revista.

Daniel Souza Ferreira Magalhães ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3761-1927>

Conceptualización y sistematización de ideas; recopilación y análisis de datos; revisión del manuscrito original.