



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**

“Análisis comparativo de técnicas de reconocimiento de rostros basado en modelos y en imagen usando un módulo de inteligencia artificial en MATLAB. Caso Práctico: Departamento “CLIMAGEN” de la Clínica Moderna de la Ciudad de Riobamba”

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**  
**INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**Presentado por:**

**MARÍA DEL CISNE SARANGO CUENCA**  
**MANUEL ANTONIO MAINATO BUÑAY**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**- 2014 -**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primero a Dios por permitirme alcanzar una meta más en mi vida profesional, a mi esposo por su paciencia, comprensión y ayuda incondicional, a mis hijos que fueron la inspiración para culminar mi carrera, a mi padre y hermanos por su confianza puesta en mí, a cada uno de mis compañeros y amigos de carrera, mi eterna gratitud a mis catedráticos por compartir sus conocimientos dentro y fuera de las aulas de clase y en especial al Ing. Patricio Moreno por el apoyo incondicional para la culminación de esta investigación.

*Ma. Del Cisne Sarango*

En primer instante agradezco a ti mi Dios por dar la oportunidad de existir y que he vivido junto a ti; en segundo a cada uno de los que son parte de mi familia a mi padre Avelino Mainato, mi madre Rosa Buñay y mis hermanos, por siempre haberme ofrecido su amor y apoyo incondicional. Finalmente a cada uno de mis maestros y amigos que de una u otra manera brindaron el apoyo y el incentivo para terminar con éxito esta etapa universitaria, en especial al Ingeniero Patricio Moreno, por haber guiado el desarrollo y la culminación de este trabajo.

*Manuel Mainato*

## **DEDICATORIA**

Ofrezco este trabajo a Dios por darme fuerzas y sabiduría, a mi esposo Luis Aníbal por su amor, apoyo, confianza y por creer en mí, a mis tiernos hijos Danielita y Sebastián por ser mi motivación y lucha diaria, a mi ángel de la guarda mi madre que desde el cielo siempre guía mis pasos, a mi padre Vicente por estar pendiente de mí en cada momento, a mis hermanos por su apoyo moral e incondicional, a toda mi familia que desde la distancia me brindaron su apoyo y a cada uno de mis amigos y compañeros de vida estudiantil que compartieron triunfos y fracasos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

*Ma. Del Cisne Sarango*

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios porque fue el creador de todas las cosas, el que me ha dado ánimos en cada momento de mi existencia, a mis padres, quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores. De igual forma, a mis maestros, quienes compartieron sus conocimientos durante mi formación profesional.

*Manuel Mainato*

## FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y NOTA

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Iván Menes Camejo <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Jorge Huilca <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS</b>	.....	.....
Ing. Ms. Patricio Moreno <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. Iván Menes Camejo <b>MIEMBRO DE TESIS</b>	.....	.....
Tlgo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
<b>NOTA DE LA TESIS:</b>	.....	

## **RESPONSABILIDAD DEL AUTOR**

“Nosotros María del Cisne Sarango Cuenca y Manuel Antonio Mainato Buñay, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado, y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

### **FIRMAS:**

---

María del Cisne Sarango Cuenca

---

Manuel Antonio Mainato Buñay

## **ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS**

**CCTV:** Circuito Cerrado de Televisión.

**CLIMED:** Clínica Médica Moderna.

**CLIMAGEN:** Compañía de imagen.

**DNI:** Documento Nacional de Identidad.

**EBGM:** Grafos Elásticos de Racimo.

**EER:** Tasa de Igual Error.

**FAR:** Tasa de falsas aceptaciones.

**FRR:** Tasa de Falsos Rechazos.

**MATLAB:** Laboratorio de Matrices.

**RNA:** Redes Neuronales Artificiales.

**SCRUM:** Metodología para la gestión y desarrollo de Software.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y NOTA

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

1.	MARCO REFERENCIAL .....	14
1.1.	ANTECEDENTES .....	15
1.2.	JUSTIFICACIÓN .....	16
1.2.1.	JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	16
1.2.2.	JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.2.3.	JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	18
1.3.	OBJETIVOS .....	19
1.3.1.	OBJETIVO GENERAL .....	19
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1.4.	HIPÓTESIS .....	20
1.5.	MÉTODOS .....	20

CAPÍTULO II

2.	ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS .....	22
2.1.	RECONOCIMIENTO DE ROSTROS .....	23
2.1.1.	CONCEPTO DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS.....	23
2.1.2.	RECONOCIMIENTO DE PATRONES .....	24

2.1.3.	ETAPAS PARA EL RECONOCIMIENTO DE ROSTROS.....	26
2.1.4.	APLICACIONES CON RECONOCIMIENTO DE ROSTROS .....	29
2.1.5.	ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS .....	30
2.1.6.	TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTOS DE ROSTROS .....	31
2.2.	SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	44
2.2.1.	SEGURIDAD .....	45
2.2.2.	POLÍTICAS DE GESTIÓN DE SEGURIDAD .....	46
2.2.3.	EVALUACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD .....	47
2.2.4.	SERVICIOS QUE BRINDAN LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	49
2.3.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO PARA EL DESARROLLO DEL PROTOTIPO .....	50
2.3.1.	MATLAB .....	50
2.3.2.	MÓDULO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL MATLAB.....	51
2.3.3.	MYSQL .....	52

### CAPÍTULO III

3.	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS BASADA EN MODELOS Y BASADA EN IMAGEN .....	55
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁMBITO DE COMPARACIÓN .....	56
3.2.	RECURSOS HARDWARE Y SOFTWARE UTILIZADOS.....	56
3.3.	DISEÑO Y DETERMINACIÓN DE PRUEBAS.....	56
3.4.	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE COMPARACIÓN .....	57
3.5.	DEFINICIÓN DE PESOS DE LOS PARÁMETROS.....	58
3.6.	ANÁLISIS DE LA COMPARACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL .....	59
3.6.1.	LÍNEAS DE CÓDIGO .....	59
3.6.2.	TIEMPO DE RESPUESTA.....	61
3.6.3.	DESEMPEÑO.....	62
3.6.4.	SEGURIDAD .....	65
3.7.	RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	69



