

## Procesamiento dactilar usando Transformada de Fourier

HERNÁNDEZ-EPIGMENIO, Miguel Ángel\*†, JUÁREZ-TOLEDO, Carlos y MARTÍNEZ-CARRILLO, Irma

*Universidad Autónoma del Estado de México*

Recibido 7 de Julio, 2017; Aceptado 15 de Septiembre, 2017

### Resumen

La búsqueda de métodos matemáticos que garanticen un mejor procesamiento de imágenes ha motivado el uso de nuevos métodos y técnicas de reconstrucción de una imagen, en este trabajo se hace uso de transformada de Fourier para el procesamiento de una huella dactilar. La aplicación del trabajo se enfoca hacia la biometría dactilar ya que tiene como objetivo principal el uso de la herramienta de Fourier de MATLAB, para el procesamiento de diversas imágenes biométricas y la aplicación de filtros digitales. La Transformada de Fourier se usa directamente en el procesamiento de los píxeles de una imagen reduciendo el ruido, efectos de captura, digitalización y transmisión. El objetivo principal de este trabajo es obtener el procesamiento de una huella digital preservando las características dactilares de la persona. Para conocer la validez del método propuesto se compararan los resultados obtenidos contra el levantamiento de la misma huella dactilar, mediante técnicas convencionales utilizadas en lofoscopia.

**Fourier, biométrica, procesamiento, ruido, filtros**

### Abstract

The search for mathematical methods of image processing has motivated the use of new techniques. This work uses the Fast Fourier Transform for the processing of fingerprint images. The application of the work task effect the measurable search of the Fast Fourier Transform and the assessment output with different types of fingerprint images. FFT numerical tool and digital filters are designed in Matlab. FFT is used in the processing of the pixels to reduce noise, capture, scan and transmit effects of the image. The main objective of this work is to obtain the processing of a fingerprint preserving the original physical characteristics of the corresponding person. To know the validity of the proposed method, the results obtained against the lifting of the same fingerprint are compared using conventional techniques used in lofoscopia.

**Fourier, biometric, processing, noise, filters**

**Citación:** HERNÁNDEZ-EPIGMENIO, Miguel Ángel, JUÁREZ-TOLEDO, Carlos y MARTÍNEZ-CARRILLO, Irma. Procesamiento dactilar usando Transformada de Fourier. Revista de Innovación Sistemática 2017. 1-3:36-45

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mhernandez531@alumno.uaemex.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La biometría es el reconocimiento automático de un individuo midiendo ciertas características físicas y/o de comportamiento. Tradicionalmente las contraseñas y las tarjetas ID han sido usadas para moderar el acceso a lugares restringidos, sin embargo, en estos sistemas la seguridad puede ser violada cuando se divulga la contraseña a un usuario no autorizado o cuando un impostor roba la tarjeta. Es por eso que las huellas dactilares ofrecen estándares aceptables de confiabilidad como menciona Badler (1991) quien afirma que la probabilidad de encontrar dos huellas dactilares similares es del orden de  $1.9 \times 10^{-15}$ .

Las huellas dactilares son rasgos que identifican al individuo desde su nacimiento. Kuchen (2004) dice que las huellas dactilares se forman completamente alrededor de los siete meses de desarrollo del feto y sus cambios son mínimos a lo largo de su vida.

Actualmente identificar correctamente a una persona por sus rasgos físicos es muy importante. En este trabajo se hace el uso de la Transformada de Fourier para filtrar una huella dactilar con la finalidad de mejorar el análisis de los píxeles que conforman la imagen. La transformada de Fourier y los filtros digitales como herramientas matemáticas han tenido gran variedad de aplicaciones en el procesamiento digital de imágenes, diseño y el desarrollo de algoritmos para su implantación como lo describe Medina (2010) y Hernández (2016).

O'Gorman (1998) propuso el uso de filtros contextuales por primera vez para aclarar imágenes de huellas dactilares. Estos usan un alisamiento que mejora el eje paralelo a los bordes. El filtro incrementa el contraste en una dirección perpendicular mientras se realiza un alisamiento de cada pixel de la imagen procesada.

