

Sistema de experimentos para la enseñanza-aprendizaje de la óptica en carreras de ingeniería

System experiments for teaching-learning of optics in engineering carriers

José Benigno Lemus Alarcón¹, Rolando Serra Toledo²

¹ Profesor del Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Libre de Colombia, Bogotá, Colombia.

² 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.

*Autor de correspondencia: jobealeal@hotmail.com

Resumen

La comunidad científica que se ocupa de los problemas relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, ha dedicado muchos esfuerzos en los últimos años al perfeccionamiento del mismo, motivado en primera instancia, por las demandas de renovación que el impetuoso desarrollo científico-técnico le impone en la actualidad a la enseñanza de las ciencias.

En los últimos años se ha producido un desarrollo vertiginoso en la fabricación de diodos láser que emiten en el espectro visible, esto ha permitido su utilización creciente en múltiples aplicaciones y hace factible su utilización en la enseñanza aprendizaje de la Física Universitaria y en particular de la Holografía, por sus grandes ventajas frente a los láseres convencionales de gran costo y difícil manipulación.

En el trabajo se realiza la fundamentación pedagógica y psicológica, desde la teoría del enfoque histórico cultural y la didáctica desarrolladora, de un sistema de experimentos de óptica utilizando un puntero de diodos láser para la enseñanza de la ingeniería.

Se muestra el diseño y construcción del sistema de experimentos, sus características distintivas, los diferentes tipos de experimentos y su relación con los diferentes tipos de clase y las orientaciones metodológicas para la realización de los experimentos por los profesores y estudiantes. Se describe por su novedad la instalación experimental portátil diseñada para la obtención de hologramas en la escuela y en la casa y se muestran los primeros hologramas obtenidos.

Palabras clave: experimento, puntero de diodo laser, física, holograma

Abstract

The scientific community that deals with the problems related with the teaching-learning process of Physics has devoted many efforts in its perfecting in the last years motivated, in the first instance, by renewal demands that the rapidly scientific-technological development currently requests in the teaching of science.

In the last few years a rapid development in the production of visible-emission diode lasers has been made, this has allowed their increasing use in many applications and makes possible their utilization in the teaching-learning of the Physics in the University and particularly of holography, for their great advantages over the high-cost conventional lasers and difficult handling.

In this work is done the basis pedagogical and psychological, from the theory of cultural-historical approach and developed didactic, of optical system experiments using a laser diode pointer for engineering teaching.

The design and construction of the experiments system are shown that takes into account the different thematic units of the course, the distinctive features of this system, the different types of experiments and their relation with the different types of class and the methodological orientations for the realization of the experiments for teachers and students. Is describing for the novelty the portable experimental setup designed for the obtainment of holograms at school and at home and are shown the first holograms obtained.

Keywords: experiment, laser diode pointer, physics, hologram

1. Introducción

La comunidad científica que se ocupa de los problemas relacionados con el proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física ha dedicado muchos esfuerzos en los últimos años al perfeccionamiento del mismo (Zavala, J. S., 2024, Villacreses-Zambrano, J. P., Rosado-Cusme, K. A., & Cevallos-Reyes, C. B., 2024, Reyes-Céspedes, P. I., Moreno-Toiran, G., & Reyes-Céspedes, E., 2023).

Entre las principales dificultades que se reportan en el mundo en la enseñanza - aprendizaje de la Física podemos citar las siguientes:

- Poca motivación.
- Poca comprensión de los principios, leyes y conceptos que se estudian.
- Habilidades experimentales y de observación muy limitadas.
- Balance no adecuado entre las demostraciones y prácticas de laboratorio “reales” en relación con las virtuales.
- Muy poca utilización de medios de enseñanza en las demostraciones en conferencias, clases prácticas y seminarios.
- No se analizan al nivel requerido las aplicaciones en la práctica profesional y en la vida cotidiana.
- Los estudiantes no sólo carecen de dominios conceptuales, procedimentales y actitudinales en esta disciplina, sino también de una actitud investigadora, creativa, crítica, autónoma e independiente.

