

Segmentación y Parametrización Automática de Imágenes Iridológicas

Luis Enrique Mendoza¹, Elmer Francisco Meza¹, Oscar Eduardo Gualdron^{2, v}

¹ Programa de Ingeniería en Telecomunicaciones. Universidad de Pamplona

² Programa de Ingeniería Electrónica. Universidad de Pamplona

Resumen—Actualmente el estudio y procesamiento de datos iridológicos viene avanzando de manera importante. Diferentes trabajos han demostrado que es posible realizar detección de algunas patologías usando las características del iris de cada sujeto, pero los resultados mostrados en cuanto a la segmentación del mapa iridológico, no son los más prometedores. En este artículo se presenta una novedosa metodología para obtener la segmentación del iris (mapa iridológico) humano de forma automática y manual usando técnicas de procesamiento de imágenes. Dicha segmentación, fue realizada sobre imágenes a nivel de gris, empleándose para el procesamiento de cada imagen herramientas matemáticas como: integral proyectiva, OTSU, realce de contraste, negativo, binarización, suavizado y filtrado. Con el uso de estas técnicas, se han obtenido diferentes parámetros como son la detección de pupila y detección del iris. Con estos parámetros se inició la segmentación de cada imagen iridológica basada en geometría analítica, dicha segmentación permite parametrizar zonas del iris, que muestran el funcionamiento interno de diferentes sistemas fisiológicos, y de esta forma obtener patrones característicos de dichos sistemas, que en el futuro, lograrán realizar procesos de detección de enfermedades basadas en procesamiento de imágenes iridológicas.

Palabras claves—Iridología; mapa iridológico; procesamiento de imágenes; segmentación.

AUTOMATIC SEGMENTATION AND PARAMETERIZATION IRIDOLOGY IMAGES

Abstract—This paper presents a novel methodology for human iris segmentation automatically and manual using image processing techniques. This segmentation was performed on gray level images, using for processing each image math tools like: comprehensive projective, OTSU, negative contrast enhancement, binarization, smoothing and filtering. Using these techniques, various parameters are obtained for example, the detection of the pupil and iris. With these parameters the iridology segmentation of each image is performed using analytic geometry. This segmentation allows parameterized parts of iris, showing the inner workings of different physiological systems, thus obtaining characteristic patterns of such systems. In the future, will achieve disease detection processes based on image processing iridology.

Keywords—Iridology; Iridology map; Image processing; Segmentation.

SEGMENTAÇÃO AUTOMÁTICA E PARAMETRIZAÇÃO IRIDOLOGIA IMAGENS

Resumo—Actualmente o estudo e processamento de dados iridologia está avançando significativamente. Diferentes estudos têm mostrado que é possível detectar algumas patologias, utilizando as características da iris de cada sujeito, mas os

^v Dirección para correspondencia: oscar.gualdron@unipamplona.edu.co

DOI: <http://dx.doi.org/10.14508/rbme.2016.10.19.13-21>

resultados apresentados como a segmentação do gráfico iridologia, eles não são os mais promissores. Este artigo apresenta uma nova metodologia para a segmentação da íris (quadro da íris) humana automaticamente ou manualmente utilizando técnicas de processamento de imagem. Essa segmentação foi realizada em imagens em nível de cinza, sendo usado para processar cada imagem ferramentas matemáticas como um projetivo integral, Otsu, realce de contraste, negativo, binarização, alisando e filtragem. Utilizando estas técnicas, obtivemos diferentes parâmetros, tais como a detecção de detecção da pupila e da íris. Com estes parâmetros de segmentação de cada imagem iridologia baseado em geometria analítica começou, esta segmentação permite parametrizar áreas da íris, mostrando o funcionamento interno dos diferentes sistemas fisiológicos, e assim obter padrões característicos de tal, que, em futuros sistemas, eles vão conseguir executar processos de detecção com base em doenças iridologia processamento de imagem.

Palavras-chave— Iridologia; Mapa iridologia; Processamento de imagem; Segmentação.

I. INTRODUCCIÓN

La iridología es la ciencia que facilita la evaluación y diagnóstico del cuerpo humano a través del estudio del iris, es decir, el estudio de simbolismos (las manchas toxínicas, la densidad iridiana, las manchas residuales, los signos orgánicos y las coloraciones anormales) que se refleja en las fibras del iris [1], [2]. Cuando se presenta un estado de alteración en cualquier parte del sistema fisiológico, también se manifiesta en el iris expresándose de diferentes formas y tonos de colores. Es decir, un ojo sano no muestra grietas, ni hoyos. En caso contrario, esas alteraciones se pueden determinar cómo típicas marcas de debilidades [2]. Es importante resaltar que el estudio del mapa iridológico y su segmentación ha sido muy poco estudiada, entre los trabajos más relevantes están [3,4,5,6,7], estos trabajos exponen que es posible realizar clasificación de patología y segmentación del iris usando imagenología, estos procesos utilizan una serie de técnicas matemáticas, como PCA, análisis discriminantes, support vector machine y redes neuronales para procesos de clasificación, es importante resaltar que los trabajos desarrollados [6, 7, 8, 9] muestran clasificación usando 1 iris completo, mientras que el trabajo que este trabajo, realiza una segmentación total de mapa iridológico, lo cual permite realizar clasificación de acuerdo al segmento que se desea analizar.