González (2003) argumenta que el ruido en una imagen se manifiesta de diversas formas dependiente de la señal o, independiente de la señal de forma resumida es la información no deseada que contamina la imagen ya que el origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen (errores en los sensores), como en el de transmisión (debido a interferencias en el canal de transmisión).

García (2016) dice que el procesamiento digital de imágenes (PDI) es empleado para el análisis y obtención de mejores precisiones en la información en una imagen.

El objetivo principal de este trabajo es la creación de un algoritmo computacional para el análisis y, procesamiento de una huella dactilar usando transformada de Fourier con filtros digitales para mejorar la calidad de imagen.

Para conseguir tal objetivo se propone la creación de un algoritmo de filtrado con Transformada de Fourier para aclarar y reconstruir información de cada pixel de la huella. El trabajo se compone de los siguientes apartados:

- Adquisición de la huella usando el lector óptico
- Preprocesamiento de la huella por medio de técnicas convencionales en niveles de escala de grises e histogramas.
- Filtro de imágenes usando transformada de Fourier.

Este trabajo almacena y utiliza las minucias de las huellas dactilares para, realizar la comparación de las características más significativas descritas en diferentes niveles de tonalidad en escala de grises e histogramas.

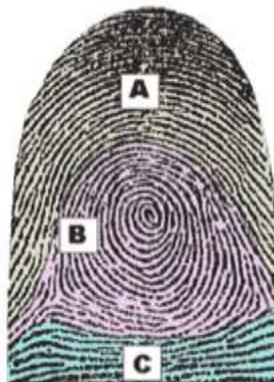
Se utiliza esta información para realizar la técnica de filtrado de imágenes usando transformada de Fourier. Para verificar la técnica se utilizó el método convencional de obtención de la huella por medio de un sensor contra la imagen filtrada por Fourier.

### Minucias de la huella dactilar

Existen varias clasificaciones de las huellas dactilares, en este trabajo se utilizaron las descritas por los siguientes autores:

Bansal (2011) menciona que la huella dactilar ha utilizado por siglos y su precisión se ha demostrado ampliamente en nuevos estudios. Cappelli (2006) argumenta que una huella dactilar es el patrón de valles y crestas en la superficie de un dedo.

Mientras Abushariah (2012) menciona que la huella en forma general, esta se divide en tres regiones o zonas: Núcleo, Zona Marginal y Zona Basal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1** Zonas dactilares

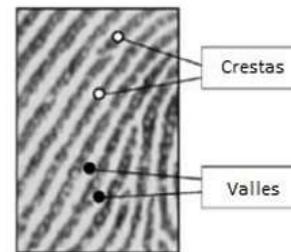
Fuente: Abushariah 2012

Donde las zonas de la huella definidas en la figura 1 son:

- A es la Zona Marginal
- B la Zona del Núcleo

- C la Zona Basal

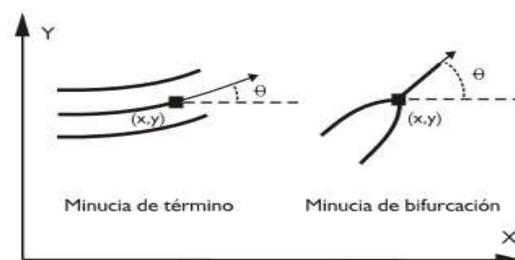
Olivares (2008) y Thai (2010) afirman que las huellas digitales tienen características visibles que son: las crestas, los valles y las minucias, donde una cresta se define como un segmento de curva, y un valle como la región entre dos crestas adyacentes como se muestra en la siguiente figura 2.



**Figura 2** Crestas y Valles de una huella dactilar

Fuente: Thai 2010

(2011) describe que las minucias son los puntos en el que termina una cresta o se bifurca en dos o más crestas. Se define en términos de sus coordenadas  $(x, y)$  como se muestra en figura 3.



