

RESUMEN / ABSTRACT

Este artículo presenta una descripción acerca de las huellas dactilares y sus características, así como la extracción de puntos característicos de la misma por medio del programa NFIS desarrollado por el NIST (*National Institute of Standards and Technology*) en conjunción con el FBI (*Federal Bureau of Investigation*), descripción de algunas herramientas, así como un panorama general de un sistema AFAS (*Automatic Fingerprint Authentication System*) y de un sistema AFIS (*Automatic Fingerprint Identification System*).

This paper presents a description about the fingerprints and its characteristics, as well as the extraction of their characteristic points by means of the application of the program NFIS (NIST Fingerprint Image Software) developed by the NIST (National Institute of Standards and Technology) in conjunction with the FBI (Federal Bureau of Investigation), the description of some tools, as well as a general view of a system AFAS (Automatic Fingerprint Authentication System) and of a system AFIS (Automatic Fingerprint Identification System).

Recibido: 23 de Octubre de 2003

Aceptado: 28 de Octubre de 2004

* Profesor de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Guanajuato. Tampico 912 Col. Bellavista, Salamanca, Gto. Correo electrónico: canedo@salamanca.ugto.mx
garcia@salamanca.ugto.mx
hgmartin@salamanca.ugto.mx

** Estudiante de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Guanajuato. Correo electrónico: metraron50@hotmail.com

Aplicación del NFIS (Nist Fingerprint Image Software) para la Extracción de Características de Huellas Dactilares.

Gerardo E. Canedo Romero*, Ma. de Guadalupe García Hernández*, Heriberto Gutiérrez Martín* y Noé Mosqueda Valadez**.

INTRODUCCIÓN

La identificación biométrica es la verificación de la identidad de una persona por medio de alguna característica de su cuerpo o comportamiento, como por ejemplo, la mano, el iris del ojo, la voz, etc. Sin embargo, no es fácil medir ni extraer características que nos permitan verificar la identidad de un individuo.

Un sistema biométrico es aquel que puede medir la característica de una persona y verificar su identidad (Jain *et al.*, 2000) el cual debe tener todos estos elementos:

- **Universalidad:** cada persona registrada en el sistema debe poseer esta característica.
- **Unicidad:** dos personas no pueden tener las mismas características en cuanto a la medición de ciertos parámetros dependiendo del sistema.
- **Permanencia:** esta característica debe ser invariable en el tiempo.
- **Cuantificación:** estas características pueden ser medidas de manera objetiva.

En este caso, utilizamos la huella dactilar debido a que ésta posee todas las características dichas anteriormente, además de que ésta ha sido usada a lo largo de la Historia, y de la cual se han publicado diversos estudios acerca de sus características y tipos; entre las más importantes están las publicadas por *F. Galton* y *E. R. Henry* al final del siglo XIX (Veltkamp *et al.*, 2000).

En el estudio de *F. Galton* las huellas dactilares son examinadas morfológicamente y los experimentos fueron hechos en grupos de diferentes edades y diferentes razas. Dos conclusiones importantes

PALABRAS CLAVE: Huellas dactilares; Minucias; Identificación biométrica.

KEYWORDS: Fingerprint; Minutiae; Biometric identification.

fueron hechas: las huellas dactilares son permanentes en forma y características desde el nacimiento hasta la muerte; y que las huellas dactilares son únicas, es decir, no existen dos individuos con las mismas huellas dactilares (Halici *et al.*, 2000).

El estudio de *E. R. Henry* examinó la estructura global de la huella dactilar y las clasificó en 5 grupos:

- a) *Right Loop*, vuelta derecha (R)
- b) *Left Loop*, vuelta izquierda (L)
- c) *Whorl*, espiral (W)
- d) *Arch*, arco (A)
- e) *Tented Arch*, arco tendido (T)

Sin embargo, en el FBI (<http://www.fbi.gov>) manejan otros tipos además de éstos, los cuales podemos apreciar en la Figura 1.

En la extracción de características de las huellas dactilares se utilizan ciertos puntos llamados *ridges* (crestas), los cuales son como un segmento de curva simple.