Otros, trabajos relevantes van enfocados hacia la iridología permitieron Detección de Patologías mediante Zonas Somatotópicas mediante la segmentación polar del iris [2], reconocimiento de imágenes mediante redes neuronales artificiales [10] y análisis comparativo de algoritmos en segmentación de iris [11], estos trabajos muestran la importancia que tiene el uso de las imágenes iridológicas en cuanto a patologías se refiere, ya muestran que es posible utilizarse como una técnica de análisis patológico no invasivo.

En este trabajo se propone un nuevo sistema automático de segmentación que permite resolver la necesidad del médico-Iridólogo en el momento de realizar su análisis iridológico, ya que actualmente no existen software que realice la segmentación completa del mapa del iris y de

esta manera realizar detalladamente un examen iridológico. Es importante mencionar las técnicas matemáticas usadas fueron validadas en más de 2000 imágenes, esto permitió desarrollar un algoritmo robusto y confiable. Por otro lado, se plantea la posibilidad de realizar en trabajos futuros técnicas como: deep learning, Adaboosting y máquinas de soporte para conseguir diagnósticos más robusto. Con el desarrollo de este *software* se quiere evitar que el paciente se sienta incomodo al momento de realizar la interpretación del iris y además es un método no invasivo de diagnóstico.

Adicionalmente, este artículo muestra a razón de validación, cómo se puede extraer las diferentes zonas representativas del intestino en el iris del ojo: intestino delgado, ciego, colon ascendente, colon transversal, colon descendente, sigmoide y recto. Es importante mencionar que estos órganos se ven representados tanto en el ojo derecho como en el ojo izquierdo. Existen casos en que algunos órganos solo se encuentran representados en un solo ojo. Finalmente, este artículo contiene las siguientes secciones: sección de materiales, métodos, resultados, conclusiones y trabajos futuros.

II. MATERIALES

La base de datos utilizada fue suministrada por CASIA Iris Image Database V1.0 (*or CASIA-IrisV1 for short*), que consta de 108 carpetas divididas en: 52 carpetas con imágenes de ojos derechos y 56 carpetas con imágenes de ojo izquierdo, cada carpeta contiene 7 imágenes. Las imágenes se encuentran a escala de grises con dimensión de 320x280 píxeles, ver Fig 1. [12].

Para la realización del proyecto se emplearon dos PC de distintos fabricantes con las siguientes características: procesador Intel® Core™ i5 de 2.27GHz eIntel® Core™2 Duo de 1.50 GHz, con memoria RAM de 3GB y 2GB respectivamente. Se realizaron más de 4000 corridas del algoritmo en imágenes distintas. Las técnicas se seleccionaron en función del error de segmentación comparando las áreas de las zonas con respecto a la segmentación manual.

Todos los algoritmos utilizados y diseñados se probaron en igual número de imágenes.

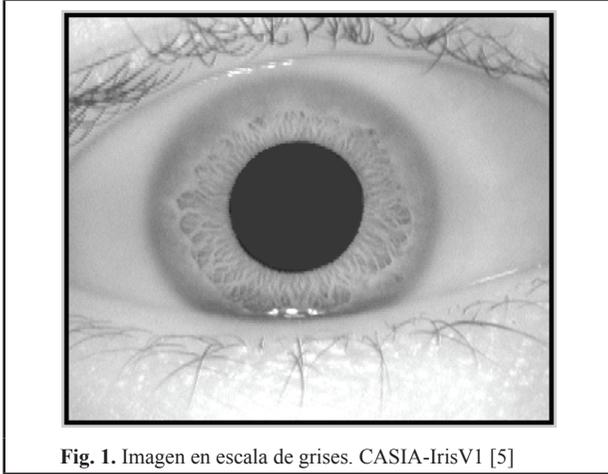


Fig. 1. Imagen en escala de grises. CASIA-IrisV1 [5]

III. MÉTODOS

La sección de métodos presenta el desarrollo paso a paso del sistema y las técnicas usadas para la segmentación del iris y obtener el mapa iridológico.

A) Técnicas empleadas

1) Negativo

Estando las imágenes en escala de grises, se realizó la conversión de la imagen en el negativo, esto da una ventaja para la ejecución del algoritmo correspondiente a la detección del centro de la pupila. Ya que se busca mayor importancia al iris de la imagen y eliminar lo que no corresponde a zona de interés.

La función matemática empleada (1), consiste en una resta de 255 con cada uno de los valores de cada pixel de la imagen.

$$f'(i,j) = [255 - f(i,j)] \quad (1)$$

Donde $f(i,j)$ representa a la imagen original, $f'(i,j)$ representa la imagen en negativo, i son las filas y j las columnas. El resultado de esta técnica se observa en la Fig. 2. En la imagen $f'(i,j)$, se observa como la pupila tiende más al nivel de gris 255 que en el resto de la imagen. Esto indica que el resultado es bastante importante ya que se buscaba, resaltar el iris del resto de la imagen.

1) Método de Otsu

El método de Otsu, propuesto en 1979, es un algoritmo para la determinación automática de un umbral de binarización a partir del histograma de una imagen. Si consideramos que el conjunto de niveles de gris que

conforman una imagen son: $G=\{0,1,2,\dots,L\}$; siendo L el valor máximo de niveles de gris, el umbral que vamos a obtener se considera el punto que parte los pixeles de una imagen en dos clases de niveles de gris $C0=\{0,1,\dots,L\}$; y $C1=\{t+0,t+1,\dots,L\}$; donde t es el umbral óptimo que maximiza la separabilidad de estas dos clases [13].