**Figura 3** Minucias dactilares

Fuente: Bansal 2011

### Desarrollo

En este trabajo se aplica un filtro a escala de grises en el dominio espacial que propuso O'Gorman (1989), el cual tiene por objetivo aclarar imágenes de huellas dactilares.

Los filtros según Qian (1999) tienen una propiedad importante que consiste en una óptima resolución a la frecuencia, donde funciones como las de Gabor pueden formar una representación general de las imágenes originales.

Hoy en día es muy común usar filtros basados en la frecuencia como la transformada de Fourier, debido a su precisión y que tiene gran resolución en el filtrado de imágenes en cuyas características son del tipo jerárquico en escala de grises.

Hong (1989) y Castleman (1996) argumenta que cuando se aplican filtros a escala de grises, la representación matemática simétrica de un filtro en una imagen es dada por la ecuación (1):

$$G(x, y) = \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[ \frac{x^2}{\delta x^2} + \frac{y^2}{\delta y^2} \right] \right\} \cos(2\pi fx) \quad (1)$$

Dónde: f, es la frecuencia de una senoide plana bidimensional al largo del eje x; y  $\delta x$  y  $\delta y$ , son las desviaciones típicas especiales que definen una envolvente gaussiana al largo de los ejes.

La imagen de la huella se puede filtrar en el dominio de la frecuencia de Fourier para eliminando las altas y bajas frecuencias con lo cual suavizan los pixeles, realzando los bordes y eliminando el ruido. En la siguiente figura 4 se muestra diagrama de bloques del filtrado de la huella dactilar usando transformada de Fourier.

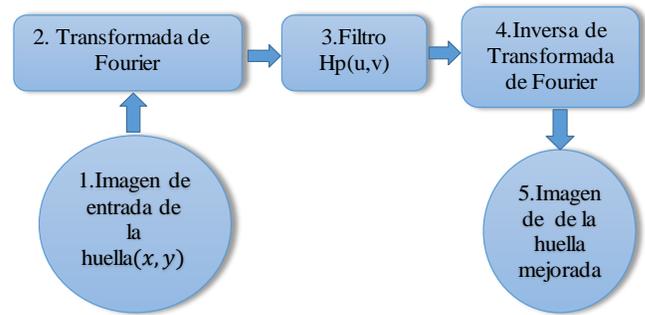


Figura 4 Diagrama del procesamiento de la huella usando transformada de Fourier

Fuente: basada de González, 2004.

1. La imagen es subdividida en recuadros con coordenadas (x,y)
2. Se aplica la transformada de Fourier a cada subconjunto
3. Se utiliza un filtro jerárquico Hp en coordenadas (u,v), que consiste en suavizar la figura antes de regresarla al sistema cartesiano (x,y). El filtro Jerárquico consiste en subdividir en niveles la huella como se muestra en la figura 5.

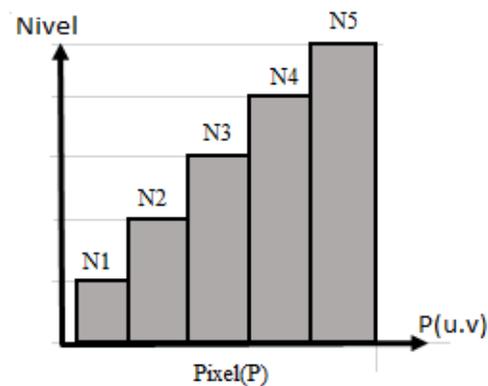


Figura 5 Comportamiento del filtro jerárquico

Fuente: Modificado de González, 2004

El resultado en el dominio del espacio consiste en un realzado de los cambios bruscos de niveles de grises, descritos por la siguiente expresión:

$$N(u, v) = \left\{ \begin{array}{l} N1 \text{ si } P(u, v) \leq 50 \\ N2 \text{ si } P(u, v) 50 < 100 \\ N3 \text{ si } P(u, v) \geq 100 < 150 \\ N4 \text{ si } P(u, v) \geq 150 < 200 \\ N5 \text{ si } P(u, v) \geq 200 < 255 \end{array} \right\}$$

Donde  $P(u,v)$  es el pixel en la coordenada  $(u,v)$  y los niveles jerárquicos son determinados de N1 a N5. Los filtros Jerárquicos realzan los cambios bruscos suprimiendo frecuencias menores originadas por el ruido de la imagen.