Las huellas dactilares cuentan con otros puntos característicos llamados puntos *core* (central) y *delta* (Δ , letra griega). El punto *core* es usado como una referencia en la codificación de otros puntos característicos de la huella dactilar llamados "minucias", las cuales se detallarán más adelante.

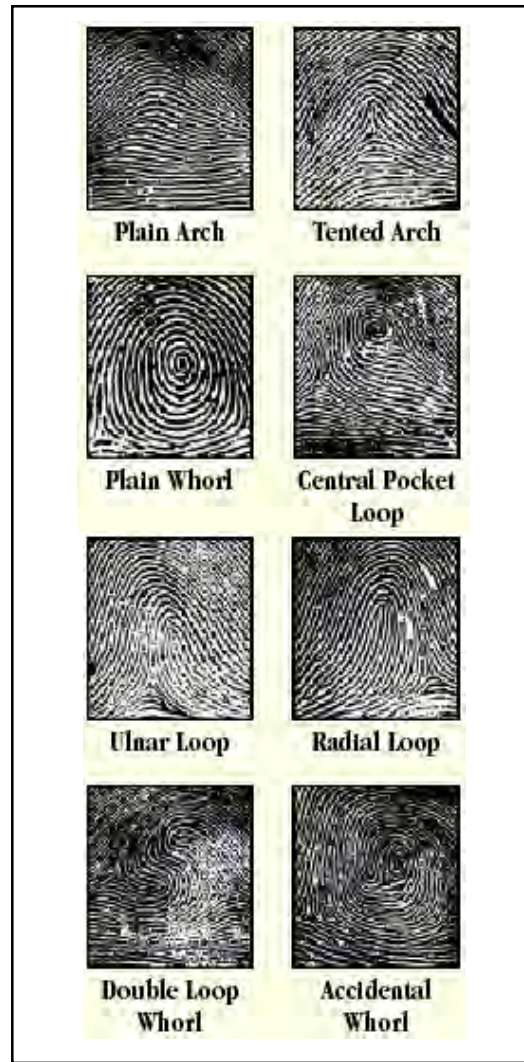


Figura 1. Tipos de huellas dactilares (*clasificación del FBI*).

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS AFIS Y AFAS

En un sistema AFIS (Automatic Fingerprint Identification System), la entrada es una huella dactilar y la salida es una lista de identificadores de personas que pueden tener la huella dactilar dada, dependiendo de la puntuación en cuanto a similitud de la huella de la entrada con la almacenada en la base de datos, como se puede observar en la Figura 2.

En un sistema AFAS (Automatic Fingerprint Authentication System), Figura 3 la entrada es

la huella dactilar y la información del individuo, la salida es la respuesta de "Sí" o "No", indicando si la imagen de entrada (la huella dactilar) pertenece o no al individuo cuya información ha sido dada, la cual está almacenada en una base de datos.

Los sistemas biométricos basados en huellas dactilares se utilizan usualmente para la identificación de criminales y en trabajos de investigación delictiva, pero ahora con el desarrollo de los sistemas tipo AFAS, son altamente utilizados en aplicaciones civiles tales como el control de acceso a recintos y la seguridad financiera.

ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN

Uno de los métodos más comunes para la captura de la imagen es obtener una impresión con tinta, y posteriormente “barrer” la imagen por medio de un *scanner* de cama plana, pero este método no es muy bueno, ya que el manejo de huella en tinta debe ser hecho por un experto pues algunas veces la imagen no es óptima y puede presentar algunas variaciones con la imagen original.

Otro método es el barrido directo por medio de un dispositivo CCD (Dispositivo de Carga Acoplada, por sus siglas en inglés); este método provee una mejor imagen y no necesita de expertos, aunque tiene los inconvenientes de rotación de la imagen o traslación, si no está colocado el dedo correctamente.