## CAPÍTULO IV

4.	DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE SOFTWARE DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS PARA EL DEPARTAMENTO “CLIMAGEN” DE LA CLÍNICA MODERNA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA .....	74
4.1.	METODOLOGÍA DE DESARROLLO .....	75
4.2.	DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS .....	75
4.2.1.	PLANIFICACIÓN DE PILA DE PRODUCTO .....	75
4.3.	DISTRIBUCIÓN, REVISIÓN Y AJUSTE DE LOS ESTÁNDARES DE PRODUCTO ....	78
4.4.	MODELO DE DATOS.....	78
4.5.	SPRINT: DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS.....	78
4.6.	REVISIÓN DEL SPRINT: PRUEBAS Y ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN .....	89
4.7.	CIERRE .....	89

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA II. I: APLICACIONES CON RECONOCIMIENTO DE ROSTROS.....	30
TABLA III. I: PARÁMETROS E INDICADORES.....	58
TABLA III. II: PESOS Y PORCENTAJES DE CADA PARÁMETRO. ....	59
TABLA III. III: PESOS PARA EL INDICADOR DE NÚMERO DE LÍNEAS DE CÓDIGO. ....	59
TABLA III. IV: RESULTADOS DEL INDICADOR NÚMERO DE LÍNEAS DE CÓDIGO DE LAS TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN. ....	60
TABLA III. V: PESOS PARA EL INDICADOR VELOCIDAD DE EJECUCIÓN.....	61
TABLA III. VI: RESULTADOS DEL INDICADOR VELOCIDAD DE EJECUCIÓN DE LAS TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN. ....	61
TABLA III. VII: PESOS PARA EL INDICADOR CONDICIONES DE ILUMINACIÓN.....	63
TABLA III. VIII: RESULTADOS DEL INDICADOR CONDICIONES DE ILUMINACIÓN DE LAS TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN. ....	63
TABLA III. IX: PESOS PARA LOS INDICADORES FIABILIDAD Y PRECISIÓN AL RECONOCER.....	65
TABLA III. X: RESULTADOS DEL INDICADOR FIABILIDAD DE LAS TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN. ....	65
TABLA III. XI: RESULTADOS DEL INDICADOR PRECISIÓN AL RECONOCER DE LAS TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN. ....	67
TABLA III. XII: RESUMEN DEL PARÁMETRO SEGURIDAD. ....	68
TABLA III. XIII: RESUMEN DEL ESTUDIO COMPARATIVO.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA II. I: RECONOCIMIENTO DE PATRONES. ....	25
FIGURA II. II: DETECCIÓN DE ROSTROS.....	26
FIGURA II. III: ILUMINACIÓN FRONTAL. ....	27
FIGURA II. IV: ARQUITECTURA DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS. ....	31
FIGURA II. V: ESTRUCTURA DE UNA NEURONA BIOLÓGICA Y UNA ARTIFICIAL [11].....	38
FIGURA II. VI: ESTRUCTURA DE RED NEURONAL ARTIFICIAL CON UNA CAPA OCULTA. ....	42
FIGURA II. VII: CRECIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS BIOMÉTRICAS.....	45
FIGURA II. VIII: TASA DE FRR Y FAR COMO FUNCIONES DEL UMBRAL DE ACEPTACIÓN.....	48
FIGURA III. I: RESULTADOS DEL INDICADOR NÚMERO DE LÍNEAS DE CÓDIGO DE LAS TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN.....	60
FIGURA III. II: RESULTADOS DEL INDICADOR VELOCIDAD DE EJECUCIÓN CON EBGM Y RNA. ....	62
FIGURA III. III: RESULTADOS DEL INDICADOR CONDICIONES DE ILUMINACIÓN DE LAS TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN. ....	64
FIGURA III. IV: RESULTADOS DEL INDICADOR FIABILIDAD TÉCNICAS BASADAS EN MODELOS Y EN IMAGEN.....	66
FIGURA III. V: RESULTADOS DEL INDICADOR PRECISIÓN AL RECONOCER DE EBGM Y RNA. ....	67
FIGURA III. VI: RESULTADOS DEL PARÁMETRO SEGURIDAD DEL EBGM Y RNA. ....	68
FIGURA III. VII: ANÁLISIS FINAL DEL ESTUDIO COMPARATIVO.....	71
FIGURA IV. I: MODELO FÍSICO DE LA BASE DE DATOS DEL PROTOTIPO.....	78
FIGURA IV. II: PANTALLA DE LA ITERACIÓN 1. ....	81
FIGURA IV. III: PANTALLA DE LA ITERACIÓN 2. ....	83
FIGURA IV. IV: PANTALLA DE LA ITERACIÓN 3.....	86
FIGURA IV. V: PANTALLA DE LA ITERACIÓN 4.....	88

## INTRODUCCIÓN

El reconocimiento de rostro es un tema predominante en la ciencia de la computación específicamente en el área de la Inteligencia Artificial. Para el cerebro humano es muy sencillo aprender rostros de personas y reconocerlos, indiferentemente del ángulo de visión que sea capaz de identificarlos.

La tarea de reconocimiento de rostro o facial se puede encontrar en lugares donde se necesite tener un control de acceso a una cierta área sin importar su tamaño, o en sistemas de seguridad para acceder a lugares. Estos deben desempeñarse a un nivel óptimo para los usuarios, es decir que debe responder con mayor precisión al momento de realizar el reconocimiento facial, satisfaciéndose así el control de acceso.

Esta investigación tiene como objetivo realizar un análisis de dos técnicas: basadas en modelos utilizando el algoritmo EBGm y en imagen haciendo uso de un algoritmo de Redes Neuronales. La decisión de realizar los comparativos entre estas dos técnicas de reconocimiento facial, es porque en la actualidad esta tecnología ha tenido un crecimiento enorme en aplicaciones de seguridad y se ha convertido en una buena opción para el control de acceso a lugares, para lo cual se ha desarrollado sus prototipos para la verificación del reconocimiento facial a usuarios en tiempo real, los mismos que permiten obtener datos de referencia para posteriormente emitir resultados.

En el capítulo I, Marco Referencial se presenta el planteamiento de la investigación, antecedentes, justificación, los objetivos a cumplirse, la hipótesis que al final de la investigación será comprobada, métodos y técnicas, es todo el marco referencial para el desarrollo de la tesis.