Teniendo en cuenta lo analizado anteriormente, la situación problemática de la investigación realizada puede ser enunciada de la siguiente manera: La forma en que se ha estado impartiendo la disciplina física y en particular la física experimental en el tema de óptica en las carreras de ingeniería, no ha permitido una apropiación consecuente de los fundamentos teóricos y el desarrollo de las habilidades experimentales necesarias para este tipo de profesional.

En este contexto, el desarrollo de nuevas propuestas didácticas para el diseño y la utilización de sistemas de experimentos en las diferentes formas de enseñanza aprendizaje de la Disciplina Física, que incluyan el uso de nuevos dispositivos tecnológicos desarrollados recientemente en el mundo, adquiere una gran importancia como contribución para lograr incrementar la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y al desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de esta disciplina (Navarro, N. S., & Maturana, J. C., 2024, Pala, L., Scancich, M., & Yanitelli, M., 2024,).

Los punteros láser están fabricados con diodos láser que emiten en el espectro visible, lo que hace factible su utilización en la enseñanza aprendizaje de la Física Universitaria y en particular de la Holografía, por sus grandes ventajas en relación con los láseres gaseosos convencionales como los de He-Ne de gran costo y difícil manipulación (Ver Figura 1).

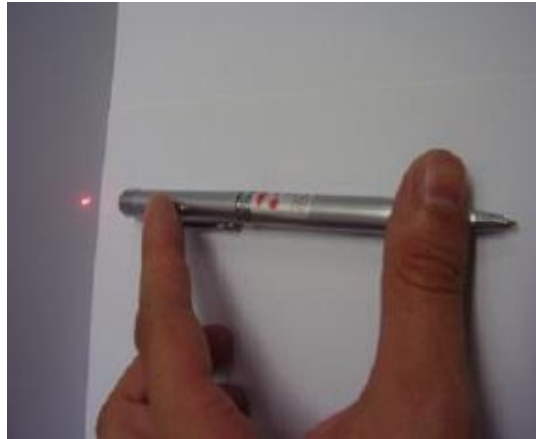


Figura 1: Puntero de diodo láser

El objetivo fundamental de esta propuesta es mostrar la fundamentación, diseño y construcción de un sistema de experimentos docentes para la enseñanza aprendizaje de la asignatura óptica en carreras de ingeniería, basado en el uso de un puntero de diodo láser (PDL), de modo que contribuya a incrementar la apropiación de las leyes y conceptos estudiados y al desarrollo de habilidades experimentales. Se muestra especialmente por su novedad la instalación experimental portátil diseñada para la obtención de hologramas en la escuela y en la casa y se muestran los primeros hologramas obtenidos.

2. Materiales y Métodos

Fundamentos pedagógicos y psicológicos del sistema de experimentos

Con base en el enfoque histórico cultural de Vigotsky y otros investigadores (Vigotsky, L., 1987, Castellanos, D. et al. 2001), precisamos a continuación los principales aspectos que sirven de fundamento al diseño y construcción del sistema de experimentos docentes con PDL, entre los que se resalta:

- Proceso de aprendizaje como centro de atención a partir del cual se debe proyectar el proceso pedagógico.
- Importancia de la motivación en el aprendizaje (relación entre las esferas cognitiva y afectiva).
- Aprendizaje como actividad social y no solo como proceso de realización individual.
- Necesidad de utilización de métodos participativos que permitan la creación de un ambiente de trabajo colectivo.
- Involucrar a los propios estudiantes en la construcción de las condiciones más favorables para el aprendizaje.
- Utilizar al máximo las posibilidades educativas que brinda cualquier situación de instrucción que sea concebida íntimamente vinculada con la vida de la sociedad y de la profesión, en el contexto socio histórico en que vive el estudiante.
- Importancia del desarrollo integral de la personalidad del estudiante.

Para fundamentar didácticamente el desarrollo de esta propuesta, es esencial asumir una posición dentro del marco de la didáctica general. En este caso, se asume como base del sistema de experimentos docentes desarrollado, una concepción Didáctica Desarrolladora o Integradora que se ha ido conformando y sistematizando en los últimos 15 años, a la luz de diferentes investigaciones pedagógicas realizadas, enriquecida con la práctica docente en Cuba, y que se sustenta en lo mejor de las tradiciones pedagógicas nacionales e internacionales.

