

## **Sistema de Información basado en Norma Dicom para aplicaciones oftalmológicas orientadas a Retinopatías del Prematuro**

Adrián Salvatelli, Alejandro Hadad, Gustavo Bizai, Diego Evin

Laboratorio de Sistemas de Información, Departamento Académico Informática,  
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos  
Ruta 11, Km 10,5, Oro Verde, Entre Ríos, 0343-475100, Interno 149  
{adrian.salvatelli, alejandro.hadad, gustavo.bizai, diego.evin}@uner.edu.ar

### **Resumen**

La adquisición de imágenes para la evaluación de la Retinopatía del Prematuro presenta desafíos tanto en lo que refiere a la calidad de la imagen como en la estandarización hacia el estándar Dicom para su conformación como modalidad. En este sentido este proyecto desarrolla e implementa un desarrollo para la estandarización de las imágenes y videos provenientes de los estudios oftalmológicos de pacientes prematuros y aborda la problemática de preprocesamiento y procesamiento de dichos estudios a fin de mejorar la calidad para la mejora de los procesos de toma de decisiones.

**Palabras clave:** Retinopatía del Prematuro, Adquisición de Imágenes, Estandarización, Preprocesamiento

### **Contexto**

La línea de I+D+i presentada es parte del Proyecto de Investigación y Desarrollo PIDUNER N°6205 “Sistema de Información basado en Norma Dicom para aplicaciones oftalmológicas

orientadas a Retinopatías del Prematuro (ROP)”, financiado por la Universidad Nacional de Entre Ríos y ejecutado en el ámbito de la Facultad de Ingeniería (FI-UNER) [1, 2, 3].

### **Introducción**

La Retinopatía del Prematuro (ROP) es una enfermedad del desarrollo de los vasos retinianos y el vítreo, con anormal maduración y diferenciación celular en una retina que no ha completado su maduración debido a que el bebé nació prematuramente. Esta patología, comparte características fisiopatológicas comunes con otras retinopatías proliferativas asociadas a isquemia focal y aparición consiguiente de neovascularización, cómo la retinopatía diabética [4].

Puede prevenirse, en la mayoría de los casos, en Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) con infraestructura adecuada y personal suficiente y capacitado que realice un correcto manejo de conductas perinatales y que controle los factores de riesgo mencionados (prevención primaria). El diagnóstico oftalmológico en el momento adecuado a través de la pesquisa

sistemática y el tratamiento oportuno mejoran el pronóstico visual de los niños (prevención secundaria) [5].

Estas pesquisas deben realizarse con mucha frecuencia, durante el seguimiento del paciente, y posterior a su alta médica. Esto supone un gran número de imágenes e información valiosa que debe registrarse, y realizar un seguimiento de cada paciente.

### *Factores que afectan la calidad*

#### *Diagnóstica*

Para la realización del estudio, se utiliza el Oftalmoscopio Binocular Indirecto (vincha de cabecera) OBI, contra sistemas de imágenes de contacto de gran angular (por ejemplo, RetCam; Clarity Medical Systems, Pleasanton, CA, EE. UU). El primero no permite un registro y menos aún una vinculación con registros médicos electrónicos. El segundo es un sistema dedicado con poder de integración fácilmente a una red de telemedicina. Obviamente la calidad en el poder diagnóstico entre estos dos equipos es muy diferente.

La calidad de la imagen es un factor importante para una detección ROP efectiva y confiable. Esto es particularmente un problema en los fondos con pigmento oscuro o en bebés con pequeñas fisuras palpebrales, que impiden el contacto adecuado de la cámara y la superficie de la córnea (RetCam). La neblina vítrea o corneal debida a prematuridad extrema, hemorragia vítrea o artefactos de movimiento también son factores adicionales que pueden afectar la calidad de la imagen, lo que dificulta su interpretación, ocurriendo esto en muchos casos durante el examen clínico también con OBI. Las imágenes no interpretables

oscilan entre el 8% y el 21% en los estudios publicados [6,7]. Este proyecto se desarrolla a partir de un dispositivo tipo OBI con una posterior etapa de digitalización [1].

Por otro lado el estándar DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) es el estándar reconocido mundialmente para el intercambio de imágenes médicas, pensado para su manejo, visualización, almacenamiento, impresión y transmisión. Incluye la definición de un formato de fichero y de un protocolo de comunicación de red. El protocolo de comunicación es un protocolo de aplicación que usa TCP/IP para la comunicación entre sistemas. Los ficheros DICOM pueden intercambiarse entre dos entidades que tengan capacidad de recibir imágenes y datos de pacientes en formato DICOM.

En oftalmología la AAO (American Academy of Ophthalmology) trabaja en él: WG-09 (Dicom Working Group 09): Ophthalmology [8], ha trabajado y documentado en los datos necesarios en las clases de comunicación DICOM. De esta manera asegura que los equipos utilizados en oftalmología puedan ser integrados a un PACS (Picture Archiving and Communications System) físico o virtual.