En el capítulo II, Marco Teórico, trata de los aspectos teóricos es decir comprende el estudio de reconocimiento de rostros en el cual se detalla conceptos, etapas, aplicaciones, arquitectura y las técnicas que tiene el reconocimiento de rostro. Como también se expone acerca de los sistemas de seguridad, políticas de gestión de seguridad, como también la evaluación de los sistemas de seguridad que es un punto importante en nuestra investigación todo esto hace referencia al objeto de estudio.

El capítulo III, Estudio comparativo, es el análisis de las técnicas de reconocimiento de rostros basada en imagen y en modelos mediante ambientes de prueba de cada uno de los prototipos desarrollados. Donde se presenta información de los parámetros a ser evaluados (líneas de código, tiempo de ejecución, desempeño y seguridad), análisis de los resultados y comprobación de la hipótesis.

En el último capítulo IV se detalla la parte aplicativa de la tesis, contiene el desarrollo del prototipo de software de reconocimiento de rostros para el departamento "CLIMAGEN" de la clínica moderna de la ciudad de Riobamba previamente al resultado obtenido del capítulo III.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

El marco referencial es uno de los aspectos más importantes sobre el tema de la investigación, donde se menciona al problema y el planteamiento de estudio sobre el mismo, ésta fundamentación soportará el desarrollo de la tesis y la discusión de los resultados.

En éste capítulo se detalla los antecedentes, la justificación teórica, metodológica y práctica que motiva a realizar la investigación, como también se plantea los objetivos a cumplir, la hipótesis que posteriormente se comprobará con la investigación y los métodos que se utilizarán para el desarrollo del mismo.

### **1.1. Antecedentes**

La presente investigación se aplicará en el departamento "CLIMAGEN" de la Clínica Moderna "CLIMED" de la ciudad de Riobamba esta se encuentra ubicada en la calles Juan Lavalle 19-45 entre Olmedo y Villarroel, que fue constituida en el año 2006, que ofrece servicios de Ginecología, Pediatría, Hospitalización, Radiología, Imagenología, etc. Una de las deficiencias encontradas dentro de la Clínica Moderna de la Ciudad de Riobamba es la seguridad específicamente en el departamento "CLIMAGEN" donde se ofrece servicios de ecografías, rayos X, tomografías la cual ha incorporado equipos médicos de alta tecnología y costosos donde no existe una seguridad tecnología para la misma. Donde se va a desarrollar un Prototipo de software para Reconocimiento de Rostro que pueda ser robusto y eficiente para proteger el acceso al lugar, el cual va a permitir tener un control de acceso al mismo.

En la actualidad con la evolución de las tecnologías asociadas a la información, nuestra sociedad está cada día más conectada electrónicamente, desde la percepción del ser humano, la forma más sencilla de reconocer personas es a través del rostro, ya que este tiene características únicas como distancia entre los ojos, anchura de la nariz, forma de la barbilla, pómulos, forma de la boca, etc.

Con el surgimiento de sistemas computacionales de seguridad se ha ido ampliando este campo y uno de ellos es el reconocimiento de rostros, que explota las características anteriormente mencionadas [10].

Uno de los lenguajes utilizados en el reconocimiento de rostros es MATLAB, un lenguaje de alto rendimiento para cálculos técnicos, al mismo tiempo un entorno y un lenguaje de programación. Uno de sus puntos fuertes es que permite construir nuestras propias herramientas reutilizables.

Podemos crear fácilmente nuestras propias funciones y programas especiales (conocidos como M-archivos) en código MATLAB, se puede agrupar en TOOLBOX (también llamadas librerías) colección especializada de M-archivos para trabajar en clases particulares de problemas [22]. Además este lenguaje posee un módulo de inteligencia artificial que permite realizar el reconocimiento rostros.

Las técnicas de reconocimiento de rostros en diferentes literaturas no permiten definir un nombre específico para las mismas. Para ello en esta investigación vamos analizar las técnicas establecidas con los siguientes nombres las técnicas basadas en imagen y en modelos. La técnica basada en imagen se utiliza directamente sobre las imágenes sin hacer uso de modelos 3D, para demostrar esta técnica utilizaremos un modelo de redes neuronales y la técnica basada en modelos en cambio intentan construir un modelo lo más descriptivo posible de la cara humana capaz de detectar con precisión las variaciones faciales [2], para ello usaremos el algoritmo Elastic Bunch Graph (Grafos elásticos de racimo).

Las empresas hoy en día buscan mecanismos de seguridad que permitan resguardar sus activos tangibles e intangibles, la empresa sin importar el tamaño, ni actividad utiliza diversos métodos de seguridad entre ellos es la utilización de la tecnología de reconocimiento de imágenes.

## **1.2. Justificación**

### **1.2.1. Justificación Teórica**

Una de las principales metas al plantear el Reconocimiento de Rostros es lograr brindar seguridad en la empresa, ya que se ha convertido en una de las aplicaciones más estudiadas en campos como la biometría, el procesado de imagen o el reconocimiento de patrones. Para el cual se desarrolla un procedimiento de detección de caras como parte de algoritmos de clasificación de imágenes.



Una de las razones que nos ha llevado a este crecimiento son las necesidades cada vez mayores de aplicaciones de seguridad y vigilancia utilizadas en diferentes ámbitos.

Al analizar e investigar las técnicas de reconocimientos de rostros podemos profundizar y ampliar más los conocimientos para así poder elegir la técnica más adecuada para realizar el prototipo deseado.

En la actualidad existen algunos algoritmos que se utiliza para el reconocimiento de rostros, para nuestra investigación vamos a usar Redes neuronales las mismas que están inspiradas en el comportamiento del cerebro humano, una red neuronal es entrenada a tal efecto mediante el almacenamiento de un conjunto de patrones, en este caso, cara y característica de los rostros de las personas. Otro algoritmo a usar es Grafos elásticos de racimo que se basa en grafos etiquetados, es decir en un conjunto de nodos conectados por arcos, para identificar una nueva cara, el grafo de la cara se posiciona en la imagen usando una correspondencia elástica.