Se considera que la enseñanza desarrolladora “es el proceso sistémico de transmisión de la cultura en la institución escolar en función del encargo social, que se organiza a partir de los niveles de desarrollo actual y potencial de los estudiantes, y conduce al tránsito continuo hacia niveles superiores de desarrollo, con la finalidad de formar una personalidad integral y autodeterminada, capaz de transformarse y transformar su realidad en un contexto histórico concreto, siendo lo esencial, la autodeterminación, según la cual el sujeto deviene agente de su propio desarrollo. El aprendizaje desarrollador es aquel que garantiza en el individuo la apropiación activa y creadora de la cultura, propiciando el desarrollo de su auto-perfeccionamiento constante, de su autonomía y autodeterminación, en íntima conexión con los necesarios procesos de socialización, compromiso y responsabilidad social” (Castellanos, D. et al., 2001).

Presentamos a continuación los aspectos fundamentales la Didáctica Desarrolladora que sirven de base a la investigación realizada:

- Aprendizaje a partir de la búsqueda del conocimiento, utilizando en la clase métodos y procedimientos que estimulen el pensamiento reflexivo, llegar a la esencia y que vinculen el contenido con la vida.
- Fortalecimiento de la observación y descripción en el proceso de búsqueda del conocimiento, como premisas del pensamiento científico.
- El experimento como elemento estimulador de la actividad hipotética reflexiva y del vínculo de la teoría con la práctica.
- Promover la unidad dialéctica entre la actividad colectiva y la individual en la que ambas se complementen, estimulando la socialización y la comunicación en un clima favorable al aprendizaje.
- Tener en cuenta los momentos de la dirección de la actividad cognoscitiva: la motivación, la orientación, la ejecución y el control.
- Importancia del trabajo independiente y creador.

Exigencias didácticas del sistema de experimentos

Con el fin de precisar la importancia del sistema de experimentos y los objetivos que éste debe cumplir dentro del proceso de enseñanza aprendizaje de la óptica en las carreras de ingeniería, se hace necesario, que su diseño y construcción cumpla con las siguientes exigencias didácticas:

- Revelar el vínculo teoría práctica de la asignatura óptica.
- Consolidar los núcleos teóricos de la óptica a través de experimentos donde se reproduzcan fenómenos fundamentales que estas teorías explican.
- Revelar la interrelación entre los mismos, tanto para la sistematización de los núcleos teóricos, como para el desarrollo de las habilidades experimentales de medición y montaje.
- Conjuguar el trabajo individual con el colectivo.
- Favorecer el tránsito de la dependencia a la independencia en el trabajo experimental del estudiante.
- Contribuir desde la disciplina óptica en el plano teórico y experimental a la formación del modo de actuar del ingeniero.
- Considerar mecanismos de control como momentos necesarios para el tratamiento diferenciado de cada estudiante en el trabajo de laboratorio.
- Establecer diferentes niveles de ayuda, de acuerdo a los niveles de desarrollo de cada estudiante y del grupo.

3. Resultados y Discusión

Diseño y construcción de un sistema de experimentos docentes basado en la utilización de un puntero de diodo láser para la enseñanza aprendizaje de la óptica en carreras de ingeniería

Se definen como características distintivas del sistema de experimentos las siguientes:

- La utilización de un Puntero de Diodo Láser.
- Abarca todos los núcleos temáticos de la óptica: óptica geométrica, óptica ondulatoria y óptica cuántica.
- Diseñado para todos los tipos de experimentos docentes y tipos de clase relacionados.
- Permite realizar prácticas de laboratorio no tradicionales.
- Grado de compactación y movilidad de las demostraciones.
- Bajo costo de los experimentos.
- Permite la visualización y observación de manifestaciones de los diferentes fenómenos y leyes físicas de la óptica.
- Por su versatilidad y facilidad de manipulación, los experimentos pueden ser reproducidos por los estudiantes en sus casas.

En la figura 2 se muestra la relación entre elementos fundamentales del diseño y construcción del sistema de experimentos desarrollado.