4. Se realiza la inversa de la transformada de Fourier para regresar al sistema cartesiano  $(x,y)$ .

5. Se obtiene la imagen de la huella mejorada y filtrada.

**Resultados**

Antes de aplicar la técnica de filtrado de Fourier, se describe el proceso de levantamiento de la huella dactilar, preprocesamiento en niveles de escala de grises y la obtención del histograma.

**Levantamiento de las huellas**

Para realizar el estudio se tomaron tres huellas dactilares del pulgar de la mano derecha, cuyas características de los individuos se muestran en la tabla 1.

Individuo	Edad	Género	Ocupación
1	25 años	Masculino	Estudiante
2	17 años	Femenino	Ama de casa/Estudiante
3	38 años	Femenino	Ama de casa

**Tabla 1** Características generales de los individuos

*Fuente: Elaboración propia.*

Las huellas obtenidas se muestran en la figura 6, las cuales fueron capturadas a través del dispositivo biométrico Digital personal.



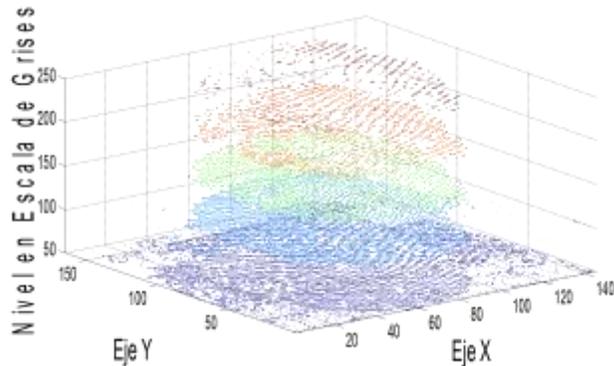
**Figura 6** Huellas dactilares usando el lector óptico

*Fuente: Elaboración propia*

Como se observa en la figura 6, el desgaste de una huella es un factor importante para la correcta captura. Para los individuos 1 y 2 la huella fue impresa correctamente mientras que para el individuo número 3 se observa el desgaste de su huella.

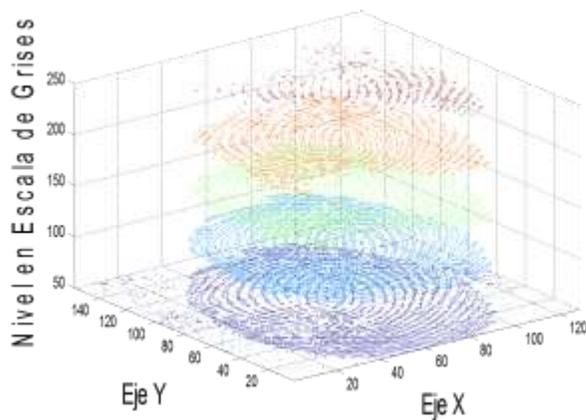
## Preprocesamiento y tratamiento de la huella

En los gráficos 1, 2 y 3 se muestran las huellas dactilares en la matriz jerárquica de la escala de grises.