El método está basado en un análisis discriminante. Un umbral óptimo puede ser determinado minimizando algunas de las siguientes funciones con respecto a t :

$$\lambda = \frac{\sigma^2 B}{\sigma^2 W}, \quad \eta = \frac{\sigma^2 B}{\sigma^2 T}, \quad K = \frac{\sigma^2 T}{\sigma^2 W} \quad (2)$$

Dónde: $\sigma^2 W$, $\sigma^2 B$ y $\sigma^2 T$ son la varianza dentro de la clase, la varianza entre clase y la varianza total respectivamente [14].

De los tres criterios a minimizar, el η es el más simple [13]. Por tanto, el umbral óptimo t' se define como:

$$t' = \arg \min \eta(t) \\ t \in G \quad (3)$$

Dónde: G es el conjunto de enteros positivos que representa los niveles de gris [14]. El método de OTSU, en pocas palabras busca el umbral óptimo para lograr desarrollar una binarización en una imagen. En este trabajo se realizaron diferentes pruebas de selección de umbrales entre las más comunes están: umbral manual, umbral óptimo o seleccionado según características de la imagen, umbral por media, mediana, umbral por desviación estándar. Los mejores resultados se consiguieron usando OTSU y umbrales seleccionados. A continuación se explica de manera más detallada.

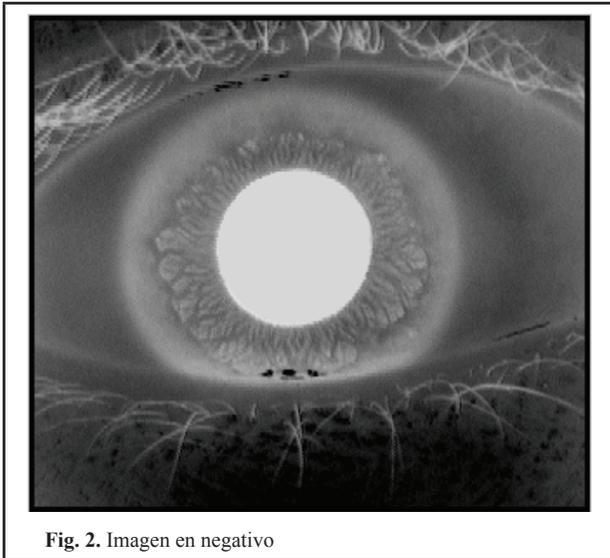
2) Binarización

La Binarización es una técnica que permite convertir imágenes con niveles de gris, en una imagen binaria (blanco y negro). Los valores de pixel en la imagen de entrada que son menores a un cierto umbral, son convertidos a negro (0), mientras que los pixeles con los valores mayores al umbral, son convertidos a blanco (1) [15].

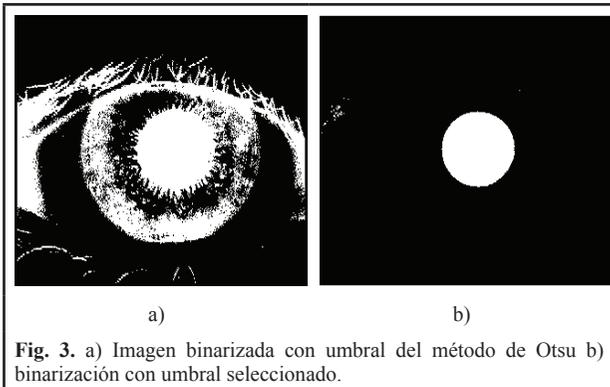
Para este artículo se realizaron dos binarizaciones una con el umbral obtenido del método de Otsu y la otra obtenida con el umbral adquirido de la siguiente forma que llamaremos umbral seleccionado: se toma un rango de los colores claros, puesto que la pupila es la parte más clara y extensa de la (Fig. 2), en este caso dicho rango va de 200 a 255. De esta manera se obtiene un vector contando la cantidad de pixeles con la misma intensidad y almacenando dicho valor en la posición equivalente a la intensidad en el vector, en la ecuación (4) se observa cómo se realiza el contador.

$$v'(f(i,j)) = v(f(i,j)) + 1 \quad (4)$$

Dónde: v es el vector original, v' es el vector resultante, f es la imagen, (i, j) representan las filas y columnas respectivamente. El siguiente procedimiento es sacar el valor de la posición donde está el punto máximo de dicho vector y este es el umbral empleado.



En la Fig. 3, se observa la binarización con umbral obtenido del método de Otsu y con el umbral seleccionado. Obsérvese como el umbral seleccionado elimina más información no relevante y dejando solo la pupila en blanco.

