

DIFERENCIACIÓN DEL GRUPO SANGUÍNEO A+ Y O+ A TRAVÉS DE TÉCNICAS NO INVASIVAS

Héctor Guadalupe Nava Martínez ^a, Javier Yáñez Mendiola ^a, David Asael Gutiérrez Hernández ^b

^a Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas CIATEC A.C. León Guanajuato, hnavapicyt@ciatec.mx, jyanez@ciatec.mx

^b Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de León, León Guanajuato, david.gutierrez@itleon.edu.mx

RESUMEN

Este artículo presenta de manera exploratoria y preliminar, diferenciación estadística de dos grupos sanguíneos a través del comportamiento lumínico de una extremidad, como el dedo índice de la mano derecha. 32 voluntarios con el grupo sanguíneo O+ y 21 voluntarios con el grupo sanguíneo A+, con la aplicación de la transformada de Fourier, un filtro de datos y análisis de regresión, se identifica cierto comportamiento y tendencia en los datos resultantes, con una correlación para el grupo O+ $r = 98.84\%$ y A+ $r = 98.79\%$. Concluyendo que, a través de técnicas estadísticas y aplicando la Transformada de Fourier, es posible diferenciar el comportamiento de los datos para ambos grupos sanguíneos, aún no se detecta de manera automática el grupo sanguíneo de una persona, sino con el análisis del espectro de frecuencias de las imágenes en sus diferentes componentes, se encuentra un comportamiento estadístico diferente.

Palabras clave: grupos sanguíneos, Transformada de Fourier, no invasivo

ABSTRAC

This article presents a form of preliminary exploration, statistical differentiation of two blood groups through the light behavior of a biological limb, such as the index finger of the right hand. 32 volunteers with blood group O + and 21 volunteers with blood group A +, with the application of the Fourier Transform, a data filter and regression analysis, the identification, behavior and trend in the resulting data, with a correlation for the group O + $r = 98.84\%$ and A + $r = 98.79\%$. Concluding that, through statistical techniques, it is possible to differentiate the behavior of the data for both blood groups, it is not yet possible to automatically detect the blood group of a person, but with the analysis of the frequency spectrum of the images in their different components, different statistical behavior is found.

Keywords: blood groups, Fourier Transform, non-invasive

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de biosensores en el área médica es de gran importancia para el monitoreo y tratamiento de los pacientes con ciertos padecimientos. Así mismo, el desarrollo de

tecnologías no invasivas y su aplicación forman un papel de suma importancia para los retos de la actualidad y el impacto en la calidad de vida de las personas, por lo que se presenta un dispositivo biomédico no invasivo con la finalidad de detectar o determinar ciertos comportamientos o condiciones de personas, a partir de la iluminación de una extremidad como el dedo índice de la mano, [1] partiendo del principio de la oximetría de pulso, el dedo es iluminado mediante un láser LED rojo y dos cámaras capturan imágenes desde la parte superior de la uña y desde la parte inferior, teniendo dos perspectivas del comportamiento lumínico, que es la luz que transmite la extremidad y la luz que refleja.

2. TEORÍA

Algunos conceptos teóricos que se desarrollan a continuación son importantes para el trabajo de investigación.

2.1 TRANSFORMADA DE FOURIER DE UNA IMAGEN

[2]–[4] La Transformada Discreta de Fourier (DFT) se usa para tomar los valores del dominio del tiempo discreto al dominio de la frecuencia, esa transformación gráfica es llamado espectro de Fourier. DFT en el análisis de imágenes, el dominio del tiempo se reemplaza por el dominio espacial en 2-D por $m \times n$ píxeles. La imagen tiene píxeles que el valor de cada píxel es un valor discreto, por lo tanto, para el análisis de imagen digital, la imagen Transformada de Fourier [5] puede ser definido como:

$$F(r, s) = \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=0}^{k-1} f(i, j) e^{-i2\pi(ir+js)/K} \quad (1)$$