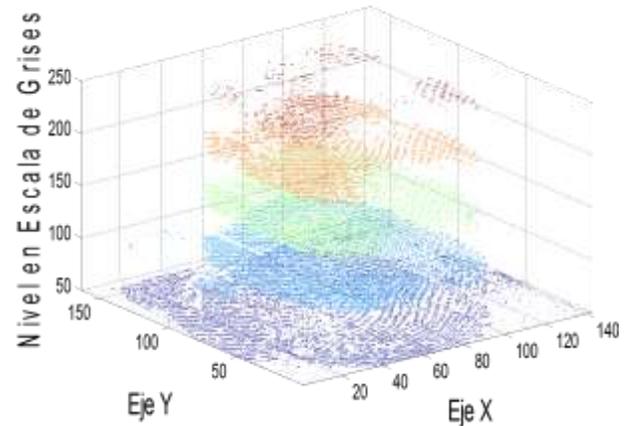
**Gráfico 1** Matriz Jerárquica de la huella dactilar

Fuente: *Elaboración propia.*



**Gráfico 2** Matriz Jerárquica de la huella dactilar 2

Fuente: *Elaboración propia.*



**Gráfico 3** Matriz Jerárquica de la huella dactilar 3

Fuente: *Elaboración propia*

Como se observa en la gráfico 1 las huellas fueron separadas en 5 niveles azul marino, azul cielo, verde, naranja y rojo, donde cada nivel corresponde a la intensidad del pixel marcado, entre mayor es el nivel de intensidad del pixel mayor es el clúster de la escala de grises.

En los gráficos 1, 2 y 3 se aprecia que los valores máximos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- Huella 1 Zona marginal, núcleo y basal
- Huella 2 Zona núcleo y marginal
- Huella 3 Zona marginal

Una manera práctica de mostrar la información de la gráfico 1, es por medio de histogramas, en el cual podemos representar la frecuencia de cada nivel de la escala de grises por cada huella (ver gráficos 4, 5,6).

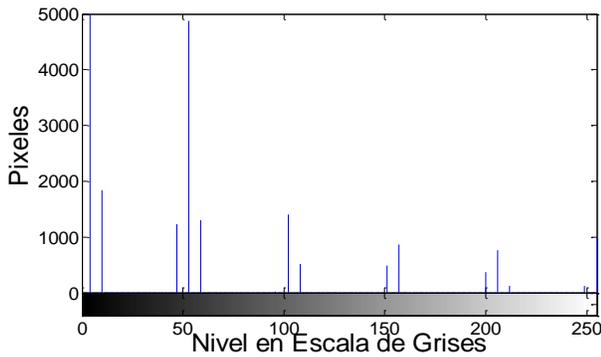


Gráfico 4 Histograma de la huella 1

Fuente: Elaboración propia.

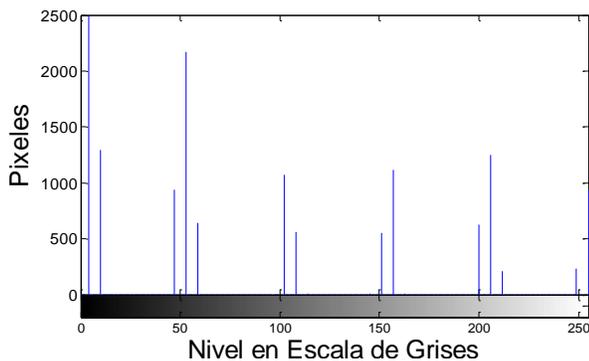


Gráfico 5 Histograma de la huella 2

Fuente: Elaboración propia.

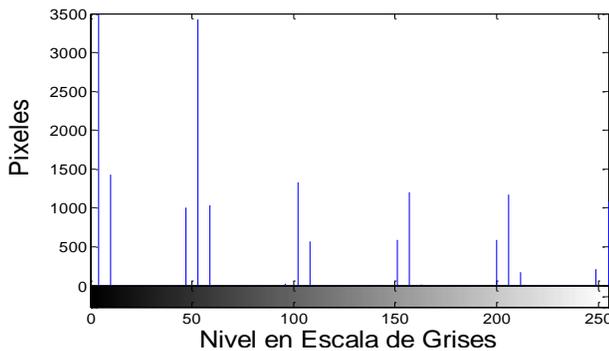


Gráfico 6 Histograma de la huella 3

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el histograma que los niveles predominantes se localizan en aproximadamente 50 de la escala de grises llegando casi a los 5000 píxeles para la huella 1, para 3500 píxeles para la huella 2 y 2500 para la Huella 3.