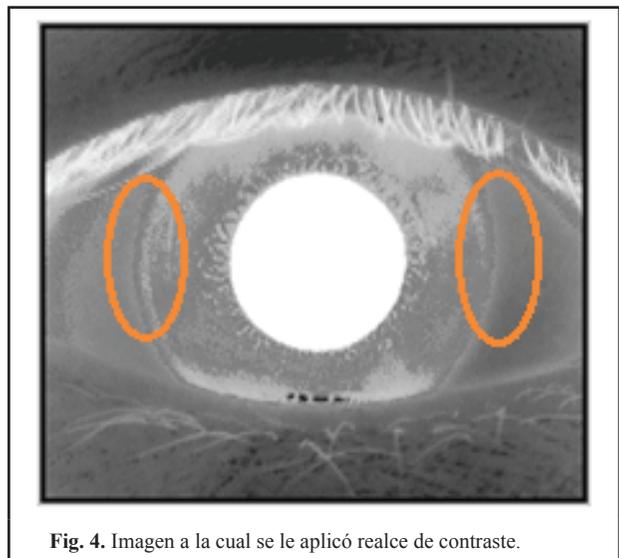


3) Realce de contraste

Con el objetivo de resaltar el contorno del iris se utiliza un realce de contraste que consiste en tomar un rango de valores adecuado a la forma o figura que se desea resaltar dando un valor fijo y lo que se encuentre fuera de dicho rango se aplica la ecuación matemática (5).

$$F(x,y) = \frac{f(x,y) - \min}{\max - \min} * 255 \quad (5)$$

Donde $f(x,y)$ es el valor del pixel actual de la imagen, \min y \max son los valores mínimos y máximos respectivamente del umbral o rango y $F(x,y)$ es el nuevo resultado del pixel de la imagen. Las imágenes que aparecen en la Fig. 4 muestran el efecto resultante del realce de contraste, nótese como el iris se resalta en comparación con la Fig. 2. El realce de contraste permite mejorar las características o datos relevantes de la imagen en estudio, en este caso el realce permitió tener un rango único para las posiciones de la imagen que hacen parte del iris y así lograr aplicar la integral proyectiva y tener resultados importantes.



4) Integral proyectiva

Una integral proyectiva (o una proyección) no es más que la media de los valores de gris de una imagen a lo largo de las filas o columnas, es decir, donde cada valor de salida es la media aritmética de una fila o columna de píxeles de la entrada [16]. Esta técnica es empleada para la detección del borde del iris.

En la Fig. 5, se observa una imagen con una señal que caracteriza la integral proyectiva. Como se observa en la Fig 5, la integral proyectiva ubica de manera precisa, donde comienza y donde termina el iris, también ubica el comienzo y final de la pupila, esto permitió garantizar junto con el realce, y la binarización resultados se segmentación inicial en las imágenes iridológicas. Siendo esto el punto de partida para la segmentación final.

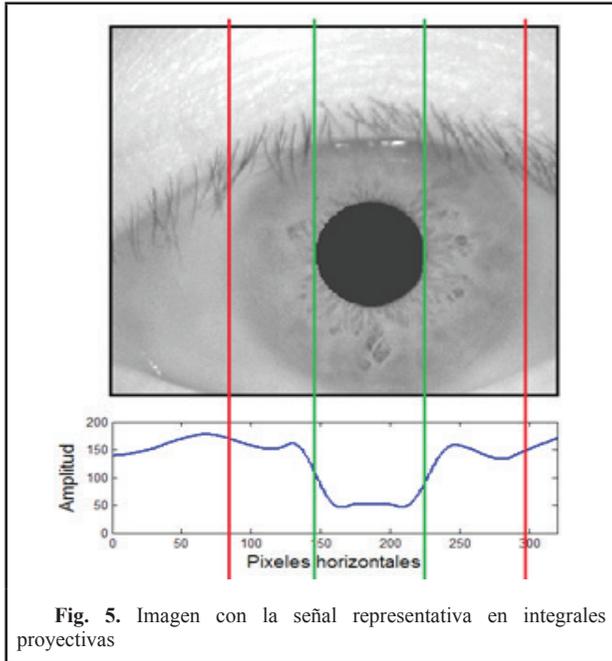


Fig. 5. Imagen con la señal representativa en integrales proyectivas

B) Segmentación final

A continuación se explica la metodología que se llevó a cabo para lograr la segmentación y extracción de patrones.

1) Detección del borde del iris

Hasta este punto se ha obtenido, gracias a las técnicas de acondicionamiento el borde del iris, con este avance se ha superado una gran dificultad, puesto que el iris se podía confundir fácilmente con la esclerótica (parte blanca del ojo).

Para realizar la detección, se emplearon dos técnicas, una con base a la técnica realce de contraste y la otra con integrales proyectivas. Para continuar el procedimiento con realce de contraste se realizó lo siguiente: se tomó como punto de referencia el centro de la pupila, se recorre el vector desde este punto hacia la izquierda buscando en qué posición se presenta una continuidad de puntos negros (50 píxeles con valor de 0 consecutivos) como se observa en la parte izquierda de la Fig. 6, donde se encuentra resaltado. Cuando se da dicha continuidad, se almacena la posición, la cual indica con exactitud el borde del iris. Este valor de píxeles consecutivos se obtuvo realizando pruebas con valores aleatorios y el valor que mejor resultados presentó fue el seleccionado.