Por otra parte, la presente tesis se enmarca en los Lineamientos de Investigación, correspondiente al Área de Desarrollo de Software de la Facultad de Informática y Electrónica, establecidos por la Comisión de Proyectos y Transferencia Tecnológica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, contribuyendo con el Objetivo 11: Establecer un sistema económico social, solidario y sostenible, determinado en el Plan Nacional para el Buen Vivir, ayudando a fomentar y fortalecer la producción nacional de software, dotando de infraestructura y equipamiento que facilitan y diversifican las actividades autónomas de realización y prestación de servicios, desincentivando las importaciones que afectan al producto nacional.

### **1.2.2. Justificación Metodológica**

Para la elaboración de la propuesta metodológica nos basaremos en la recopilación de información hallada a través de papers, blogs, libros, foros de Inteligencia Artificial, comentarios, sugerencias, guías, recomendaciones, información compartida de empresas dedicadas al reconocimiento de rostros y otra información relevante al tema de estudio. Para realizar el análisis de las Técnicas de Reconocimiento de Rostros.

Para la creación del sistema se utilizará la metodología SCRUM, con su flexibilidad para adaptarse a cambios con la participación del cliente en las variaciones y toma de decisiones con respecto al proyecto.

### **1.2.3. Justificación Práctica**

Para dar una solución a la poca seguridad que existe en el departamento de "CLIMAGEN" de la Clínica Moderna de Riobamba se va a realizar un Prototipo de Software para Reconocimiento de Rostros dando así una solución innovadora, integral y de tecnología en el área de la seguridad electrónica, el control de acceso y la identificación. Brindando así la seguridad debida en el departamento de "CLIMAGEN" y protegiendo sus bienes tangibles e intangibles que posee el mismo.

Para llevar a cabo el software se va a realizar ambientes de prueba con las técnicas basadas en modelos y en imagen para poder realizar el análisis comparativo de las mismas.

Las tecnologías a utilizarse es MATLAB R2013a, software que viene incorporado en la cámara IP EasyN, la base de datos MySQL. El "Prototipo de software de Reconocimiento de Rostro para el departamento de "CLIMAGEN" permitirá el acceso solo al personal autorizado, al momento que ingresa al departamento a brindar atención a sus clientes.

El sistema va a funcionar de la manera siguiente, el usuario al momento de ingresar al departamento va a poner su rostro cerca de la cámara IP, donde la misma le va a tomar una fotografía, la aplicación realizada en MATLAB va a comparar esta imagen con las imágenes almacenadas en la base de datos MySQL, si la imagen coincide con las misma características de las imágenes almacenadas le permitirá acceder al lugar, de lo contrario no le va a permitir el acceso.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Realizar el estudio comparativo de las técnicas de reconocimiento de rostros basado en modelos y en imagen usando un módulo de Inteligencia Artificial en MATLAB. Caso Práctico: Departamento "CLIMAGEN" de la Clínica Moderna de la Ciudad de Riobamba con el propósito de brindar mayor seguridad al mismo.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Estudiar las técnicas de reconocimiento de rostro basada en modelos y en imagen.
- ✓ Determinar los parámetros a ser evaluados entre las técnicas de reconocimiento de rostro basada en modelos y en imagen.
- ✓ Seleccionar la técnica de reconocimiento de rostros más óptima a ser utilizado en el desarrollo del sistema a implementarse.
- ✓ Desarrollar un prototipo de software para el reconocimiento de rostros para el departamento "CLIMAGEN" de la Clínica Moderna de la Ciudad de Riobamba.

#### **1.4. Hipótesis**

Con el estudio comparativo de las técnicas de reconocimiento de rostros basado en modelos y en imagen usando un módulo de Inteligencia Artificial en MATLAB, se podrá seleccionar la técnica de reconocimiento de rostro que permita proporcionar mayor seguridad al Departamento "CLIMAGEN" de la Clínica Moderna de la Ciudad de Riobamba.

#### **1.5. Métodos**

Para el desarrollo de la tesis será necesaria la aplicación del método científico, que permitirá establecer una secuencia ordenada de acciones que involucraran el desarrollo de esta tesis. A continuación detallamos las fases:

- ✓ Planteamiento del problema: Se analizará el problema existente y todas las consecuencias del mismo.
- ✓ Formulación de la hipótesis: Se planteará un posible resultado de todo el estudio que se realizara con respecto a la solución planteada.
- ✓ Levantamiento o recopilación de la información: Se realizará la investigación de toda la información posible para la correcta interpretación de cada una de las técnicas de reconocimiento de rostros a comparar.
- ✓ Análisis e interpretación de resultados: Se ejecutará la fase de pruebas.
- ✓ Comprobación de la hipótesis: En base a los resultados obtenidos se estudiará el cumplimiento de la hipótesis.
- ✓ Difusión de resultados: Se plasmara la investigación realizada en una documentación detallada.

**Método Analítico - Sintético.**- Es el análisis que se realizará de los aspectos delimitados de la presente investigación que permitirá conocer, comprender y estudiar [24] el objeto de estudio en partes y todo lo investigado en sus diferentes componentes para el planteamiento de la propuesta del prototipo de Reconocimiento de rostros. Además el mismo, es aplicado en la sistematización de la bibliografía, que será analizada para entenderla y describirla.

**Método Descriptivo.**- Este método se utilizará en el momento que se describa las características de la aplicación, conjuntamente con sus interfaces gráficas, además se realizará la explicación de cada función y procedimiento que se utilice para la realización de la aplicación y por ende el cumplimiento del objetivo general que se plantea [24].

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS**

En el presente capítulo se describe los aspectos más relevantes acerca del reconocimiento de rostro y de sistemas de seguridad en donde se conceptualizan sobre el reconocimiento de rostro, patrones, también se mencionan las etapas, aplicaciones, la arquitectura y las técnicas que tiene el reconocimiento de rostro.

También se detalla y se expone acerca de los sistemas de seguridad, políticas de gestión de seguridad, como también la evaluación de los sistemas de seguridad que es un punto importante en nuestra investigación, además se menciona los servicios que brindan los mismos, se hace una descripción del software para el desarrollo de la investigación donde se describe el módulo de inteligencia artificial.