Para cada histograma de cada huella, se observa que la distribución de los píxeles oscilan en promedio en el valor 50 esto es porque la mayoría de los valores matriciales representan la intensidad de la imagen de la huella en estos casos el nivel de grises siempre tiende a negro, puesto que se trabajó con una imagen en blanco y negro.

Como se observa el histograma es una herramienta eficiente para determinar la frecuencia de cada nivel de píxeles de la huella digital, sin embargo, tiene el inconveniente de perder información de la posición de la zona dactilar en el plano cartesiano (X,Y), trabajos futuros estarán encaminados a de determinar histogramas que conserven dicha información.

Friedrich (2014) y Hernández (2016) afirman que la transformada de Fourier es una herramienta importante dentro del procesamiento digital de imágenes. Esta es utilizada para descomponer una imagen en sus componentes fundamentales. La salida de la transformación mapea a la imagen al dominio de Fourier, mientras que la imagen de entrada está en el dominio espacial. Cada punto de la imagen en el dominio de Fourier representa una frecuencia particular contenida en la imagen en el dominio del espacio. La transformada de Fourier de una imagen nos permite aplicar distintos tipos de filtros a la imagen para mejorar la visualización e información de esta.

Sherlock (1994) propuso aplicar las ecuaciones de Fourier ( 2 y 3) a cada píxel de una imagen para conseguir un aclaramiento de la misma.

$$I_{enh}(x, y) = FFT^{-1}\{F(u, v)|F(u, v)^k\} \quad (2)$$

$$F(u, v) = FFT(I(x, y)) \quad (3)$$

Cuando se aplica un filtro en blanco y negro como el que se aplicó en las huellas, la imagen se convierte en una imagen binaria en donde cada pixel tiene asignado un valor lógico de 0 ó 1, como se muestra en la tabla 2.

Huella	Sin filtro	Con filtro
H1		
H2		
H3		

Tabla 2 Representación de huellas filtradas

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se muestra en la tabla 2 se elimina el ruido de las huellas mejorando la resolución sobre las imágenes filtradas en blanco y negro, pero, en algunas partes de las huellas se pierden características al momento de procesarla.

Otro aspecto interesante que muestra la tabla 2 es que el desgaste que sufre una huella es directamente proporcional con el tipo de actividad y edad del individuo. En la tabla 2 se muestra el desgaste de la huella tres, inclusive faltando ciertas minucias de su captura.

### Conclusiones

Cuando se escanea una huella digital existen variaciones causadas por diferentes factores tales como movimientos del dedo al momento de la captura, distintas presiones en las áreas laterales del escáner, o hasta si el dedo este sucio o con alguna imperfección. Por lo que en algunas ocasiones habrá más información que en otras, aunque se trate de la misma huella.

En este trabajo se eligió la transformada de Fourier debido a que contiene procesos como el realce de bordes y la eliminación del ruido, debido a que como se observa en la tabla 2 la toma de la huella dactilar contiene un grado significativo datos faltantes o ruido propio del lector.

La tabla 2 muestra que al aplicar el filtro en blanco y negro sobre las huellas dactilares es posible obtener una mejor nitidez de la imagen, debido a que el filtro elimina información que no forma parte de la huella, como es el ruido que se localiza fuera de la zona marginal y basal.

Independientemente del dispositivo que se utilice la repetitividad de la captura de una huella dactilar no es garantizada, esto es debido a que no siempre se puede asegurar:

- El mismo ángulo de inclinación de la huella
- La misma presión de las zonas marginal, basal y núcleo ejercida sobre el lector

- Pequeños movimientos que tornen borrosa la imagen
- El desgaste de las minucias

Es por eso que al no estar asegurada la repetitividad es necesaria la aplicación de una técnica como la presentada en este artículo, mejorando el aclaramiento y disminuyendo el ruido de la imagen.