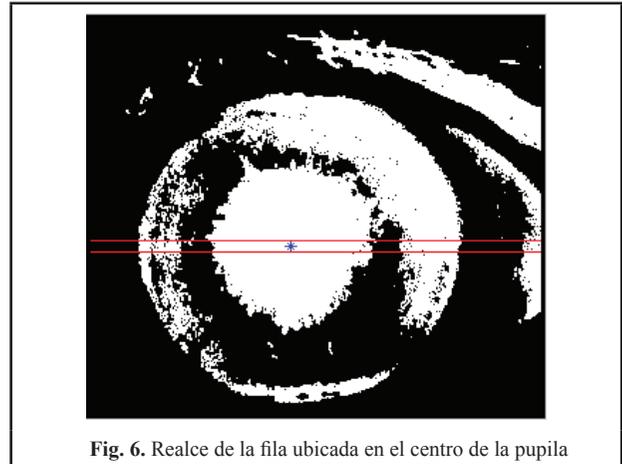


Fig. 6. Realce de la fila ubicada en el centro de la pupila

En el caso de obtener el borde mediante integrales proyectivas se tomó el vector resultante, se derivó y se recorrió también dicho vector desde el punto que indica el centro de la pupila (punto rojo en la Fig. 7) hasta el punto inicial del vector. Y se tomó el punto correspondiente al segundo valle más significativo de dicho vector (punto amarillo en Fig. 7b), este punto indica la posición de borde izquierdo del iris. En la Fig.7, se observa el vector resultante de integrales proyectivas y su respectiva derivada, en ella se muestran los puntos de corresponden al borde del iris y al centro de la pupila. Es importante resaltar que la derivada de un vector muestra sus puntos de inflexión, las pendientes positivas y pendientes negativas, de aquí que fue posible utilizar las transiciones de negativo a positivos del vector derivada para ubicar el punto de los bordes del iris. Una vez ubicado los puntos donde comienzan y termina el iris se procedió a realizar el mapa iridológico, se debe tener en cuenta que el iris de cada sujeto tiene una forma circular.

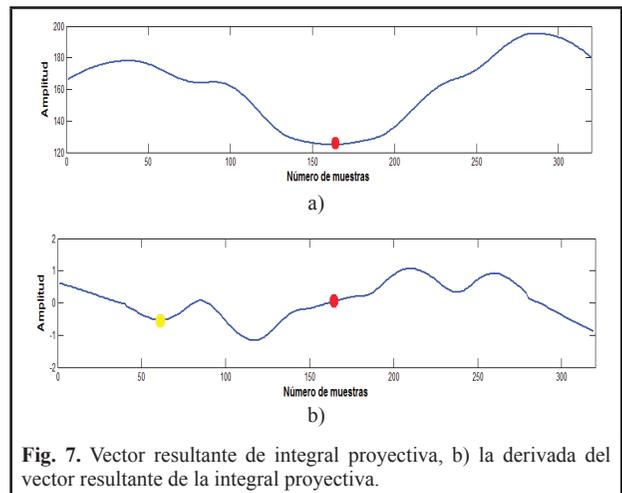


Fig. 7. Vector resultante de integral proyectiva, b) la derivada del vector resultante de la integral proyectiva.

2) Mapa iridológico

Una vez encontrado el centro de la pupila, borde de la pupila y el borde del iris se trazan unos arcos concéntricos alrededor de la pupila y el iris, la distancia entre estos arcos se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de los Anillos Concéntricos en el Iris.

ZONA	DISTANCIA ENTRE EL BORDE DE LA PUPILA Y EL IRIS (EN PORCENTAJE)
1	13.33%
2	32.22%
3	48.88%
4	68.88%
5	86.66%
6	95.55%
7	100%

El mapa del iris parte desde la pupila, este se divide en doce sectores radiales y se concreta en siete áreas o espacios de reflexión: reflexión del estómago; área intestinal; glándulas suprarrenales; zona cardiaca, riñones y páncreas; bronquios y las glándulas pineal y pituitarias; cerebro y órganos reproductores; brazo, tiroides e hígado; piel, sistema linfáticos y circulatorios, glándulas sudoríficas, músculos y nervios motores y sensitivos [17].

La cartografía que se tuvo en cuenta para obtener el mapa iridológico, fue basada del mapa iridológico aprobado por la sociedad de iridólogos (carta Dr. Jensen). El rayado básico del mapa iridológico se observa en la Fig. 8.

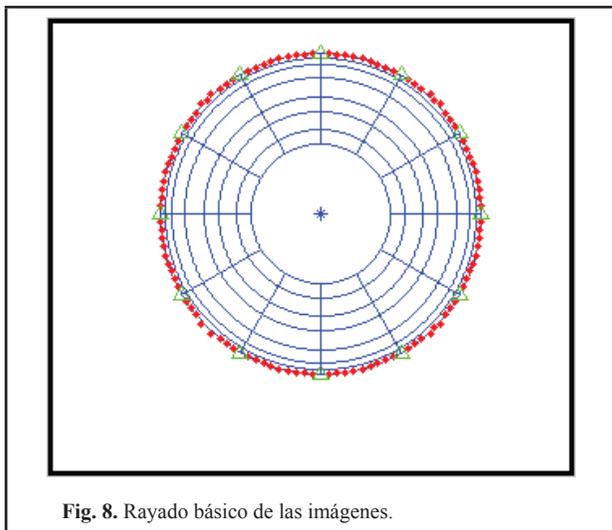


Fig. 8. Rayado básico de las imágenes.