## **2.1. Reconocimiento de rostros**

El reconocimiento de rostro automatizado es un concepto relativamente nuevo, desarrollado por primera vez en los años 60. Esta tecnología no capturó la atención del público hasta el 2001, cuando, durante la SuperBowl de la NFL (Liga Nacional de Fútbol Americano), se capturaron imágenes de vigilancia comparándolas con una base de datos de fotoarchivos digitales. Esta demostración inició un importante debate sobre cómo usar la tecnología para satisfacer necesidades nacionales, mientras se tomaban en consideración las preocupaciones sociales y de privacidad del público. Hoy en día, la tecnología de reconocimiento de rostro está siendo utilizada para combatir el fraude de pasaportes, identificación de niños extraviados, minimizar el fraude en las identificaciones y control de acceso [29].

En los últimos años se han realizado estudios más detallados por la necesidad de encontrar medios para reconocer a personas a partir de sus rasgos, en el campo de la seguridad es en donde se han exigido los mayores avances [29].

### **2.1.1. Concepto de reconocimiento de rostros**

Es una aplicación que identifica de manera automática un rostro de una persona en una imagen digital. Esto es posible mediante el análisis de las características faciales del sujeto extraídas de la imagen o de un fotograma clave de una fuente de video y comparándolas con una base de datos [8] [31].

Según Julio C. Molina, Miguel A Risco, El reconocimiento de rostros se enfoca en el estudio e implementación de sistemas biométricos, que consiste en el estudio de características físicas únicas en cada persona. Esto se puede apoyar en las técnicas de procesamiento digital de imágenes las cuales puede extraer características biométricas [8].

Según R, Francisco Lopera, El reconocimiento de rostros construido el perceptor visual del rostro, se debe comparar con las huellas de memoria de caras previamente aprendidas y almacenadas y si se encuentra una huella de memoria facial de configuración similar al perceptor se produce un sentimiento de familiaridad con él y se activa el acceso a su reconocimiento. Esta tarea es realizada por las llamadas unidades de reconocimiento facial que son como un almacén de las huellas de memoria de caras previamente conocidas y que además establecen una conexión entre el perceptor y la memoria semántica o nodos de identidad personal [8].

### **2.1.2. Reconocimiento de patrones**

Es una rama del conocimiento, de carácter multidisciplinario, cuyo objeto de estudio son los procesos de identificación, caracterización, clasificación y reconstrucción sobre conjuntos de objetos o fenómenos, así como el desarrollo de teorías, tecnologías y metodologías relacionadas con dichos procesos [28].

El reconocimiento de patrones es una área de la tecnología conocido como Aprendizaje de Maquinas (Machine Learning) o Aprendizaje Automático. El único propósito de este método es el clasificar un grupo de patrones conocido como conjunto de pruebas en dos o más clases de categorías. Esto es logrado al calcular las categorías del conjunto en prueba comparándolo con un conjunto de entrenamiento (previo). Un clasificador dado mide la distancia entre varios puntos dados (compara), para saber cuáles puntos son más cercanos a la meta en un modelo parametrizado [28].

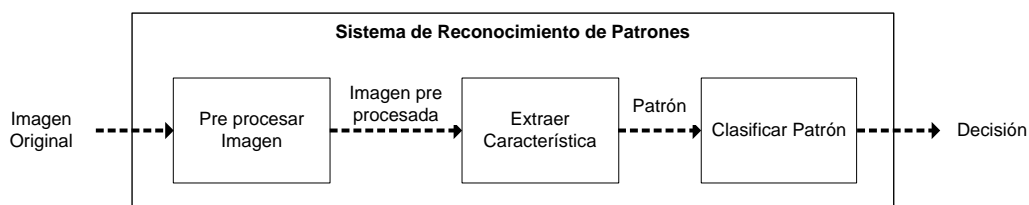


### 2.1.2.1. Patrón

Un patrón es la entidad que deseamos reconocer, puede ser un objeto, una imagen, una persona, un sonido, un sabor, etc. Los patrones se obtienen a partir de los procesos de segmentación, extracción de características y descripción dónde cada objeto queda representado por una colección de descriptores. El sistema de reconocimiento debe asignar a cada objeto su categoría o clase (conjunto de entidades que comparten alguna característica que las diferencia del resto). Para poder reconocer los patrones se siguen los siguientes procesos [27].

- Adquisición de datos.
- Extracción de características.
- Toma de decisiones.

El punto esencial del reconocimiento de patrones es la clasificación: se quiere clasificar una señal dependiendo de sus características. Señales, características y clases pueden ser de cualquiera forma, por ejemplo se puede clasificar imágenes digitales de letras en las clases [A - Z] dependiendo de sus píxeles o se puede clasificar ruidos de cantos de los pájaros en clases de órdenes aviares dependiendo de las frecuencias [27] [Ver figura II. I].



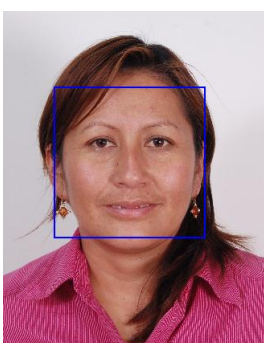
**Figura II. I:** Reconocimiento de Patrones.

**Fuente:** Reconocimiento de Patrones [27].

### 2.1.3. Etapas para el Reconocimiento de rostros

#### 2.1.3.1. Detección del rostro

La detección de rostro es el primer paso de los algoritmos de reconocimiento de rostros y por tanto es de crucial importancia que su desempeño sea lo mejor posible, además proporciona la localización y la escala a la que encontramos el rostro [31] [Ver Figura II. II].



**Figura II. II:** Detección de Rostros.

**Fuente:** Los Autores.

Existen algunos problemas más comunes en la detección de rostros que se dan el proceso de adquisición de las imágenes, condiciones de luminosidad, bajo contraste, objetos extraños, rostros parcialmente capturados, distorsión de la imagen, etc. Posteriormente mencionamos algunos de los problemas más comunes [31] [10]:

- *Posición.*- Las imágenes varían de posición y orientación, esto se debe al medio de captura, o a la posición de las personas en el momento de capturar la imagen.
- *Expresión Facial.*- Como la risa, el enojo, gestos, muecas, etc.
- *Presencia de estructuras.*- Elementos como barba, bigote, lentes, bufandas, etc.
- *Ocultación.*- Las imágenes pueden aparecer sobrepuestas por otras imágenes de rostros [10].