2.2 Filtro Digital 1-D

A través del software MATLAB® se utiliza el comando *filter(b, a, x)* para filtrar un vector de datos x , estos datos representan un conjunto de 30 magnitudes de los picos del espectro de Fourier de las imágenes de los voluntarios que participaron el experimento. El filtro es usado para suavizar la señal por voluntario a través de la una función de transferencia racional definida por los coeficientes b y a . Los datos fueron suavizados a su vez a través del filtro de media móvil, y que para este trabajo de definen los coeficientes como $a = 1$ y para el coeficiente b es necesario determinar un tamaño de ventana o *window size* y que fue definido con un valor de 5. A partir de esta información es posible calcular el coeficiente b con la siguiente expresión:

$$\mathbf{b} = \left(\frac{1}{\text{window size}} \right) \times [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] \quad (2)$$

La ecuación para aplicar el filtro de media móvil es la siguiente:

$$y(n) = \frac{1}{\text{window size}} (x(n) + x(n-1) + \dots + x(n - (\text{window size} - 1))) \quad (3)$$

2.3 Análisis de regresión

[6], [7] La regresión modela matemáticamente el comportamiento entre dos variables, una variable de respuesta y una variable independiente x , estas variables para esta investigación son aleatorias, los valores para este trabajo en ambas variables dependen de su espectro de Fourier. Por lo tanto, se utiliza el método de mínimos cuadrados y el modelo es el siguiente:

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (4)$$

2.4 Coeficiente de correlación r

Una forma de medir la intensidad de la relación entre dos variables es a través del coeficiente de correlación r , [8] se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

3. PARTE EXPERIMENTAL

El experimento para esta investigación consta de la participación de 53 voluntarios, 32 de ellos pertenecen al grupo sanguíneo O+ y 21 de ellos al grupo A+. Siguiendo un protocolo experimental que se enlista a continuación se toman muestras de imágenes.

- Colocar el número del voluntario de prueba
- Colocar el grupo sanguíneo al que pertenece
- Colocar el dedo índice derecho sobre el soporte sin hacer presión
- Encender láser LED
- Capturar imágenes desde la cámara superior
- Capturar imágenes desde la cámara inferior

A través de una interfaz gráfica que se diseñó para la adquisición de las imágenes, donde hay adquisición de imágenes por una cámara digital superior, es decir, la luz transmitida, y que, también se capturan imágenes por una cámara digital inferior, es decir, la luz reflejada por la extremidad biológica. Así pues, por cada voluntario se toman 30 imágenes por lo que para el grupo sanguíneo O+ se tienen $32 \text{ voluntarios} \times 30 \text{ imágenes} = 960 \text{ imágenes}$ y para el grupo A+ se tienen $21 \text{ voluntarios} \times 30 \text{ imágenes} = 630 \text{ imágenes}$ entonces se tiene un conjunto de imágenes como muestra para el experimento. La Figura 1 muestra imágenes capturadas tanto de transmitancia como de reflectancia.

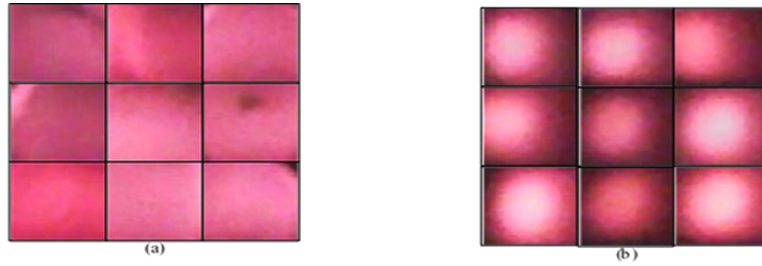


Figura 1. Imágenes capturadas por el instrumento, en (a) imágenes por la cámara digital superior para la luz transmitida, en (b) imágenes por la cámara digital inferior para la luz reflejada

Las imágenes obtenidas y mostradas en la Figura 1 se descomponen en RGB y se transforma a escala de grises, tanto para las imágenes que capturan la transmitancia como las imágenes que capturan la reflectancia. Por lo tanto, al final obtenemos cuatro componentes de la imagen, es decir, RGB y escala de grises para las imágenes de la perspectiva superior y cuatro componentes para las imágenes de la perspectiva inferior que son mostrados en la figura 2.