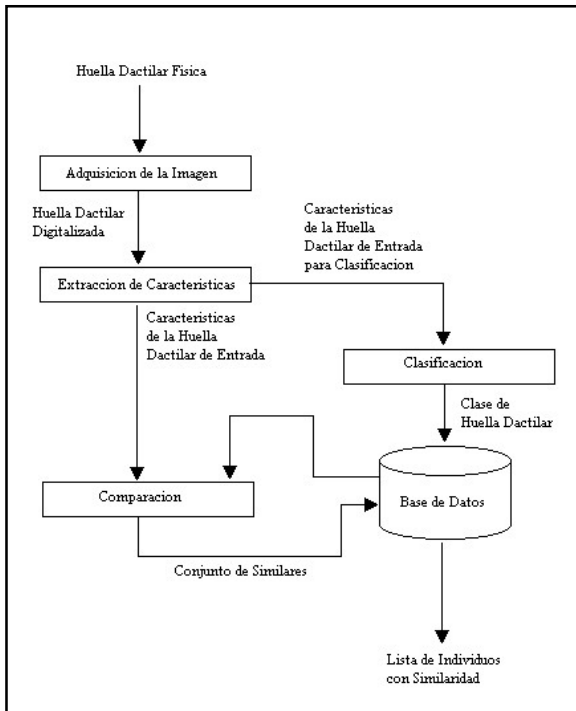


Figura 2. Diagrama de Bloques de un Sistema AFIS.

CARACTERÍSTICAS DE LAS HUELLAS DACTILARES

La representación más comúnmente usada en la identificación de las huellas dactilares son las características de *Galton*. Una cresta está definida como un segmento de curva y un valle es la región entre dos crestas adyacentes.

Las discontinuidades locales tienen el nombre de "*minucias*", que es un término utilizado en la Medicina Forense y que significa “punto característico”, las cuales podemos observar en la Figura 4.

En una huella dactilar existen un aproximado de 50 a 150 minucias, y dependiendo de la cantidad de registros en una base de datos, con

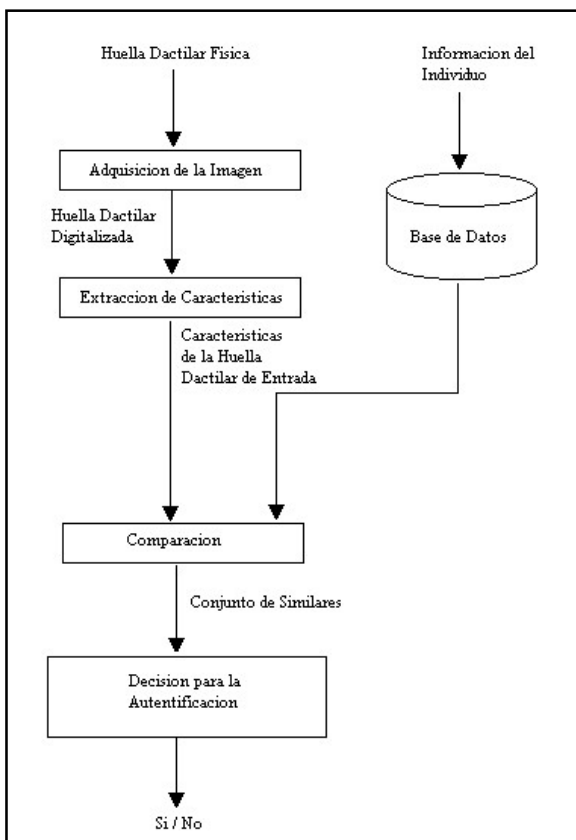


Figura 3. Diagrama de Bloques de un Sistema AFAS.

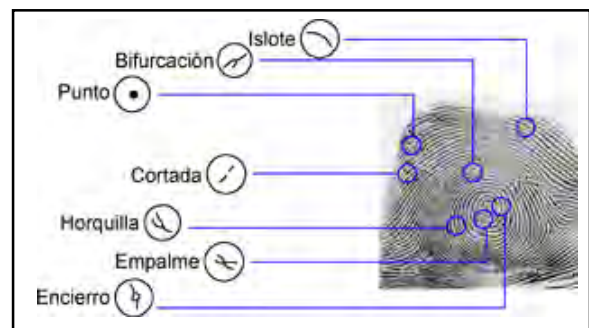


Figura 4. Tipos de minucias en una huella dactilar.

10 comparaciones de minucias puede ser suficiente para comprobar la identidad de un individuo, pero sólo en bases de datos pequeñas (Xiong *et al.*, 2001).