## Componentes para la detección de rostros

**a. Cámara IP.-** Conocidas como cámaras Web o de Red, son videocámaras especialmente diseñadas para enviar las señales (video, y en algunos casos audio) a través de Internet desde un explorador o a través de concentrador (un HUB o un SWITCH) en una Red Local (LAN).

En las cámaras IP pueden integrarse aplicaciones como detección de presencia (incluso el envío de mail si detectan presencia), grabación de imágenes o secuencias en equipos informáticos (tanto en una red local o en una red externa (WAN), de manera que se pueda comprobar por qué ha saltado la detección de presencia y se graben imágenes de lo sucedido [5].

## b. Sistemas de iluminación

**Iluminación Frontal.-** Es una técnica donde la cámara se posiciona mirando al rostro de la persona en la misma dirección de la luz, la cámara recibe la luz reflejada del rostro de la persona [18] [Ver Figura III. III].



**Figura II. III:** Iluminación frontal.

**Fuente:** Iluminación frontal [18].

**Iluminación Dura.-** Es producida por fuentes de iluminación de pequeño tamaño y gran potencia en relación a la distancia de la fuente con el objeto fotografiado; esta produce sombras definidas y resalta en especial contornos y texturas [17].

**Iluminación Difusa.-** Apenas produce sombras, consiguiendo tonos suaves y difuminados. Son muy indicadas para el retrato (sobre todo para personas mayores, al atenuar las arrugas al no producir a penas sombras que las marquen) [16].

**Otras Fuentes de iluminación.-** Son aquellos cuerpos que las genera, sea por que la producen o la reflejan.

Las fuentes de iluminación se clasifican en naturales y artificiales, referente a la primera se tiene a las primarias que son producidos su luz por procesos internos (sol, estrellas) y secundarias que son producidas su luz por reflexión (luna), y las fuentes artificiales son emitidas por calor (lámparas incandescentes) y por emisión (tubos fluorescentes) [26].

### **Condiciones de Iluminación**

**Controladas:** Buena presencia de iluminación, dando como resultado una excelente calidad de imagen.

**No controladas:** Escases de iluminación, no brinda calidad en la imagen.

### **Dificultades en el proceso de detección de rostro**

A continuación se menciona las dificultades que podrían obstaculizar el proceso de detección del rostro.

- Estado de ánimo de la persona.
- Pose y orientación del rostro.
- Tamaño del rostro.
- Presencia de lentes, barba, gorros, etc.
- Expresión de la cara.

- Problemas de iluminación.
- Condiciones de la imagen.
- Cantidad desconocida de caras en la imagen [10].

#### **2.1.3.2. Alineación de la cara**

Es la localización de los componentes de la cara y a través de transformaciones geométricas se van estudiando aspectos como el tamaño, la posición o la iluminación.

#### **2.1.3.3. Extracción de la cara**

Es la desalación de la información necesaria para poder distinguir entre las caras de diferentes personas mediante variaciones fotométricas o geométricas.

#### **2.1.3.4. Reconocimiento**

Es la comparación de las características extraídas de la cara con las imágenes de la base de datos.

#### **2.1.4. Aplicaciones con reconocimiento de rostros**

Los modos de aplicación así como aplicaciones donde se usan los sistemas de reconocimiento de rostro, se pueden clasificar en tres grupos principales:

- ✓ *Verificar la identidad.*- Esta aplicación sirve para autenticar la identidad que la persona afirma ser.
- ✓ *Identificación.*- Una vez extraídas las características se compara con una base de datos y mediante cierto algoritmo se toma una decisión de la identidad.

- ✓ *Búsquedas.*- Sigue el mismo algoritmo que la identificación con la diferencia de necesitar un umbral de acierto [8].

A su vez, estos tres modos de aplicación se pueden ver hoy en día desarrollados y usados en diversos campos en aplicaciones específicas [Ver **Tabla II. I**].

**Tabla II. I:** Aplicaciones con reconocimiento de rostros.

Área	Aplicaciones Específicas
Biometría	Licencia de Conducir, Programas de Derecho, Inmigración, DNI, Pasaportes, Registro de Votantes, Fraude, Teléfonos inteligentes, Acceso a instalaciones restringidas.
Seguridad de la información	Inicio de Sesión, Seguridad en Aplicaciones, Seguridad en Bases de Datos, Cifrado de Información, Seguridad en Internet, Acceso a Internet, Registros Médicos, Terminales de Comercio Seguro, Cajeros Automáticos.
Cumplimiento de la ley y vigilancia	Video vigilancia Avanzada, Control CCTV, Control Portal, Análisis Post-event, Hurto, Seguimiento de Sospechosos, Investigación.
Tarjetas inteligentes	Valor Almacenado, Autenticación de usuarios.
Control de acceso	Acceso a Instalaciones, Acceso a Vehículos.

**Fuente:** Aplicaciones con reconocimiento de rostros [8] [31].

### 2.1.5. Arquitectura de un sistema de reconocimiento de rostros

La arquitectura para el reconocimiento de rostros utilizando las técnicas de reconocimiento facial se ilustra en la **Figura II. IV**.



**Figura II. IV:** Arquitectura de reconocimiento de rostros.

**Fuente:** Los Autores.

### 2.1.6. Técnicas de reconocimientos de rostros

El reconocimiento de rostros es un área del reconocimiento de patrones que ha sido investigada durante varios años. A lo largo de este tiempo se han propuesto técnicas diferentes para la resolución de esta área en distintas literaturas, entre la que se pueden mencionar:

- Técnicas basadas en modelos.
- Técnicas basadas en imagen.

Independientemente la técnica que sea implementada, se utiliza siempre dos conjuntos de datos:

**a.** *La etapa de aprendizaje*, el cual es llamado conjunto de entrenamiento, se trata de que los patrones que integran este conjunto sean lo más diferente posible entre sí, y que además, representen al problema, para poder tener un buen porcentaje de generalización.