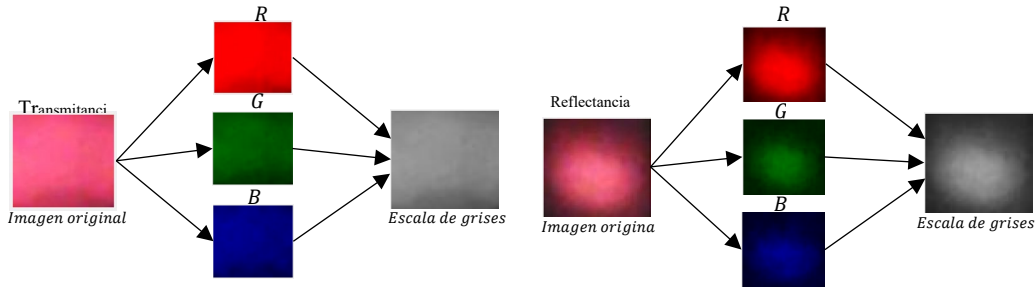


Figura 2. Descomposición de las imágenes de la cámara digital superior para la luz transmitida y de la cámara digital inferior para la luz reflejada, componente RGB y escala de grises por perspectiva

Así pues, Se tiene un total de 8 componentes de imágenes por voluntario, tanto de transmitancia como de reflectancia siendo un arreglo de 8×30 imágenes. Entonces, se aplica la transformada de Fourier para obtener el espectro de frecuencias por imagen y por cada componente, el espectro se muestra en la figura 3.

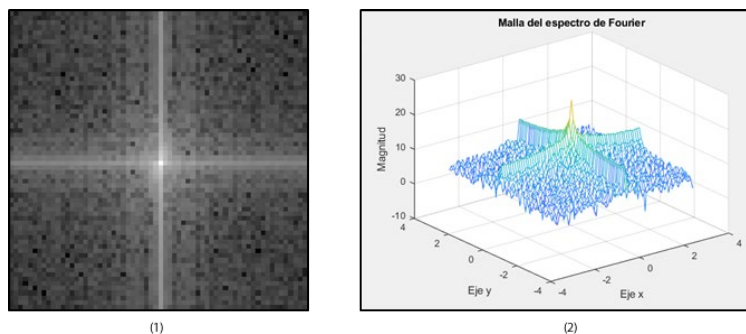


Figura 3. Espectro de frecuencias tras haber aplicado la transformada de Fourier a una imagen del conjunto de datos. En (1) es el espectro de Fourier, y (2) es la malla del espectro representado en (1)

A partir de la figura 3 con la malla del espectro de Fourier, se extrae un espectro bidimensional en el eje x y en el eje y de la malla (2) de la figura 3. Obteniendo los espectros de la figura 4.

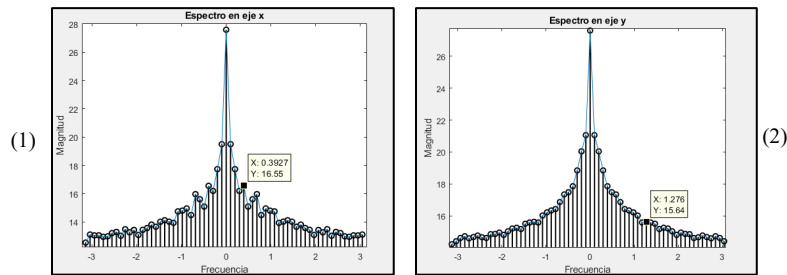


Figura 4. En (1) el espectro de Fourier del vector de datos central del eje x de la malla de la Figura 3 (2). Se selecciona el primer pico más alto, donde se puede observar la magnitud en $y = 16.55$. En (2) el espectro de Fourier del vector de datos central del eje y de la malla de la Figura 3 (2). Se selecciona el primer pico más alto, donde se puede observar la magnitud en $y = 15.64$