### **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

La investigación pertenece al Área Computación Gráfica, Imágenes y Visualización. En relación a la temática específica del proyecto las líneas de trabajo están vinculadas a dos ejes. Por un lado la estandarización norma Dicom adecuando la modalidad de toma de imágenes es oftalmología a través de dispositivos móviles. Por el otro el

análisis de diferentes técnicas de Procesamiento Digital de Señales y de Inteligencia Artificial orientado a la mejora de calidad de imágenes y video a partir de las dificultades que plantea la escena de adquisición de las mismas [1, 2, 3].

## Resultados y Objetivos

En las primeras etapas del proyecto se trabajó en dos ítems muy relevante para el desarrollo. El primero fue el análisis y búsqueda de tecnologías que pudieran ser aplicadas en la implementación del prototipo de software smartphone bajo estándares. El segundo fue el análisis de los primeros videos e imágenes adquiridas, para luego desarrollar una estrategia de implementación para el procesamiento digital de video e imágenes capturadas.

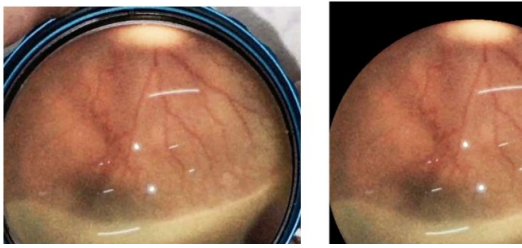
En este sentido se analizaron los recursos existentes con mayor adopción en la actualidad para aplicaciones ROP y otras de similares características. Con dicha información se decidió implementar la aplicación “Smartphone Fundoscopy” para las siguientes tareas:

- Toma imágenes o videos y los convierte a un archivo DICOM.
- Etiqueta el estudio como modalidad OP (ophtalmology).
- Brinda la posibilidad que el profesional pueda buscar de estudios por paciente, fecha de realización, modalidad.
- Cuenta con un visualizador integrado de imágenes DICOM.
- Flexibiliza la posibilidad de ajuste de la aplicación a las pantallas tanto de un Smartphone como a las de PC

Para ello fue necesario definir la arquitectura de Smartphone Fundoscopy, las tecnologías utilizadas, la base de datos, el Sistema de Comunicación y Archivado de Imágenes PACS (Picture Archiving and Communication System), y el lenguaje de programación para llevar las imágenes al estándar DICOM.

En relación al preprocesamiento de las imágenes se ha separado en fotogramas los videos ODI ROP que incluyen el video en crudo del procedimiento, los fotogramas que a su criterio muestran la patología y una planilla donde se establece el diagnóstico ROP según la clasificación estándar. La mayoría de los videos tienen una resolución digital de 3840 x 2160 (8 Mpixels aprox.) con una duración de entre 7 y 32 segundos en formato MOV y MP4. Un 10% de estos estudios, fueron realizados con resolución digital de 1920 x 1080 (2 Mpixels). Ambos estudios fueron obtenidos con un equipo iPhone 8. Iphone y Ipad son dos dispositivos móviles aceptados para uso médico de imágenes por FDA, quien establece una resolución digital mínima, de la imagen completa capturada para uso oftalmológico de 4 Mpixels. La cantidad de fotogramas seleccionados por los expertos varía entre 3 y 4 mayormente representativos por video capturado. El formato del fotograma es RGB con 8 bits por canal de color.

Dentro de estos fotogramas, solo una parte son píxeles de interés para un futuro diagnóstico. Estos “píxeles útiles” se encuentran dentro de la imagen que proyecta la lupa de 28 o 66 Dioptrías. Para un análisis cuantitativo de esta cantidad de píxeles útiles se ha desarrollado scripts que segmentan dicha lupa de cada fotograma y enmascara con color negro la información irrelevante.



**Figura 1 - Imagen con ROP original (izq.) y procesada (der.)**

Analizando cada fotograma procesado y recortado se ha determinado que el 58% de los fotogramas tienen una resolución digital de 2 Mpixels, mientras que el resto una resolución muy inferior. De este 58% la cantidad de píxeles útiles es inferior a 1,2 Mpixels, es decir un promedio aproximado del total de píxeles del %55.

En este mismo análisis se han incluido parámetros obtenidos de los histogramas de los píxeles útiles, resultando sus medias entre los colores 60 y 140 con desvío estándar promedio de 77 valores.

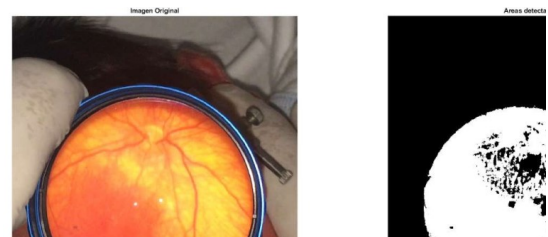
Morfológicamente los histogramas presentan más de 3 modas y los rendimientos de color de cada fotograma es muy disperso.

