

## El teléfono inteligente en la obtención de imágenes en oftalmología y su aplicación en el aprendizaje

The Smartphone in Ophthalmology Imaging and its Application in Learning

Odisbel Torres González<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8080-8306>

Beatriz N. Rodríguez Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0461-3210>

Yuri Fernández Gómez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7563-0686>

Andrés Queupumil Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1539-6701>

Miguel Ángel Hernández Rodríguez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6163-8700>

<sup>1</sup>Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”. La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [odisbeltg@gmail.com](mailto:odisbeltg@gmail.com)

### RESUMEN

La imagen es parte de la columna vertebral en la medicina y que llega a su máximo punto en la Oftalmología. La importancia de la fotografía ocular va desde registrar condiciones médicas específicas, rastrear la progresión de enfermedades y crear ilustraciones para la publicación y la enseñanza; en resumen, una herramienta indispensable para el diagnóstico. Los aditamentos que en la presente publicación mostramos, son el resultado de una investigación de desarrollo que se realizó en el Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer”, durante el año 2021 con el objetivo de crear aditamentos que, acoplados a los teléfonos inteligentes, permiten tomar imágenes en el área de la Oftalmología utilizando la tecnología de impresión 3D. Inicialmente se identificaron los lugares que permitan crear imágenes en la especialidad con un aditamento y el teléfono inteligente, posteriormente se procederá a diseñar los aditamentos de acuerdo a las características del lugar donde se van a utilizar y finalmente mostramos la utilidad de los prototipos diseñados en la práctica docente.

**Palabras clave:** fotografía de fondo de ojo; aprendizaje en oftalmología; imágenes en oftalmología.

## **ABSTRACT**

Imaging is part of the backbone in medicine and it reaches its peak in Ophthalmology. The importance of ocular photography ranges from recording specific medical conditions, tracking disease progression, and creating illustrations for publication and teaching; in short, an indispensable tool for diagnosis. The attachments, which we show in the present publication, are the result of a development research that was carried out at the Cuban Institute of Ophthalmology "Ramón Pando Ferrer" during the year 2021 with the aim of creating attachments that, coupled to smartphones, allow taking images in the area of Ophthalmology using 3D printing technology. Initially we identified the places that allow creating images in the specialty with an attachment and the smartphone, then we will proceed to design the attachments according to the characteristics of the place where they will be used and finally we show the usefulness of the designed prototypes in the teaching practice.

**Keywords:** fundus photography; ophthalmology learning; ophthalmology imaging.

Recibido: 22/02/2022

Aprobado: 14/03/2022

## **Introducción**

Históricamente, el método clínico se conformó como expresión del método científico en el proceso salud-enfermedad del individuo, su enseñanza adquirió gran desarrollo bajo los avances técnicos de exploración diagnóstico y terapéutico.<sup>(1)</sup>

Desde la época galénica, la clínica clásica se basa en el interrogatorio y del proceso que incluye: inspección, palpación, percusión y auscultación<sup>(2)</sup> que ayuda al médico a integrar síntomas y signos para llegar al diagnóstico y tratamiento. “Tal masa impresionante de conocimientos se mezcla con la tecnificación de la medicina, la invasión de las ciencias

físicas, químicas y matemáticas que dieron luz a las especialidades médicas”.<sup>(3)</sup> La física óptica ya tenía grandes avances teóricos que permitieron a Helmholtz dar orientación instrumental a la inspección con el primer oftalmoscopio directo en 1851, que se perfecciona con Gullstrand y la lámpara de hendidura en 1910.<sup>(4)</sup> La clínica oftalmológica es impulsada hoy en día por otros avances como las diferentes técnicas de tonometría para cuantificar la presión intraocular, los lentes aéreos para observar la retina con detalle o la gonioscopia para dividir a los glaucomas de ángulo cerrado y abierto.<sup>(5)</sup>

La Oftalmología de hoy posee materiales y tecnología de tan alta complejidad que la posicionan como innovadora de los avances médicos; lo que también encarece su atención y formación por el nivel de complejidad que implica disponer de todos los instrumentos necesarios para cumplir con las normas y criterios actuales. El costo de una cámara no midriática para pesquisa de retinopatía diabética o glaucoma, o disponer de los nuevos microscopios y lámparas con sistema digital lo comprueban.<sup>(6)</sup>

La medicina ha crecido tanto que ha tenido que dividirse aún después de su entrenamiento formal e inicial en distintas áreas del conocimiento que garantizan la especialización y ese es el caso de la oftalmología. En Cuba se designa como residente a un profesional en formación del Sistema Nacional de Salud; y como tutor (para fines de este trabajo como especialista en oftalmología) al profesor que se responsabiliza con la formación integral del residente. La tutoría es una forma de asesoría individual, en la que se desarrolla un proceso pedagógico en el que se producen y consolidan conocimientos, habilidades y valores, mediante la actividad del profesor en la explicación y orientación de las tareas que debe realizar el residente en su quehacer como elemento activo del proceso de aprendizaje, y una sistemática actividad de observación y control.<sup>(7)</sup> Junto al tutor, existen otros profesores que participan en la formación académica del residente.