Las magnitudes de los espectros de la figura 4 tanto del eje x y del eje y son almacenados en una base de datos, para cada componente RGB y escala de grises, se organizan matrices por componente y voluntarios, es decir, para el componente rojo en el grupo O+ se tiene un arreglo de una matriz de 32×30 datos de las magnitudes del espectro de Fourier para el eje x y 32×30 datos de las magnitudes para el eje y, del mismo modo para los demás componentes tanto para las imágenes que capturan la transmitancia y las imágenes que capturan la reflectancia. Para el grupo A+ se tiene un arreglo de 21×30 datos de las magnitudes de todos los componentes en transmitancia y reflectancia. Al tener varias matrices se aplica un filtro para la eliminación de frecuencias altas que representan ruidos en la serie de datos, es decir, las treinta magnitudes de Fourier por cada componente de cada voluntario se toman como una señal y se aplica un filtro para suavizar los cambios bruscos en los datos, este filtro se deja en orden 5. La tabla 1 muestra datos de las magnitudes del canal azul del espectro de Fourier para el grupo sanguíneo O+ sin la aplicación del filtro, se acortan los datos para su representación. El filtro aplicado de orden 5 toma los datos del voluntario 1, y luego los datos del voluntario 2 y así sucesivamente.

TABLA 1. Datos de las 30 magnitudes del espectro de Fourier por voluntario O+

	Magnitud por imagen del pico de Fourier en el componente Azul grupo O+								
Voluntario	1	2	3	4	...	27	28	29	30
1	16.1321	17.7733	18.3832	16.5324	...	17.6942	15.3079	17.9297	17.7325
2	17.7752	15.2902	17.9148	17.5199	...	15.7002	17.3879	17.4171	18.1824
3	15.6731	12.9293	16.9704	15.8498	...	16.1410	16.3933	16.3230	17.4125
4	18.1807	18.8249	19.0992	18.7070	...	18.6669	18.7409	18.6781	17.3591
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮	⋮
27	15.5658	19.0562	18.3324	18.9663	...	16.7175	18.3382	16.9612	18.4062
28	16.8708	17.7293	15.9068	18.0531	...	17.9054	18.6138	16.4342	16.8219
29	15.1208	15.9704	14.8292	15.9472	...	17.3879	15.5533	16.6451	16.5260
30	17.0261	16.7000	17.1408	17.2148	...	18.3816	19.4846	17.3186	17.2941
31	17.8506	18.0764	15.9634	17.0529	...	18.2068	18.2683	17.0105	18.1425
32	16.9156	16.3933	17.5134	16.5290	...	17.2912	16.7826	17.3925	17.8928

Los valores de las magnitudes del pico más alto tomado de los espectros de Fourier de (1) y (2) de la figura 5, para de esta manera con la aplicación del filtro calcular un comportamiento general de los picos de Fourier. En la tabla 2 se muestran las magnitudes de los picos de Fourier del canal azul para el grupo sanguíneo A+ sin la aplicación del filtro.