**b.** *Para el conjunto de prueba*, es utilizado en la etapa de reconocimiento [34].

Desde cuando empezó las investigaciones acerca del reconocimiento de rostro hasta la presente fecha, se han propuesto diversas técnicas para dar solución al problema del reconocimiento de rostros, ya sea en tiempo real o estático. Existen trabajos desarrollados para el reconocimiento automático de rostros en la mayoría se basan en la información proporcionada por una imagen bidimensional, este proceso se lleva a cabo a través de la extracción de características globales aplicando transformaciones de imagen sobre la región enmarcada por el rostro, para la conformación de un modelo representativo del rostro en su totalidad y el producto de este modelo son usados posteriormente como índices para la búsqueda del rostro en una base de datos [34].

#### **2.1.6.1. Basada en modelos utilizando algoritmo EBGM**

##### **Visión general**

La técnica de reconocimiento de rostros basada en modelos intentan construir un modelo lo más descriptivo posible de la cara humana capaz de detectar las variaciones faciales. Existen algunas alternativas fundamentalmente a la hora de plantearse el reconocimiento de rostros basados en modelos. Una de estas técnicas basadas en modelos es el algoritmo de correspondencia entre agrupaciones de grafos elásticos (Elastic Bunch Graph Matching, EBGM).

El algoritmo EBGM desarrollado por Wiskott, no se basa en un análisis lineal de las imágenes, es decir se basa en características como variaciones en la iluminación, postura y expresión de las personas que se someten a esta técnica.

Este algoritmo se apoya en la práctica de grafos en 2D usando grafos en estrella, ya que los rostros humanos comparten una estructura topológica similar, cuyos nodos son puntos clave (ojos, narices, etc.) y las aristas las distancias entre ellos [2].



Cada nodo contiene unos coeficientes de wavelets para distintas escalas y orientaciones y finalmente el reconocimiento se basa en grafos etiquetados [2].

Para la implementación del algoritmo EBGM es indispensable el uso de Wavelets Gabor que no son más que filtros especiales que se ejecutan en la corteza del rostro que posteriormente se proyecta en una plantilla elástica. Es decir identifica los bordes de las características faciales, el análisis EBGM parte de la idea de que todas las caras comparten una estructura topológica similar.

Para una imagen de entrada se localiza puntos principales previamente definidos utilizando un modelo estadístico de imágenes de caras. Luego se procede a la extracción de los wavelets de Gabor en dichos puntos. Cada cara es representada por los wavelets resultantes en las coordenadas localizadas.

### **Características del algoritmo EBGM**

Entre las características más principales del algoritmo EBGM tenemos.

- La utilización de filtros especiales como el uso de Wavelets Gabor.
- La iluminación.
- El ángulo de captura de la imagen o la expresión de la cara en el momento de capturar la imagen [6]:

### **Extracción de características del algoritmo EBMG**

Un conjunto de filtros de Gabor con diferentes frecuencias y orientaciones puede ser útil para la extracción de características útiles a partir de una imagen [13].

## Filtros de Gabor

Los filtros de Gabor son ondas planas que están restringidas por una función gaussiana. Esto hace clara la medida del filtro para una frecuencia dada en una are local de la imagen. La anda plana en un filtro Gabor puede ser definida tal que el filtro par e impar sea combinado es una formula llamada función Wavelet Gabor [15].

## Wavelet Gabor

Los wavelets de Gabor se basan en una familia de filtros que permiten ser sintonizados en determinada frecuencia y además pueden limitar su rango de acción a determinada región de la imagen. Están formadas por un banco de filtros lineales e invariantes temporales, por lo que se los caracteriza por su impulso. Se basa en un núcleo gaussiano modulado mediante una senoide.

$$W(x, y, \theta, f, \varphi, \vartheta, \gamma) = e^{-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}} \cos(2\pi f x' + \varphi) \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Con:

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \theta + y \sin(\theta) \\ y' &= -x \sin \theta + y \cos(\theta) \end{aligned}$$

x	Coordenada horizontal
y	Coordenada vertical
f	Frecuencia
$\varphi$	Fase
$\vartheta$	Varianza de la gaussiana
$\gamma$	Relación de aspecto
$\theta$	Orientación [37].

## Descripción del algoritmo EBGM

A continuación se describe el algoritmo EBGM que se refiere a la localización de características.

1. Se define una estructura de grafo sobre la cara, cuyos nodos son puntos de interés, que se puedan localizar fácilmente y que posean la misma estructura en todos los rostros.
2. Cada nodo del grafo es caracterizado utilizando un banco de filtros de Gabor de diferentes frecuencias y orientaciones. En cada nodo, se calcula la respuesta de todos los filtros, a lo que se da el nombre de Jet. Por consiguiente, cada nodo queda etiquetado con sus coordenadas y su Jet asociado.
3. Para una imagen nueva se busca en la base de datos el conjunto de Jets que sean más similares. Para esto se centra el grafo en los ojos de la nueva imagen, se calculan los jets de estos puntos y se comparan contra los jets de los ojos en la base de datos. Para la comparación de los jets se utiliza una función de similitud por fase, ésta es similar a una correlación, y está definida como se describe en la ecuación 2.2.

$$S_{J,J'} = \frac{\sum_{j=1}^n a_j a'_j \cos(\theta_j - \theta'_j)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n a_j^2 \sum_{j=1}^n a'^j{}^2}} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

*Dónde:*

$a'$ : Magnitud del Jet de la base de datos, a la magnitud del Jet de la imagen nueva.

$\theta'$ : Fase del Jet de la base de datos.

$\theta$ : Fase del Jet de la imagen nueva.

$n$ : Número de coeficientes del Jet [9].

### **2.1.6.2. Basada en imagen utilizando algoritmo RNA**

#### **Visión general**

Las técnicas de reconocimiento de rostros basadas en imagen, tiene con ente de estudio como su nombre lo indica la imagen misma es decir se las utiliza directamente sobre las imágenes sin hacer uso de modelos 3D. El conocimiento previo se incorpora implícitamente en esquemas de entrenamiento, se trabaja directamente con una representación de la imagen a la que se le aplican algoritmos de entrenamiento y análisis.