Habiendo detectado las minucias, se procede a crear un modelo con los puntos en coordenadas cartesianas bidimensionales (Figura 5) de la localización de las minucias, los cuales sirven para crear un conjunto de vectores que se obtienen al unir las minucias entre sí mediante rectas cuyo ángulo y dirección generan el trazo de un prisma de configuración única e irrepetible (Huang *et al.*, 1997).

Este proceso es mostrado en la Figura 5.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA NFIS

El NFIS (NIST Fingerprint Image Software) es un conjunto de aplicaciones, utilidades y código fuente de diversas librerías, desarrolladas por el FBI en conjunción con el NIST (National Institute of Standards and Technology), la cual es de dominio público (Garris *et al.*, 2002).

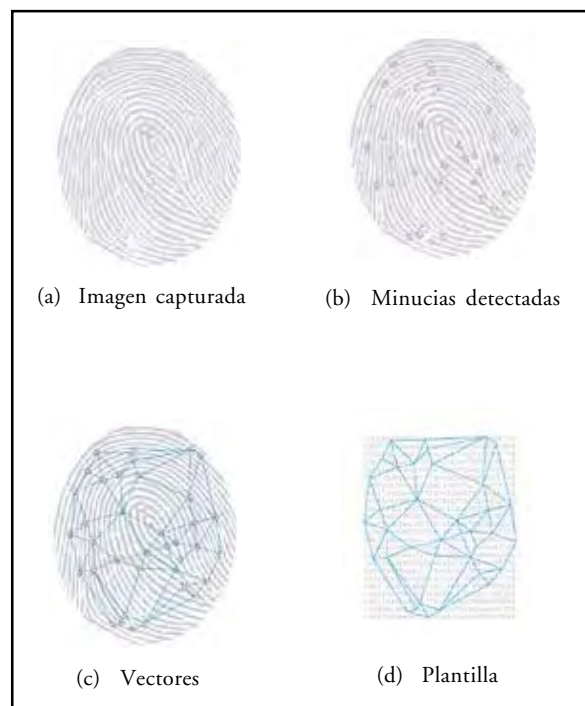


Figura 5. Proceso de modelado de coordenadas cartesianas.

El sistema consta principalmente de 4 paquetes, los cuales son: PCASYS, MINDTCT, AN2K y IMGTOOLS.

El primer paquete, PCASYS, es un clasificador de patrones diseñado para categorizar automáticamente una huella dactilar en los siguientes tipos: *Arch*, *Left Loop*, *Righth Loop*, *Scar (Marcas)*, *Tented Arch* y *Whorl*, estas operaciones se realizan ya sea por medio de un Perceptrón MultiNivel (MLP) o mediante una Red Neuronal Probabilística (PNN).

El PCASYS (Figura 6), puede ser ejecutado en modo texto o en modo gráfico, cabe aclarar que el modo texto es más rápido que el gráfico debido a que este último muestra imágenes de los procesos que realiza, en tanto que el de modo texto sólo muestra mensajes de lo que está realizando.

Entre los procesos con los que cuenta el sistema NFIS, podemos nombrar los siguientes:

Segmentación

La rutina de segmentación es la primera etapa de procesamiento que necesita el clasificador; éste encierra una zona de interés dentro de un rectángulo, para eliminar lo que no sea neces-

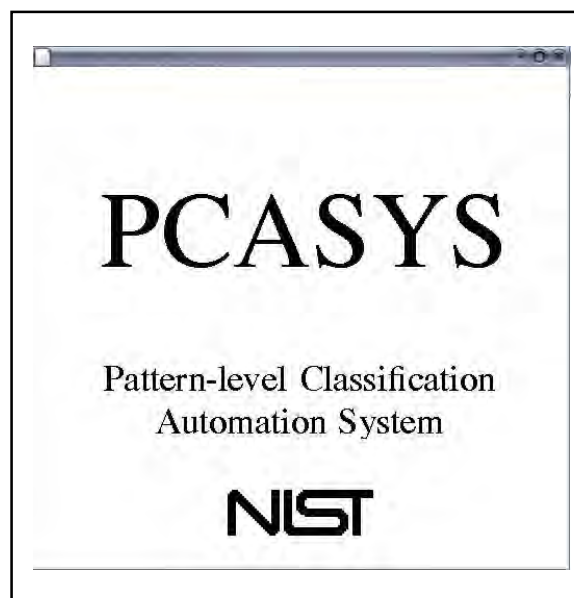


Figura 6. Pantalla de presentación del sistema PCASYSX.

rio y para enfocarse solamente a la zona de la huella, véanse las Figuras 7 y 8 (Eakins *et al.*, 1999).