3) Extracción de las zonas de interés

En este trabajo se obtuvo la información correspondiente al intestino delgado, ciego, colon ascendente, colon transverso, colon descendente, sigmoides y recto. En el

trabajo realizado por Lin Lu y colaboradores [18], se puede observar la distribución fisiológica del colon en sus diferentes partes. Para realizar estudios más profundos, este proceso consiste en extraer la matriz que representa la zona deseada como se observa en la Fig.9. Adicionalmente se muestra en forma de zoom, todas las componentes del colon. Es decir si se quisiera realizar un análisis de cómo está el colon a través del iris, se debe analizar la porción seleccionada.

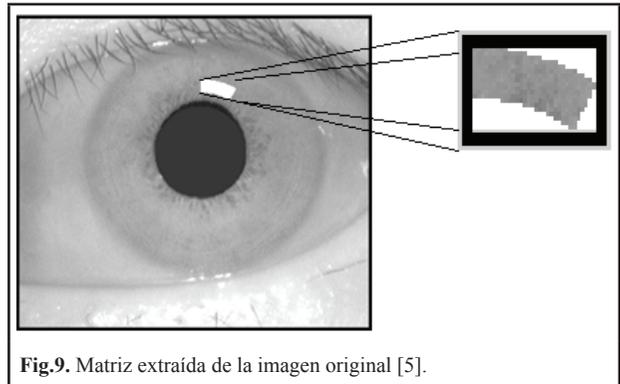


Fig.9. Matriz extraída de la imagen original [5].

IV. RESULTADOS

En el proceso de segmentación del iris es prioritario obtener de la imagen tres puntos importantes: centro de pupila, borde de la pupila y borde del iris. Para ello, se llevó a cabo el orden lógico el cual se observa en la Fig. 10.

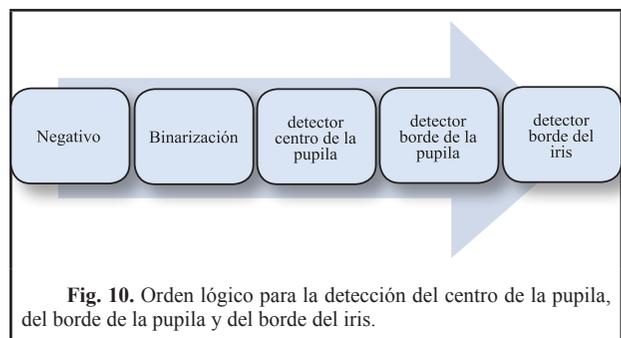
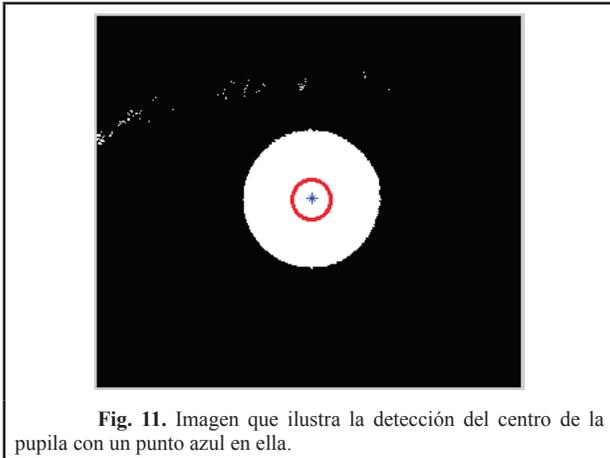


Fig. 10. Orden lógico para la detección del centro de la pupila, del borde de la pupila y del borde del iris.

Aplicando las técnicas negativo y binarización con umbral seleccionado, la imagen resultante es una matriz binaria con una figura principal en blanco que en este caso es la pupila. Seguidamente se halla el centro de las figuras en blanco como se puede observar en la Fig. 11. Solo se tiene en cuenta el centro de la figura con mayor área, para este caso la pupila. En este instante del proceso se puede detectar también el borde de la pupila ubicando la variación entre blanco y negro que presenta la Fig. 11.



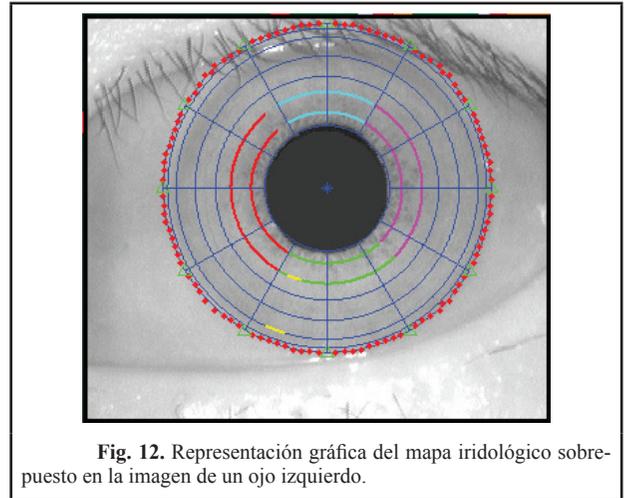
En conjunto con la técnica realce de contraste se empleó el método de Otsu para adquirir el umbral de binarización y así obtener una imagen binarizada con el borde del iris resaltado para la detección del borde extremo del mismo.

La otra técnica empleada para la detección del borde del iris fue la integral proyectiva con la derivada de primer orden del vector resultante de la misma, la cual se puede analizar para obtener un punto significativo que represente el borde del iris.