El tutor es quién dirige el pensamiento clínico general del médico principiante para introducirlo en un nuevo lenguaje que describa los hallazgos de su interrogatorio y exploración.<sup>(8)</sup> El residente se volverá el centro de atención pedagógica en el proceso de heredar y procesar el progresivo avance de mejoras y versatilidad de todos instrumentos disponibles de la oftalmología, que sus maestros dominan con anterioridad; y que hoy en día tienen potencial para examinar y llegar hasta ambos extremos: segmento anterior y posterior del ojo, así como grabar permanentemente las imágenes necesarias para obtener los conocimientos para el futuro profesional.<sup>(9)</sup>

Los sistemas de imágenes de segmento anterior y polo posterior del ojo, que incluyen retinografía a color y los sistemas de captura de imágenes que se acoplan a los microscopios quirúrgicos para tomar videos de las cirugías, son tecnologías de un alto costo y que en nuestro país son difíciles de adquirir, no siempre permiten una cobertura universal de estas tecnologías. Cuando se examina el paciente por varios residentes en formación en ocasiones genera discomfort por la molestia que genera la luz.

También la pandemia del coronavirus del 2019 (COVID-19) ha tenido un impacto significativo en las actividades prácticas y la enseñanza didáctica de los residentes. Si se tiene en cuenta que el examen oftalmológico en esta especialidad se basa fundamentalmente en un examen físico para hacer el diagnóstico que se realiza a una corta distancia del paciente y con una duración prolongada, donde cualquier contacto más de 1 a 2 min de exposición es considerado prolongado y facilita los riesgos de transmisión.<sup>(10)</sup>

En un estudio publicado del 2020 en Inglaterra, se recopiló un total de 504 respuestas analizables de 32 países diferentes. El impacto actual de la pandemia COVID-19 fue descrito como "severo" por la mayoría de los alumnos (55,2 %). La gran mayoría de los alumnos informaron una disminución  $\geq 50$  % de la actividad clínica (76,4 %) y  $> 75$  % de la actividad quirúrgica (74,6 %).<sup>(11)</sup>

En parte, esta brecha se puede suplir con otras tecnologías adyuvantes como la impresión 3D y el uso de los teléfonos inteligentes.

La impresión 3D es rápida, se establezca como una técnica de fabricación avanzada y transformadora capaz de crear un objeto 3D sólido a partir de un modelo digital, de baja demanda y a un costo relativamente bajo, lo que permite fabricación de formas, superficies y arquitecturas complejas y personalizables utilizando diversos materiales permitiendo una aplicación adecuada en el ámbito sanitario.<sup>(12)</sup>

Los teléfonos inteligentes son los que tienen funciones adicionales a las de un teléfono móvil tradicional.

Estas sugerencias no son nuevas, ya se ha descrito al teléfono inteligente como modelo para la fotografía de fondo de ojo como una proyección de bajo costo en países de ingresos bajos y medianos; teniendo como ventajas que es: barato, portátil y con la capacidad de transmisión de imágenes.<sup>(13)</sup> Se ha documentado una sensibilidad y especificidad contra métodos sofisticados y avalados dentro del mercado como contra la fotografía midriática

de fondo campo-7 para la detección de retinopatía diabética del 50 % y 94 %, respectivamente, así como de 81 % y 94 % al compararlo con la fotografía no midriática de fondo.<sup>(14)</sup>

La fotografía con la lámpara de hendidura a través de adaptadores comenzó sus primeras recomendaciones para lograr mejores fotos del segmento anteriores maniobrando los sistemas de observación e iluminación de la lámpara con el móvil<sup>(15)</sup> que funcionan bien para tecnología LED, pero que deben incorporar de manera adicional al smartphone técnicas para regular el balance de blancos y gran poder luminoso de las tecnologías de xenón de los microscopios quirúrgicos para la visualización fotográfica.<sup>(16)</sup>

Con el uso generalizado del teléfono inteligente para la vida cotidiana, permite que los residentes en su mayoría cuenten con estos dispositivos y sería agregar otro uso a esta tecnología de la cual ya se han apropiado.