Mejoramiento

La imagen segmentada se mejora por medio de la Transformada Rápida de *Fourier* Bidimensional a manera de filtro, para ello, primero se produce una matriz compleja:

$$A + jB$$

tomando los *pixeles* (picture elements) en A, permitiendo que B sea cero. Entonces se desarrolla la Transformada Discreta de *Fourier*

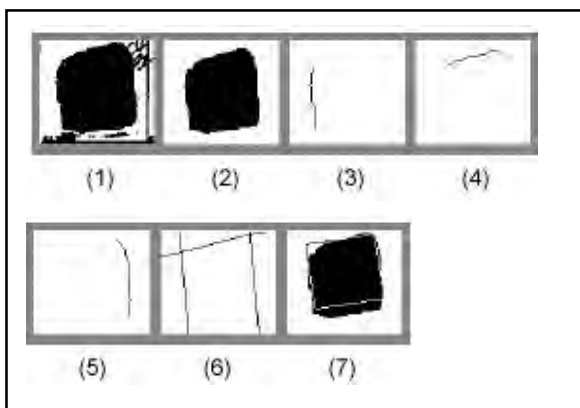


Figura 7. Proceso de segmentación en la huella dactilar.

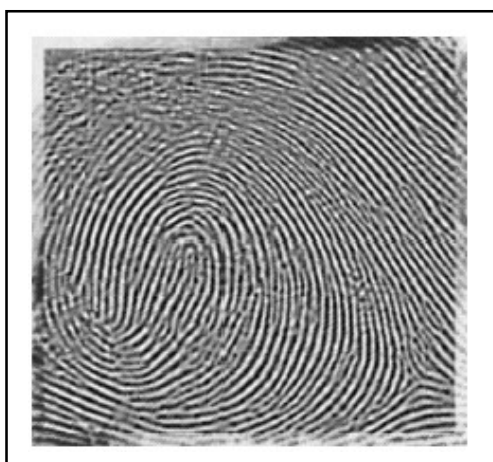


Figura 8. Imagen después del mejoramiento.

Bidimensional (Xiong *et al.*, 2001) produciendo una matriz $X + jY$ definida por:

$$X_{ik} + jY_{ik} = \sum_{m=0}^{31} \sum_{n=0}^{31} (A_{mn} + jB_{mn}) \exp\left(\frac{-2\pi j}{32}(mi + nk)\right)$$

Detección de la orientación

Este paso detecta la orientación local de las crestas y de los valles (*ridges & valley*) de la superficie de la huella dactilar y produce un arreglo de los promedios regionales de estas orientaciones Figura 9 (Rui *et al.*, 1998).

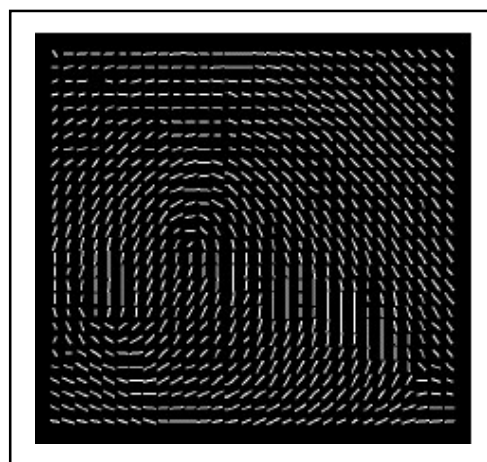


Figura 9. Arreglo de un promedio local de orientaciones.

Registro

El registro es un proceso mediante el cual el clasificador reduce el conjunto de variaciones en traslación entre arreglos de orientación similares (Barros *et al.*, 1996).

Después de realizar el registro, se somete ésta a la Red Neuronal, la cual puede ser un Perceptrón MultiNivel o una Red Neuronal Probabilística. Los cuales realizan la clasificación del tipo de huella a la que pertenece la imagen dada.