Como trabajo futuro se propone el uso de los niveles jerárquicos para realizar el filtrado de la huella dactilar, es decir cambiar el filtro digital por un filtro de 5 niveles los cuales se muestran en los gráficos 1, 2 y 3.

Trabajos futuros estarán encaminados a determinar histogramas que conserven dicha información de las minucias después del uso de la técnica Fourier, debido a que la técnica suele perder información de la huella dactilar como se muestra en rojo en la tabla 2.

## Referencias

Hernández,A;Benítez,C;Morales,O y Martínez,D.(2016). Análisis de algoritmos para reconocimiento de imágenes digitales. *Revista de Sistemas Computacionales y TIC's*, Vol.2 No.5 82-93.

García,U;Márquez,J; Sánchez,M y Sabino, B.(2016). Detección y evaluación de daños en pavimento asfáltico mediante procesamiento de imágenes digitales. *Revista de Aplicación Científica y Técnica*, Vol.2 No.5 12-18.

Hernández, B;Carrasco,J; Martínez ,José ; Camacho-, O.(2016). Ajuste de filtros wavelets usando inteligencia artificial para compresión de imágenes,*Revista Polibits*, Vol. 53, 23-30.

Friedrich ,V.(2014). Transformada de Fourier de una Imagen y filtrado de una imagen en el dominio de la frecuencia. *Funciones de Variable Compleja*,Vol.3,No 4,15-18.

A. A. M. Abushariah, T. Gunawan, J. Chebil y M. A. M. Abushariah,.Automatic Person Identification System Using Handwritten Signatures,*Computer and Communication Engineering (ICCCE)*, 2012 International Conference, pp. 560-565, 3-5 July 2012.

L. H. Thai y H. N. Tam(2010).Fingerprint Recognition Using Standardized Fingerprint Model. *IJCSI International Journal of Computer Science*, Vol. 7, nº 7, pp. 11-17.

Castleman K (1996) "Digital Image Processing" Prentice Hall NJ.

R. Medina, D.González.(2010).Transformada de Fourier en aplicación en el diseño de filtros digitales para el procesamiento de imágenes". 8th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Arequipa, Perú.

M. Kuchen, C. Newell. "A Model for fingerprint formation". *Europhys letters*. Vol. 68. 2004. pp.141-147.

W. Badler. "Dermatoglyphics". *Science transition*. Vol. 9. 1991. pp. 95.

L. O'Gorman,"Fingerprint Verification",In *Biometrics:Personal Identification in a Networked Society*,A,K.Jain,R.Bolle,and S.Pankanti(editors),Kluwer Academic Publisher,pp 43-64,1998.

González, Rafael C.Digital Image Prosesising Using MATLAB,Prentice –Hall,Inc,2003,pg 597

S. Qian, D. Chen. "Joint time-frequency analysis". IEEE Signal Processing Magazine. Vol. 16. 1999. pp. 52-67.

L.Hong,"Automatic Personal Identification Using Fingerprints",Ph.D.Thesis,Department of computer Science and Engineering,Michigan State University,East Lansing,pp.92-106,1998.

R. Bansal, P. Sehgal y P. Bedi.(2011).Minutiae Extraction from Fingerprint Images - a Review, IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, No. 3.

R. Cappelli, D. Maio, D. Maltoni, J. L. Wayman y A. K. Jain.Performance Evaluation of Fingerprint Verification Systems,IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol 28, nº 1, pp. 3-18, 2006.

Olivares,J.(2008). Reconocimiento y validación de huellas dactilares utilizando una Red Neuronal.Revista de tecnología.Volumen 7, No. 1, ISSN1692-1399, p. 55-60.

González Rafael C y Woods E. Richard (2004) "Digital Images Processing using MATLAB". AddisonWesley / Diaz de Santos.

B. G. Sherlock, D. M. Monro, K. Millard.(1994). Fingerprint enhancement by directional Fourier filtering. *Visual Image Signal Processing*. Vol. 141. 1994. pp. 87-94.