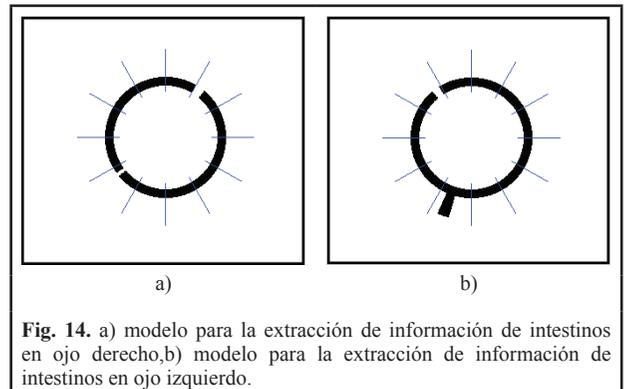
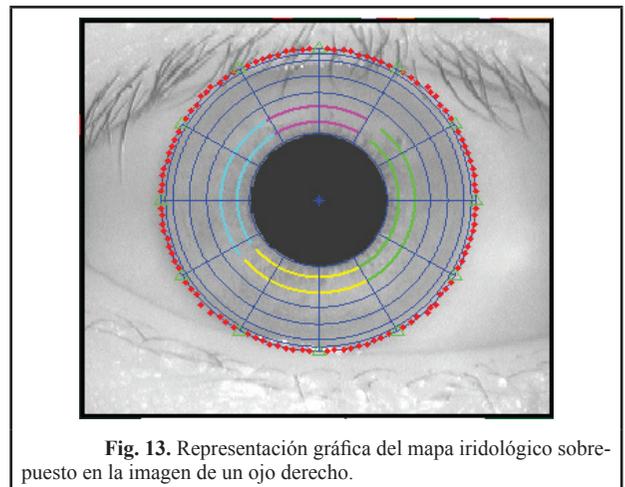
Una opción para mayor comodidad y eficiencia en la detección del borde del iris se implementó la forma manual, que consiste en dar doble clic sobre el borde del iris.

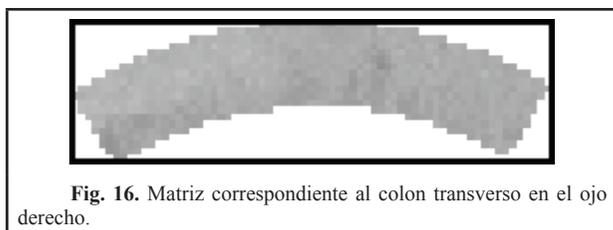
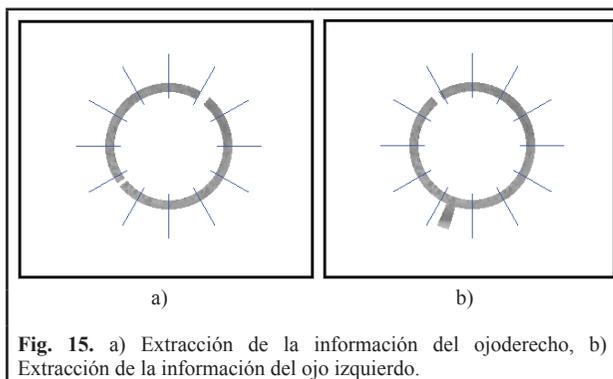
Finalmente se realiza el rayado del mapa iridológico, el espacio que existe entre el borde del iris y la pupila es dividido porcentualmente en 7 zonas. La Tabla 1, muestra las distancias en porcentaje de cada una de las 7 zonas, estas distancias fueron obtenidas linealmente. Obsérvese que dichos porcentajes muestran que las distancias de las zonas no son equidistantes, es decir que no tiene el mismo porcentaje, esto es muy importante ya que para el mapa iridológico se debe tener en cuenta estos porcentajes. Es decir que la zona 1 tiene un porcentaje real del 13.33%, la zona 2 de 18,89% y la zona 7 tiene un porcentaje real de 4.45%.

En la Fig. 12, se puede observar el mapa iridológico y las zonas que corresponde al intestino. En esta figura, el ojo se encuentra dividido en distintas zonas con diferentes colores, donde la zona de color rojo corresponde al intestino delgado, la zona de color cian al colon transverso, la zona de color magenta al colon descendente, la zona de color verde los sigmoides y la zona entre las líneas amarillas al recto. En la Fig. 13, la división de zonas es distinta y se distribuye de la siguiente forma: donde la zona de color cian al colon ascendente, la zona de color magenta al colon transverso, la zona de color verde al intestino delgado y la zona de color amarillo al ciego.



Obtenido el rayado del mapa iridológico se procede a la extracción de patrones de clasificación, generando nuevas matrices en blanco, cambiando la ubicación de cada zona por pixeles negros como se observa en la Fig. 14, seguidamente reemplazando dichos pixeles negros por pixeles con información extraídos de la imagen original como se observa en la Fig. 15.





Ya obtenidos los patrones se procede a recortar cada matriz. En la Fig. 16, se puede observar una de las matrices extraídas que corresponde al colon transverso en el ojo derecho.

Los resultados presentados muestra una robustez del sistema, ya que permite ubicar de manera precisa todo el mapa iridológico en más de 2000 imágenes, esto evidencia que la propuesta para la segmentación será muy útil en futuros trabajos.