TABLA 2. Datos de las 30 magnitudes del espectro de Fourier por voluntario A+

Magnitud por imagen del pico de Fourier en el componente Azul grupo A+									
Voluntario	1	2	3	4	5	...	28	29	30
1	17.7968	16.6897	15.7868	14.8227	15.3031	...	19.2168	18.9285	14.9293
2	17.1400	16.9209	16.4403	17.4301	16.2306	...	16.7070	15.6747	17.1841
3	17.2819	16.2233	17.9855	16.9258	16.7903	...	15.6826	16.4495	17.9327
4	17.4193	16.7687	16.8301	16.4124	17.0442	...	17.7976	17.5292	17.6830
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮	⋮
18	16.3765	13.5485	13.7586	15.3140	16.1202	...	14.5300	16.8429	15.1966
19	16.9736	18.5374	17.2306	18.3401	18.3069	...	18.1182	18.3041	16.9997
20	16.0066	19.4129	19.5345	18.7712	17.7467	...	16.7812	16.9074	18.5193
21	15.4825	16.2892	16.9057	17.0783	14.9766	...	15.2804	16.7756	17.4521

Al aplicar el filtro de suavizado de orden 5 a los datos de cada paciente en el canal azul, se calcula el promedio de la serie de los treinta datos para todos los pacientes, obteniendo un comportamiento como el presentado en la figura 5, donde se puede apreciar el comportamiento de los datos promedio ya con el filtro previamente aplicado, se decide mostrar los datos desde el valor del dato 5 en el orden de las columnas de datos, esto es porque en el filtro se utiliza el promedio móvil por lo que los primeros cuatro datos se toman como el tamaño de ventana en el modelo matemático y que se omiten para la gráfica de la figura 5.

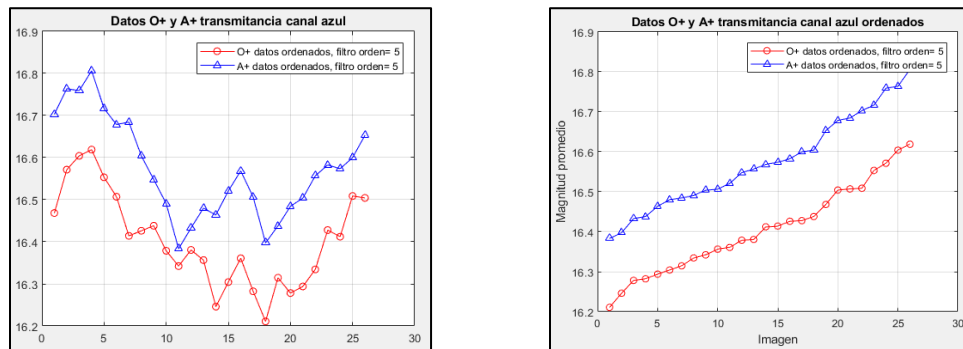


Figura 5. A la izquierda, la gráfica del promedio de la serie de datos para el grupo sanguíneo O+ que es representado por la serie roja con círculos, y el grupo sanguíneo A+ que se representa en la serie azul con triángulos. También se muestra el orden del filtro utilizado que es el orden=5. A la derecha, Gráfica de los datos ordenados, en la cual se observa una tendencia lineal separada, entonces están listos para realizarse un análisis de regresión

Posteriormente los datos resultantes de la figura 5 son ordenados de menor a mayor, esto con la finalidad de observar ambos conjuntos de datos de manera lineal y si se comportan de esa manera. Se grafican los datos después de haber sido ordenados, la figura 6 muestra ambos conjuntos de datos ordenados.