El segundo paquete, MINDTCT, es un sistema de detección de minucias, de las cuales se registra su orientación, esto puede observarse claramente en las Figuras 10.a y 10.b, (Johansson, 2000).

PRUEBAS Y RESULTADOS

El sistema NFIS cuenta, para su utilización, con un conjunto de 2700 imágenes en el formato WSQ antes mencionado del FBI, las cuales sirven para hacer la demostración del clasificador PCASYS.

Éste se ejecutó en un equipo *Workstation* SUN BLADE 500, bajo el Sistema Operativo Solaris 9.

Se hicieron dos pruebas, una para cada tipo de Red Neuronal (Red Neuronal Probabilística y Perceptrón MultiNivel), cada una de las cuales requirió de un tiempo de procesamiento de aproximadamente 3 horas.

La cantidad de imágenes pertenecientes a cada tipo de huellas dactilares se mencionan en la Tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de imágenes correspondientes a cada tipo de huella dactilar contenidas en el sistema NFIS.

Tipo	Cantidad
Arch	49
Left Loop	804
Right Loop	735
Scar	5
Tented Arch	84
Whorl	1023

De ahí que los porcentajes en los cuales son verdaderos los tipos de huella, con respecto a la red neuronal utilizada, se reportan en la Tabla 2.

Como puede observarse, la Red Neuronal Probabilística presenta mucha ventaja sobre el

Tabla 2. Porcentaje de acierto en cada tipo de huella para cada Red Neuronal.

Tipo	PNN	MLP
Arch	83,7 %	20,4 %
Left Loop	97,5 %	97,4 %
Right Loop	95,1 %	95,8 %
Scar	0,0 %	0,0 %
Tented Arch	29,8 %	0,0 %
Whorl	93,8 %	96,0 %

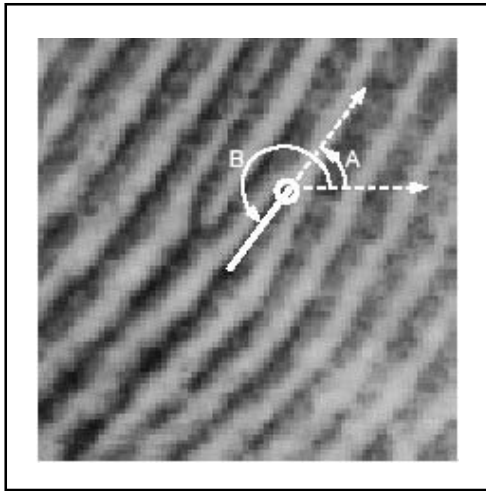


Figura 10.a Orientaciones de las minucias.

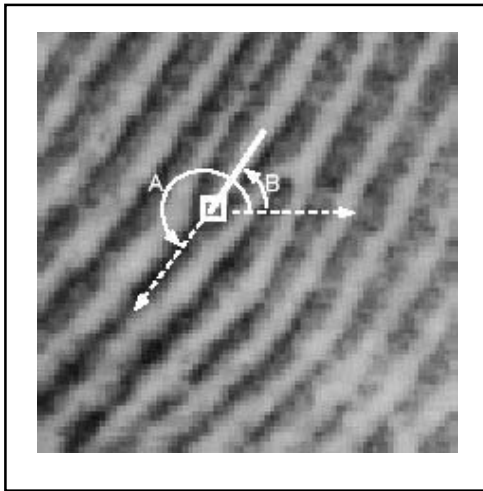


Figura 10.b. Orientaciones de las minucias.

Donde,

A: Ángulo Estándar

B: Ángulo FBI / AFIS

El tercer paquete, AN2K, contiene una serie de utilidades para la implementación de los estándares del NIST.

El cuarto paquete, IMGTOOLS, es una larga colección de utilerías para el manejo de imágenes, incluyendo codificadores y decodificadores JPG o JPEG (Joint Photographic Experts Group), así como la especificación del FBI del WSQ (Quantitation Scalar Wavelet) (<http://www.fbi.gov>).

Perceptrón Multinivel, ya que la primera red neuronal en general, tiene un error del 7.07 % contra un error del 8.19 % que tiene el Perceptrón Multinivel.