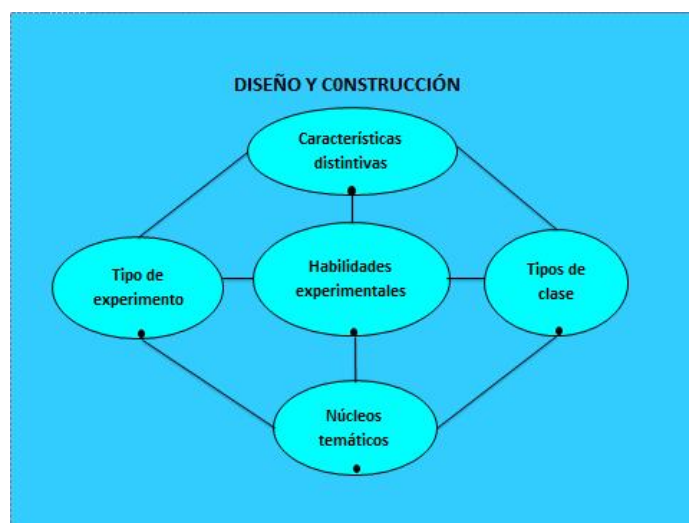


Figura 2: Elementos fundamentales del diseño y construcción del sistema

Se seleccionaron tres tipos de experimentos docentes para los diferentes tipos de clase:

El experimento docente demostrativo, es un experimento que realiza el profesor o uno de los estudiantes encargado por él; el grupo observa y luego participa en el análisis e interpretación de los resultados junto con el profesor.

Las prácticas de laboratorio, se caracterizan porque son realizadas por los estudiantes, bajo la orientación e instrucciones del profesor. Incide en la consolidación y profundización de los conocimientos y en la integración teoría-práctica; se adquieren además hábitos de trabajo experimental e individual.

El experimento en su variante investigativa, está relacionado directamente con la enseñanza y se caracteriza por la formulación y solución de problemas, enfrentar situaciones experimentales integradoras de aprendizaje y de aplicación. El experimento en esta variante, motiva a los estudiantes, les desarrolla habilidades experimentales, creatividad y regula la adquisición de nuevos conocimientos. Para realizar el diseño de experimentos docentes en su variante investigativa se

tiene en cuenta el desarrollo de la habilidad de acción creadora que no aparece incluida en las habilidades experimentales declaradas con anterioridad en la literatura consultada. Cada experimento según en el tipo de clase donde se realice, desarrolla una determinada habilidad como se muestra en la tabla 1.

Tipos de experimentos docentes	Tipos de clase	Tipos de habilidades más desarrolladas
Demostrativos	Conferencias, clases prácticas y seminarios	Observación
Prácticas de laboratorio	Laboratorio	Medición y montaje
Como investigación	Laboratorio y seminarios especiales	Observación, medición y montaje

Tabla 1: Tipos de experimentos docentes y habilidades desarrolladas en función del tipo de clase

En la figura 3 se muestran algunos de los elementos fundamentales del sistema de experimentos construido.



Figura 3: Elementos del sistema de experimentos construido

La holografía es un tema de la física que mantiene su actualidad (Salloum, S. A., Alhumaid, K., Alfaisal, A. M., Aljanada, R. A., & Alfaisal, R.,2024, Yu, Q., Li, B. M., & Wang, Q. Y. ,2024). Uno de los aspectos más novedoso es, dentro del tipo de experimento en su variante investigativa, la instalación experimental portátil diseñada para la obtención de hologramas en la escuela y en la casa que se muestra en la figura 4 y los hologramas obtenidos que se muestran en la figura 5.



Figura 4: Instalación experimental portátil diseñada para la obtención de hologramas en la escuela y en la casa