Así surgió la necesidad de crear aditamentos acoplados al teléfono móvil inteligente para tomar imágenes en oftalmología que permita la documentación de las enfermedades oculares, intercambio docente-asistencial entre los profesionales, encaminado a la formación del residente y a una mejor atención oftalmológica. Con el objetivo de crear aditamentos que acoplados a los teléfonos inteligentes permitan tomar imágenes en oftalmología. Para ello se utilizó la tecnología de impresión 3D de un trabajador por cuenta propia.

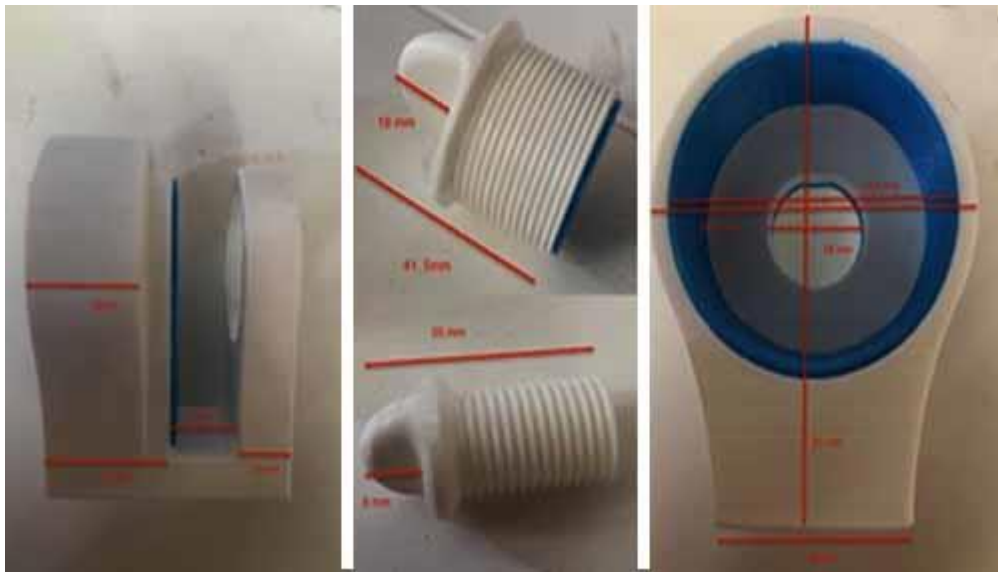
## Desarrollo

Los aditamentos que en la presente publicación mostramos son el resultado de una investigación de desarrollo que se realizó en el Instituto Cubano de Oftalmología “Ramón Pando Ferrer” durante el año 2021.

Previa investigación y varios cálculos de los visores de varias lámparas de hendidura, distintos tipos de lentes de 20 dioptrías y con el microscopio quirúrgico de la marca Carl Zeiss, y distintos tipos de teléfonos móviles. Así se diseñaron los aditamentos de acuerdo a las características del lugar donde se va a utilizar, se realizó el diseño y modelación de los aditamentos y posteriormente la fabricación de los prototipos, hasta iterar entre los dos objetivos anteriores hasta lograr el prototipo adecuado y se obtuvieron 2 aditamentos

ajustables uno para la lámpara de hendidura y el microscopio quirúrgico (figura 1) y otro para tomar fotos de fondo de ojo con la lupa de 20 dioptrías (figura 2).

Se utilizó el material de PLA (ácido poliláctico) utilizando impresión 3D (FDM), es un termoplástico biodegradable, producido a partir de ácido láctico, un producto natural, obtenido por fermentación de fuentes renovables como el almidón de maíz o la caña de azúcar.