V. CONCLUSIONES

En el momento de adquirir las imágenes es indispensable exigir unas características mínimas para obtener un resultado óptimo, dichas características son: un iris claro, sin ningún tipo de reflejo, ojos bien abiertos y realizar las tomas con la misma herramienta de adquisición y condiciones de ambiente, cuando se realizó la segmentación se obtuvo resultados satisfactorios con las técnicas empleadas para la detección automática del borde del iris. Ubicar el centro del iris fue un paso fundamental para la segmentación y lograr un mapa iridológico coherente, realizando una comparación con los resultados manuales. Por otro lado, el uso de la integral proyectiva para el detección de bordes es fundamental y ubicar de manera exacta el iris, y de esta manera obtener las diferentes zonas del mapa iridológico. En cuanto al porcentaje de error encontrado haciendo la comparación automático vs manual fue del 0.35%, esto indica que el sistema de segmentación automático es muy acertado, la segmentación manual la realizó un experto en oftalmología. Obteniendo la segmentación apropiada, la extracción de patrones se realiza de forma automática y segura, la vectorización de estos patrones,

permitió realizar comparaciones entre los vectores obtenidos en las imágenes que se usaron y así, relacionar los resultados de las zonas en diferentes sujetos. Finalmente es importante resaltar que los resultados obtenidos de las zonas como colon transverso mantuvieron una relación en forma y en área comparando 200 imágenes de sujetos diferentes, esto conlleva a mostrar resultados importantes y tener una herramienta de segmentación robusta.

VI. TRABAJOS FUTUROS

Para un trabajo futuro con miras a lograr la clasificación con el objetivo de ofrecer un diagnóstico, las matrices obtenidas se vectorizarán con el fin de emplearlas como entradas a los clasificadores; los posibles clasificadores que se utilizarán son: redes neuronales, máquinas de soporte vectorial (LS-SVM) y Adaboosting.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Juan Manuel Ortega Gamboa por su colaboración, enseñanza y dedicación al trabajo realizado sobre iridología y al grupo de ingeniería biomédica de la universidad de Pamplona (GIBUP).

REFERENCIAS

- [1]. Ferrantelli P. Enciclopedia práctica de las medicinas alternativas. Ed. Buenos Aires: Ediciones Lea, 2005, pp. 249.
- [2]. Sánchez S., Romero R., Puebla J.. Detección de Patologías mediante Zonas Somatotópicas mediante la segmentación polar del Iris. *RISCE Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos*, 27-35, 2009.
- [3]. Perner P. Standardization in IRIS diagnosis. *Cybernetics (CYBCONF)*, IEEE 2nd International Conference, 212-217, 2015.
- [4]. Lodin A., Demea, S. Design of an iris-based medical diagnosis system. *Signals, Circuits and Systems*, (ISSCS). International Symposium, 1-4. 2009.
- [5]. Nor'aini A.J., Rohilah S., Azilah S., Classification of iris regions using Principal Component Analysis and Support Vector Machine. *Signal and Image Processing Applications (ICSIPA)*. 134-139. 2013.
- [6]. Sulistiyo M.D., Dayawati R.N., Pahirawan P.A.M. Iridology-based dyspepsia early detection using linear discriminant analysis and Cascade Correlation Neural Network. *Information and Communication Technology (ICoICT)*, 2nd International Conference, 139-144. 2014.
- [7]. Cheng-Liang Lai, Chien-Lun Chiu. Health examination based on iris images. *Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)*, International Conference, 2616- 2621. 2010.
- [8]. Ramlee R.A., Azha K., Ranjit, S. Using Iris Recognition Algorithm, Detecting Cholesterol Presence. *Information Management and Engineering*, ICIME '09. International Conference. 714-717. 200, 2009.
- [9]. Ma L., Zhang D., Li N., Cai Y., Zuo W., Wang K. Iris-Based Medical Analysis by Geometric Deformation Features. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 17(1), 223- 231, 2013.

- [10]. Romo A. E. Reconocimiento de imágenes mediante redes neuronales artificiales aplicado a la iridología. Tesis de maestría, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. México. 2005.
- [11]. Tejedor J. Análisis Comparativo de Algoritmos en Segmentación de Iris. Proyecto fin de Carrera, Departamento de Ingenierías y arquitectura. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España, 2009.
- [12]. Cadena Global. Center for biometrics and security Research. Consultado en septiembre de 2011 en <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm>.
- [13]. Castelló V. Localización y decodificación de códigos de barras en imágenes digitales. Proyecto fin de carrera. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universitat Jaume I. Castellón de la Plana, España, 2005, pp. 55.
- [14]. Cheriet M., Said J.N., Suen C.Y. A Recursive Thresholding Technique for Image Segmentation. *IEEE Transaction on Image Processing*, 7, 118-119, June 1999.
- [15]. Passariello G. Imágenes Médicas: Adquisición, Análisis, Procesamiento e Interpretación. Ed. Miranda-Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 1995. 65, 81.
- [16]. Ginés, M. Procesamiento de caras humanas mediante integrales proyectivas. Tesis de doctorado, Departamento de Informática y sistemas, Universidad de Murcia, España, 2007, pp 33.
- [17]. Vargas M.J. La Ciencia que Lee los Ojos. *Vida la revista*, 2, 24-25, abril, 2008.
- [18]. Lu L., Zhang D., Lei L., Zhao J. Fully Automated Colon Segmentation for the Computation of Complete Colon Centerline in Virtual Colonoscopy. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions*. 59, 996 – 1004, 2012.