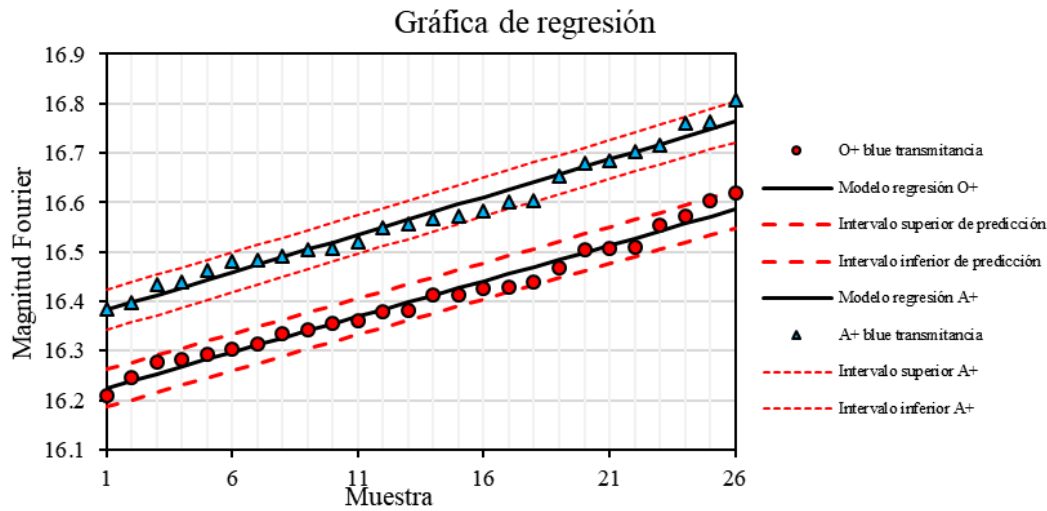


Figura 6. Gráficas de regresión de los datos ordenados de la figura 5 (gráfica derecha), se agregan intervalos de predicción del modelo matemático para cada grupo. Estos datos corresponden al componente azul de las imágenes de los voluntarios de ambos grupos.

El comportamiento lineal de los datos es resultado de haberlos ordenado de menor a mayor y no dejarlos como fueron tomadas las muestras como en las tablas 1 y 2, y que después de aplicarles el filtro para suavizar se obtenga el comportamiento de la figura 6. Entonces se calcula el coeficiente de correlación para ambas series de datos obteniendo como resultado para el grupo sanguíneo O+ un $r = 98.84\%$ y para el grupo A+ un $r = 98.79\%$.

4. CONCLUSIÓN

A través de procesamiento de imágenes por computadora se pueden encontrar ciertos comportamientos en la intensidad de la luz interactuando con diferentes objetos, tejidos o extremidades biológicas, como en este trabajo, diferenciar estadísticamente dos grupos sanguíneos a través del espectro de Fourier de voluntarios con que pertenecen al grupo A+ y O+, obteniendo como resultado una metodología, análisis y un coeficiente de correlación de los datos de 98.79% para el grupo sanguíneo A+ y 98.84% para el grupo sanguíneo O+, así mismo proponer el prototipo para futuras investigaciones biomédicas para otros diagnósticos diferentes a partir de la metodología propuesta. Es importante aclarar que el método no determina automáticamente el grupo sanguíneo de una persona u otra, sino que se encuentran comportamientos diferentes en las magnitudes del espectro de Fourier dependiendo el grupo sanguíneo que para este trabajo fueron únicamente dos grupos el O+ y A+.

5. REFERENCIAS

- [1] H. Mejía, "Oximetría de pulso," *Dermatología Argentina*, vol. 50, no. 1, pp. 57–64, 2012.
- [2] W. van Drongelen, "Continuous, Discrete, and Fast Fourier Transform," in *Signal Processing for Neuroscientists An Introduction to the Analysis of Physiological Signals*, 2007, pp. 91–105.
- [3] W. van Drolegén, "Fourier Transform and Applications," in *Introductory Signal*

Processing, 2013, pp. 162–244.

- [4] L. W. C. II, *Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos*, 5th ed. México, 1998.
- [5] A. A. and F. J. A. C. Pinilla, “Filtrado en el Dominio de la Frecuencia,” *Control*, no. January 1997, pp. 1–13, 2005.
- [6] R. de la V. H. Gutiérrez, *Análisis y diseño de experimentos*, 3rd ed. México, 2012.
- [7] J. E. F. Irwin Miller, *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. Estado de México, 1986.
- [8] W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, *Numerical Recipes in C The Art of Scientific Computing Second Edition*. 1988.