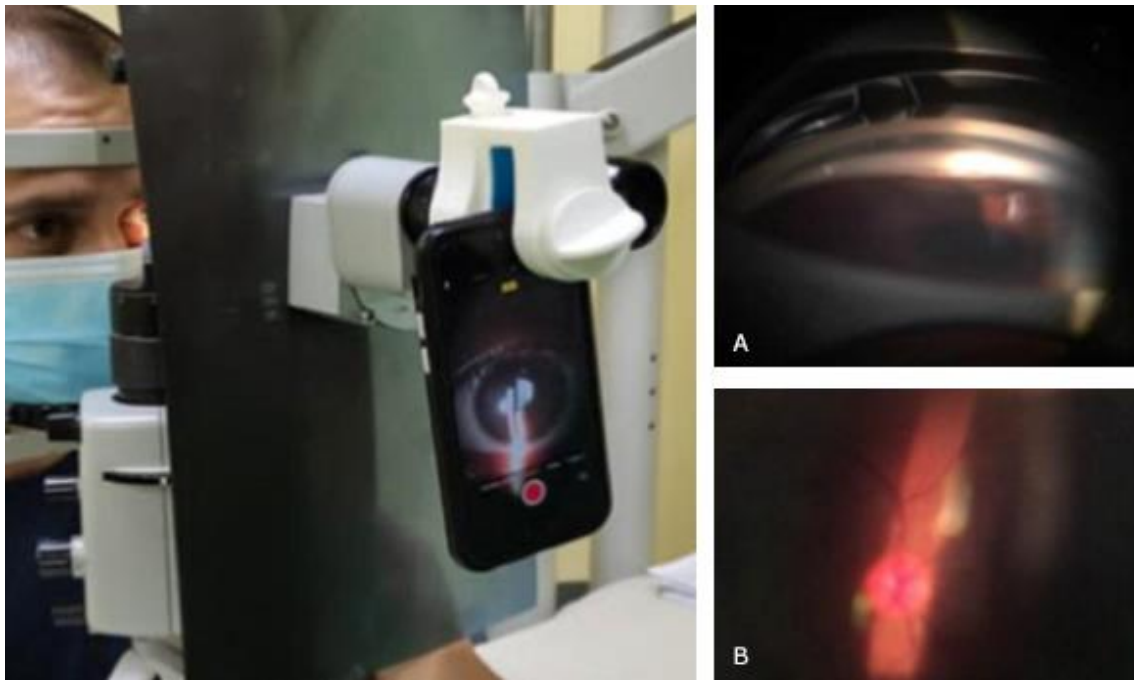


**Fig. 1-** Aditamento para lámpara de hendidura y microscopio quirúrgico.



**Fig. 2-** Aditamento para tomar imágenes de fondo de ojo acoplado a teléfono inteligente y usando lupa de 20 dioptrías Volk.

Se muestran ejemplos del uso práctico de los dos aditamentos. En la figura 3, la lámpara de hendidura y en la figura 4, usando la lupa de 20 dioptrías para el fondo de ojo. Se toman video y posteriormente se selecciona la mejor imagen. Se realiza captura de la pantalla del móvil. Siempre se pide el consentimiento del paciente, manteniendo la confidencialidad en relación con la identidad del paciente, sólo utilizándolo con fines de aprendizaje.



**Fig. 3-** Aditamento para lámpara de hendidura. A. Gonioscopía. B. Biomicroscopía de polo posterior.



**Fig. 4-** Aditamento para capturar imágenes de fondo de ojo.



Aplicación de los dos aditamentos acoplados a los teléfonos inteligentes en la práctica docente:

- Permite en tiempo real mostrar los elementos del examen normal del segmento anterior y posterior del ojo lo que facilita el aprendizaje con los oftalmoscopios.
- Muestra las evidencias de las enfermedades del segmento anterior y posterior.
- Permite al residente consultar con las imágenes en el mismo instante con los profesores expertos en la enfermedad encontrada, lo que permite el intercambio en tiempo real.
- Le permite al residente llevar el seguimiento del caso para una mejor comprensión de la enfermedad.
- Se evita los exámenes de varios residentes, lo cual es muy molesto para el paciente. Así el profesor puede dar una explicación del caso con el video tomado
- Constituye evidencia de lo que ve el residente al momento del examen.
- En el salón de operaciones permite realizar la grabación de las cirugías para un posterior análisis.
- El propio paciente puede tener sus imágenes dada las bondades del teléfono móvil, que permite además la referencia y contra referencia del paciente en caso necesario. Permite poder explicarle mejor al paciente su enfermedad y la necesidad del tratamiento.

Esto es una muestra de cómo se puede usar la tecnología informática a través del teléfono inteligente usando aditamento de impresión en 3D de confección nacional. Con ello es posible el ahorro en la obtención de tecnologías costosas; además, brinda una nueva prestación para los teléfonos inteligentes que se usa en la vida cotidiana. Esto resulta en que se pueda obtener una imagen del ojo en cualquier nivel de salud que colabore en el aprendizaje del personal en formación y también garantice un diagnóstico precoz y tratamiento oportuno a nuestros pacientes, para la prevención de la discapacidad visual.