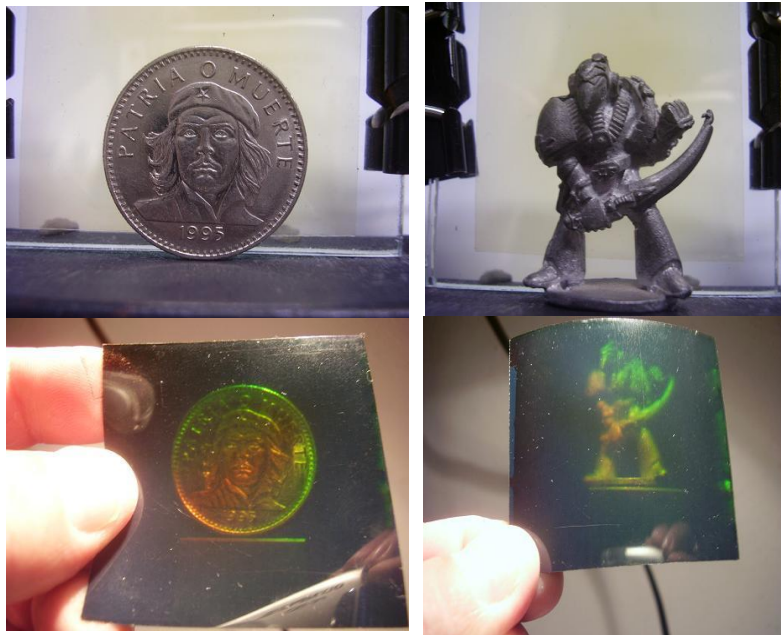


Figura 5: En la parte superior los objetos holografiados y debajo los hologramas obtenidos

En la tabla 2 se muestran los diferentes experimentos seleccionados y diseñados según los diferentes núcleos temáticos de la asignatura óptica.

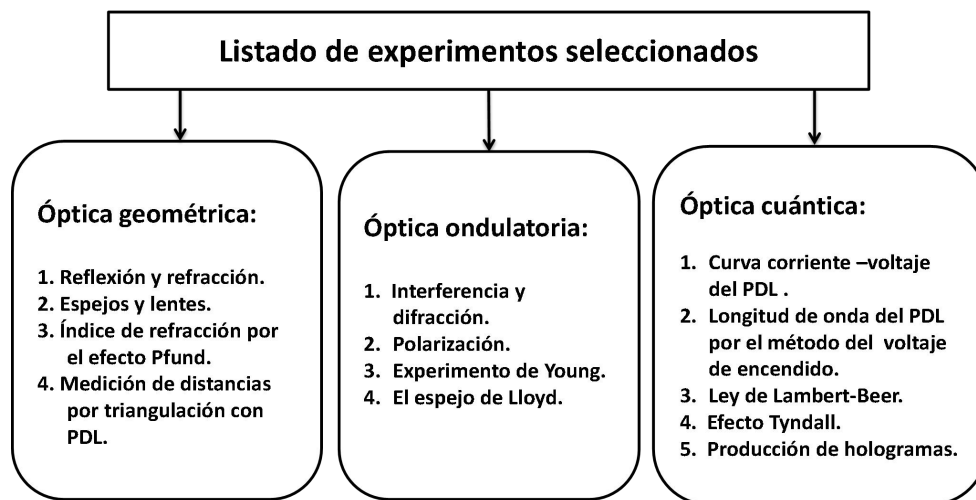


Tabla 2: Experimentos seleccionados según los diferentes núcleos temáticos

Se diseñó como ayuda un manual para su utilización con orientaciones para docentes y estudiantes y un conjunto de guías de trabajo para ser utilizadas en las diferentes formas de enseñanza. A continuación, se muestra la estructura fundamental del manual del sistema de experimentos desarrollado:

- Introducción.
- Presentación del manual.
- Orientaciones para el profesor.

- Orientaciones para el estudiante.
- Experimentos según los diferentes núcleos temáticos.
- Glosario de términos sobre el láser.
- Equipamiento básico para realizar los experimentos.
- Bibliografía.

Valoración de los resultados obtenidos en la aplicación del sistema de experimentos docentes desarrollado

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la valoración realizada de la utilización del sistema propuesto por profesores y estudiantes.

Los instrumentos aplicados fueron encuestas de entrada y salida a estudiantes y encuesta y entrevista a profesores que impartieron la asignatura y de otras universidades de ingeniería.

A continuación, explicaremos las características de la población y de la muestra utilizada en el proceso de valoración de la propuesta:

	Población	Muestra
Estudiantes	120	120
Profesores	6	6

Principales conclusiones de la valoración de los resultados:

Con relación a la contribución al incremento de la apropiación de leyes y conceptos estudiados:

- Incremento de la profundidad y complejidad de los exámenes de la asignatura.
- Se logra una mejor comprensión de los fenómenos, leyes y conceptos de óptica, manifestados en un incremento de la calidad y profundidad de las respuestas en los exámenes.