En una etapa posterior se trabajó sobre distintos modelos gaussianos de PSF para ser utilizados como filtros de deconvolución. De esta manera se han quitado algunas aberraciones ópticas mejorando la calidad visual de la imagen.

Actualmente se está trabajando en una secuencia o pipeline de procesamiento, que consta de etapas de enmascarado de imágenes, registro, normalización, remoción de artefactos, submuestreo, realce de vasos y ensamblado, para la conformación de un mosaico de las imágenes de la retina. De estas tareas, comenzó con la etapa de normalización: todas las imágenes y videos se llevan a un

formato estándar y se asegura de que los niveles de intensidad de las imágenes se encuentren dentro de los marcos definidos.

Luego, se centró en la clasificación de los cuadros informativos (que contienen imagen del fondo ocular) para desechar los no informativos (sin información diagnóstica, lo que sucede durante la manipulación de los párpados del bebé y búsqueda del cuadro de imagen). Comenzó haciendo un análisis en el espacio de colores HSV, referido a tonalidad (Hue), saturación (Saturation) e intensidad (Value). La clasificación en el espacio HSV es más robusta a los cambios de iluminación, sombras y las variaciones de textura que en otros espacios de color. Se especifica un contorno cerrado S en el espacio HSV, donde los píxeles con valores dentro del contorno, se clasifican como retinianos, y se obtiene un puntaje. La puntuación HSV de un fotograma viene dada por la proporción de píxeles de la retina en la imagen con respecto a la cantidad de píxeles totales de la imagen.



**Figura 2 - Imagen original a la izquierda. Imagen con máscara HSV**

Completadas las actividades de preprocesamiento orientadas a mejorar la calidad de imagen se procederá a las actividades de procesamiento de las mismas con el fin de detectar las regiones patológicas en imágenes provenientes de pacientes con ROP.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está conformado por especialistas del área de sistemas de información, inteligencia artificial y bioingeniería. Relacionadas con el Proyecto de Investigación se están generando distintas actividades a nivel de Grado y Posgrado.

## Referencias

- [1] “Análisis de un Sistema de Información para Retinopatías del Prematuro (ROP)”, A.Salvatelli, A. Hadad, D. Evin, G. Bizai, B. Franseschini, B. Drozdowicz, *Revista Argentina de Bioingeniería*, VOL. 24 (3), 2020, pag. 25 – 30. <http://revistasabi.fi.mdp.edu.ar/index.php/revista/article/view/317/354>, Published: 2020-11-09. ISSN 2591-376X.
- [2] Torres, R. M., Saidman, G., Monteoliva, G., & Salvatelli, A. (2020). Networking by WhatsApp: smartphones and their use for Retinopathy of Prematurity (ROP) in Argentina and Latin America. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 61(9), PB00112-PB00112.
- [3] Torres, R. M., Monteoliva, G. A., Saidman, G., Salvatelli, A., Alazard, G., Ortiz-Basso, T., ... & Ghersinich, A. (2019). A novel tool for the retinopathy of prematurity evaluation, associated with a digital indirect ophthalmoscope hands-free device (DIO-HF). *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 60(11), PB032-PB032.
- [4] Retinopatía del Prematuro, Ana Campo Gesto y col, editorial Marban, 2011, cap. 1 , pag. 73, ISBN: 9788471017154.
- [5]. Retinopatía de prematuro en Argentina. Dra. Celia Lomuto, Médica Pediatra Neonatóloga; Coordinadora Grupo ROP Argentina y Programa Nacional de Prevención de la ceguera en la Infancia por ROP. <https://vision2020la.wordpress.com/2015/04/01/retinopatia-del-prematuro-en-argentina/>
- [6] Impact of number and quality of retinal images in a telemedicine screening program for ROP: results from the e-ROP study, David Morrison, MD,<sup>a</sup> Erick D. Bothun, MD,<sup>b</sup> Gui-Shuang Ying, PhD,<sup>c</sup> Ebenezer Daniel, MBBS, MS, PhD,<sup>c</sup> Agnieszka Baumrijer, MS,<sup>d</sup> and Graham Quinn, MD, MSCE,<sup>c,d</sup> for the e-ROP Cooperative Group, *Journal of AAPOS*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaapos.2016.08.004>, Oct. 2016
- [7] Screening and treatments using telemedicine in retinopathy of prematurity (Review), Aristomenis Thanos, Yoshihiro Yonekawa, Bozho Todorich, Darius M Moshfeghi, Michael T Trese, *Eye and Brain Dove press Journal*, 17 August 2016, vol. 8 147–151, available at <https://www.dovepress.com/eye-and-brain-journal>, DOI <https://doi.org/10.2147/EB.S94440>
- [8] WG-09 (Dicom Working Group 09): Ophthalmology, publicación Online, <https://www.dicomstandard.org/wgs/wg-09/>