## Referencias bibliográficas

1. Martínez-Asanza D. Acerca de la educación en el trabajo, principio rector de la educación médica cubana. FEM. 2021;24:325. DOI: <http://dx.doi.org/10.33588/fem.246.1158>
2. Seidel MS, Ball JW, Dains JE, Flynn JA, Solomon BS, Stewart R W. Manual Mosby de exploración física. 7ma edición. Madrid, España: Elsevier; 2014. P. 886.
3. Chávez I. Aspiración a un nuevo humanismo: grandeza y miseria de la especialización médica. Colegio Nacional. 1ra edición. 2017. ISBN 9786077242352. <https://revistas.ues.edu.sv/index.php/launiversidad/article/download/1346/1272>
4. Rio Torres M, Capote Cabrera A, Hernández Silva JR, Eguías Martínez F, Padilla González CM. Oftalmología. Criterios y tendencias actuales. 2nda edición. La Habana, Cuba: Ciencias Médicas; 2009. 911 p. [http://www.bvs.sld.cu/libros/oftalmologia\\_criterios/indice\\_p.htm](http://www.bvs.sld.cu/libros/oftalmologia_criterios/indice_p.htm)
5. Alward WLM, Longmuir RA. Color Atlas of Gonioscopy. 2nda edición. San Francisco, CA: American Academy of Ophthalmology; 2008. 128 p. <https://www.aao.org/disease-review/color-atlas-of-gonioscopy>
6. MINSAP. Reglamento de régimen de residencia en ciencias de la salud. Legislación académica de Cuba; 2020. <http://instituciones.sld.cu/ucmh/files/2019/10/minsap-res-108-2004-reglamento-del-regimen-de-la-residencia.pdf>
7. Menezo Rozalén JL, España Gregori E. Técnicas exploratorias en oftalmología. 1era edición. Barcelona, España: Espaxs; 2006. 526 p. <https://www.oftalmologos.org.ar/catalogo/items/show/3617>
8. García A. La cirugía experimental oftalmológica para formar especialistas en el marco de la Misión Milagro. Rev Med Electron. 2009[acceso 20/09/2021];31(2). <http://revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/590>
9. Yolcu U, Faruk Sahin O, C. Gundogan F. Imaging in Ophthalmology. Ophthalmology - Current Clinical and Research Updates. [Pinakin Davey](#). 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/58314>

10. Fajardo Ortiz G, Robledo H. Gestión de la atención médica, herramienta fundamental para los médicos residentes. *Cirugía y cirujanos*. 2018;86(1):71-8. DOI: <http://dx.doi.org/10.24875/CIRU.M18000005>
11. Daniel B, Moore M. Not a Cheap Investment: Estimating the Cost of the 2017 to 2018 Ophthalmology Residency Match to the Applicant and Program. *J Acad Ophthalmol*. 2018;10(1):e158–e62. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0038-1675846>
12. Ferrara M, Romano V, Steel DH, Gupta R, Iovino C, Van Dijk EHC. Reshaping ophthalmology training after COVID-19 pandemic. *Eye (Lond)*. 2020;34(11):2089-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41433-020-1061-3>
13. Choonara YE, du Toit LC, Kumar P, Kondiah PPD, Pillay V. 3D-printing and the effect on medical costs: a new era? *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res*. 2016;16(1):23–32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1586/14737167.2016.1138860>
14. Ryan ME, Prathiba V, Anjana RM, Ranjani H, Venkat Narayan KM, Olsen TW, *et al*. Comparison Among Methods of Retinopathy Assessment CAMRA Study. *Ophthalmology*. 2015;122(10):2038-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.ophtha.2015.06.011>
15. David ZY Ch, Clement WT T. Smartphone Imaging in Ophthalmology: A Comparison with Traditional Methods on the Reproducibility and Usability for Anterior Segment Imaging. *Annals Academy of Medicine*. 2016;[acceso 20/09/2021]45(1):6-11. <https://www.annals.edu.sg/pdf/45VolNo1Jan2016/MemberOnly/V45N1p6.pdf>
16. Raju B, Raju NSB, Raju A, Sudhakaran CP, Abdul R. Digital video recording and achieving in ophthalmic surgery. *Indian J Ophthalmol*. 2006;54(1):53-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.4103/0301-4738.21619>

### Conflicto de intereses

Los autores plantean no tener conflicto de intereses en la presente investigación.