Con relación al desarrollo de habilidades experimentales:

- Observación: mejor descripción de las características de los fenómenos estudiados.
- Medición y montaje: incremento de la rapidez de realización de las prácticas de laboratorio, mayor independencia y mayor facilidad de manipulación.

4. Conclusiones

- Se realizó la fundamentación pedagógica y psicológica del sistema de experimentos docentes propuesto, tomando como base el enfoque histórico cultural de Vigotsky y la concepción didáctica desarrolladora como base del sistema de experimentos propuesto y se definieron las exigencias didácticas para el diseño y construcción del sistema de experimentos docentes de óptica con la utilización de un PDL.
- Se realizó el diseño y construcción de un sistema de experimentos docentes analizando los cuatro elementos fundamentales que lo integran: los medios de enseñanza, los diferentes tipos de experimentos desarrollados, los diferentes núcleos temáticos de la asignatura y los diferentes tipos de clase, relacionados con el desarrollo de las habilidades experimentales de los estudiantes.
- Se ha presentado el diseño y construcción de una instalación experimental portátil novedosa diseñada para la fabricación de hologramas en la escuela y en la casa y se han mostrado los hologramas obtenidos con la misma.
- Se diseñó un manual para su utilización con orientaciones para docentes y estudiantes y un conjunto de guías de trabajo para ser utilizadas en las diferentes formas de enseñanza.

- Se realizó la valoración de los resultados obtenidos con la utilización del sistema de experimentos docentes desarrollado por estudiantes y profesores mediante la aplicación de diferentes instrumentos que permitieron comprobar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Referencias

1. Zavala, J. S. *Caso de éxito del aprendizaje activo en la enseñanza aprendizaje de física en ingeniería*. ANFEI Digital, 2024, 16, p. 100-100.
2. Villacreses-Zambrano, J. P., Rosado-Cusme, K. A., & Cevallos-Reyes, C. B. *Tracker para la enseñanza de la Física I: una experiencia con estudiantes de educación superior*. MQRInvestigar, 2024, 8(3), p. 5765-5779.
3. Reyes-Céspedes, P. I., Moreno-Toiran, G., & Reyes-Céspedes, E. *Tendencias de la actividad experimental en la formación inicial de los profesores de Física en Cuba*. Luz, 2023, 22(2), p. 20-31.
4. Navarro, N. S., & Maturana, J. C. *Física experimental para ingeniería, el desafío de implementar la retroalimentación en el laboratorio*. Revista de Enseñanza de la Física, 2024, 36, p. 317-323.
5. Pala, L., Scancich, M., & Yanitelli, M. *Buscando transformar las prácticas docentes en el laboratorio de Física universitaria*. Revista de enseñanza de la física, 2024, 36(2), p. 17-29.
6. Vigotsky, L. *Historia de las funciones psíquicas superiores*, 1987, Editorial Científico-Técnica. La Habana.
7. Castellanos, D. et al. *Hacia una concepción del aprendizaje desarrollador*, 2001, ISPEJV. La Habana.
8. Salloum, S. A., Alhumaid, K., Alfaisal, A. M., Aljanada, R. A., & Alfaisal, R. *Adoption of 3D Holograms in Science Education: Transforming Learning Environments*, 2024, IEEE Access.
9. Yu, Q., Li, B. M., & Wang, Q. Y. *The effectiveness of 3D holographic technology on students' learning performance: A meta-analysis*. Interactive Learning Environments, 2024, 32(5), p. 1629-1641.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

Contribución de los autores

José Benigno Lemus Alarcón. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8550-7840>

Conceptualización y sistematización de ideas; formulación de la fundamentación teórica; recopilación de datos; aplicación de técnicas estadísticas; conclusiones; redacción del manuscrito original.

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

Conceptualización y sistematización de ideas; revisión y perfeccionamiento de las versiones, realización de los hologramas, redacción de partes del manuscrito, adaptación a las normas de autores para la revista.