CONCLUSIONES

Dados los avances de la tecnología en cuanto a sistemas informáticos se refiere y a los continuos saqueos de información, es necesario reforzar los sistemas de seguridad y una de las formas para lograrlo es mediante los sistemas biométricos, los cuales nos ofrecen un error mínimo.

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la experimentación, se recomienda el uso de la Red Neuronal Probabilística para la implementación de diversos algoritmos para una eficiente extracción de características dentro de un sistema reconocedor de huellas dactilares, así como su uso dentro de el sitio en la Web http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/5_proximo/huellas/intro.htm, donde sin usar nombre de usuario ni contraseña, sino la huella dactilar, enviando un comprimido de ésta al servidor para su procesamiento, le da categoría en los tipos de huellas mencionados anteriormente, para después tener una respuesta binaria: afirmativa y dejar “entrar” al usuario, o negativa y “negarle el acceso”.

REFERENCIAS

- “*Fingerprint Identification*” URL:<http://www.fbi.gov/hq/cjisid/ident.pdf>
- “*Identificación Biométrica con Huellas Dactilares*” URL:http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/5_proximo/huellas/intro.htm
- Anil Jain, Lin Hong, Sharath Pankanti, Rud Bolle, *An identity Authentication System Using Fingerprints*. IEEE, Vol. 85 No. 9, Septiembre 1997, pags.: 1365-1388. URL:<http://citeseer.ist.edu/jain97/identity.html>
- Alber, I.E., Xiong, Z., Yeager, N., Farber, M., & Pottenger, W.M., (2001). *Fast retrieval of multi- and hyperspectral images using relevance feedback*.

URL:<http://www.cse.lehigh.edu/~billp/pubs/IGARSS.pdf>

- Barros, J., French, J., Martin, W., Kelley, P. & Cannon, M., (1996). Using the triangle inequality to reduce the number of comparisons required for similarity-based retrieval, In *IS&T/SPIE-Storage and Retrieval for Still Image and Video Database*, Vol. IV.
- Eakins, J.P. & Graham, M.E., (Jan 1999). *Content-based image retrieval. At Report to the JISC Technology Applications Programme*. Technical report. Institute for Image Data Research, University of Newcastle. URL:<http://www.unn.ac.uk/idr/research/cbir/report.html>
- Garris, Michael D., Watson, Craig I., McCabe, R. Michael, Wilson, Charles L., (2002). *User's Guide to NIST Fingerprint Image Software (NFIS) NISTIR 6813*. URL:http://www.itl.nist.gov/iad/894.03/databases/defs/nist_nfis.html
- Halici, U., Jain, L. C., Erol, A., (2000). Introduction to Fingerprint Recognition. Intelligent Biometric Techniques In: *Fingerprint and Face Recognition*. Editado por Halici U., Jain L. C., I Hayashi, S. B. Lee y T. Tsutsui (eds) CRC Press USA, 1999, ISBN 0-8493-2055-0, pp 1-34 (CRC Press Catalog)
- Huang, T.S. & Rui, Y., (Dec.1997). Image Retrieval: Past, presente, and future, *Poc. of Int. Symposium on Multimedia Information Processing*. URL:<http://citeseer.nj.nec.com/article/luang97image.html>
- Johansson, B. (Dec. 2000). A Survey on: Contents Based Search In: *Image Databases*. Computer Vision Laboratory, Departament of Electrical Engineering, Linkoping University. URL:<http://www.isy.liu.se/cvl/projects/VISIT-bjojo/>
- Rui, Y., Huang, T.S., Ortega, M. & Mehrotra, S., (Sep 1998). Relevante Feedback: A Power Tool for Interactive Content-Based Image Retrieval, *IEEE Transaction of Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 8, No. 5, pp. 644-655.
- Veltkamp, R.C. & Tanase, M., (Oct 2000). *Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey, Technical Report UU-CS-2000_34*, Departament of Computing Science, Utrecht University. URL:<http://citeseer.nj.nec.com/article/veltkamp00contentbased.html>
- Xiong, Z., Zhou, X., Pottenger, W.M. & Huang, T.S. (2001). *Speeding up Relevance Feedback in Image Retrieval with Triangle-Inequality Based Algorithms*.