Entre los algoritmos más representativos que usa esta técnica es redes neuronales artificiales que son un conjunto de técnicas perteneciente al campo de la inteligencia artificial, su estructura consiste en una red formada por nodos (o neuronas) y conexiones, razón por la cual se asemejan al cerebro de los seres humanos, del cual procede su nombre. Las redes neuronales son de aplicación en diversidad de problemas de reconocimiento de patrones y de aproximación de funciones, debido a su flexibilidad y facilidad de uso [3].

Según Alan Turing, 1936; fue el primero en estudiar el cerebro como una forma de ver el mundo de la computación. Sin embargo, los primeros teóricos que concibieron los fundamentos de la computación neuronal fueron Warren McCulloch, un neurofisiólogo, y Walter Pitts, un matemático, quienes, en 1943, lanzaron una teoría acerca de la forma de trabajar de las neuronas (Un Cálculo Lógico de la Inminente Idea de la Actividad Nerviosa Boletín de Matemática Biofísica 5: 115-133). Ellos modelaron una red neuronal simple mediante circuitos eléctricos [30].

A partir de 1986, el panorama fue alentador con respecto a las investigaciones y el desarrollo de las redes neuronales.

Hoy día, las redes neuronales constituyen una tecnología “renacida”, aunque aún en desarrollo, en la que se han depositado grandes esperanzas para tratar con éxito alguno de los problemas clásicos de la inteligencia artificial, en particular el del reconocimiento de formas y de la palabra hablada. Actualmente, son numerosos los trabajos que se realizan y se publican, las aplicaciones nuevas que surgen y las empresas que lanzan al mercado productos nuevos, tanto hardware como software, sobre todo para simulación [30].

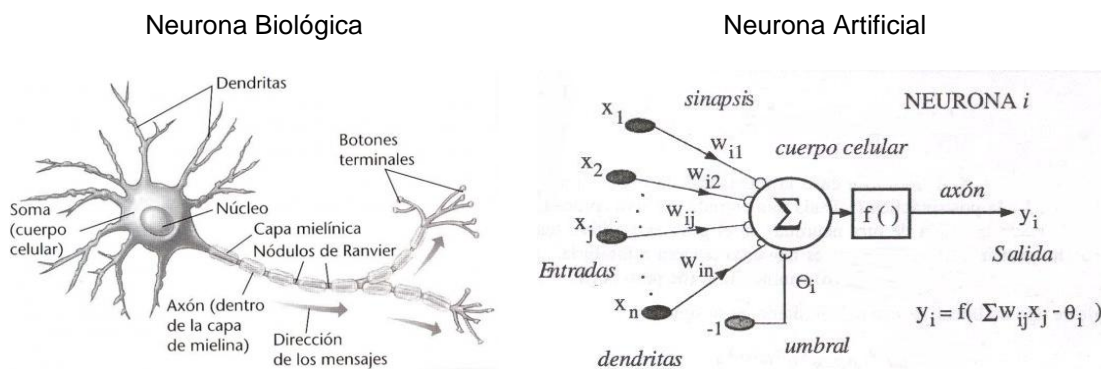
### **Características de Redes Neuronales**

Las RNA al margen de parecerse al cerebro presentan una serie de características propias del cerebro [7]. Por ejemplo las RNA aprenden de la experiencia, generalizan de ejemplos previos a ejemplos nuevos y abstraen las características principales de una serie de datos.

- *Aprender:* adquirir el conocimiento de una cosa por medio del estudio, ejercicio o experiencia. Las RNA pueden cambiar su comportamiento en función del entorno. Se les muestra un conjunto de entradas y ellas mismas se ajustan para producir unas salidas consistentes.
- *Generalizar:* extender o ampliar una cosa. Las RNA generalizan automáticamente debido a su propia estructura y naturaleza. Estas redes pueden ofrecer, dentro de un margen, respuestas correctas a entradas que presentan pequeñas variaciones debido a los efectos de ruido o distorsión.
- *Abstraer:* aislar mentalmente o considerar por separado las cualidades de un objeto. Algunas RNA son capaces de abstraer la esencia de un conjunto de entradas que aparentemente no presentan aspectos comunes o relativos [7].

### Estructura de la RNA

La estructura de una neurona biológica y una neuronal artificial son similares, ya que tienen el mismo funcionamiento, es decir la neurona biológica es la unidad fundamental del sistema nervioso y en particular del cerebro, cada neurona es una simple unidad procesadora que recibe y combina señales desde y hacia otras neuronas, si la combinación de entradas es suficientemente fuerte la salida de la neurona se activa. Mientras que la neurona artificial es la unidad análoga a la neurona biológica, posee un elemento procesador que tiene varias entradas y las combina, normalmente con una suma básica. La suma de las entradas es modificada por una función de transferencia y el valor de la salida de esta función de transferencia se pasa directamente a la salida del elemento procesador [11] [Ver Figura II. V].



Estructura de una Neurona Biológica.

Estructura de una Neurona Artificial.

**Figura II. V:** Estructura de una Neurona Biológica y una Artificial [11].

El cerebro consiste en uno o varios billones de neuronas densamente interconectadas. El axón (salida) de la neurona se ramifica y está conectada a las dendritas (entradas) de otras neuronas a través de uniones llamadas sinapsis. La eficacia de la sinapsis es modificable durante el proceso de aprendizaje de la red [11].

## **Arquitectura de una RNA**

Arquitectura de una red neuronal se clasifica de diferentes maneras, esto es según: el número de capas, tipo y grado de conexión. De acuerdo a esta clasificación cada una ella tiene dos tipos de redes neuronales: referente a la primera se tiene: monocapa y multicapa; para la segunda se tiene: no recurrente y recurrente; y en la última clasificación esta: totalmente y parcialmente conectados.

- *Redes neuronales Monocapa.*- Este tipo de red neuronal está compuesta solo por una capa.
- *Redes neuronales Multicapa.*- Este tipo de red está compuesta por varias capas.
- *Redes neuronales no recurrentes.*- En esta red la propagación de la señal se produce solo en un sentido, este tipo de arquitectura no tiene memoria.
- *Redes neuronales recurrentes.*- Este tipo de red es enlazado entre neuronas de la misma capa o de diferentes capas.
- *Redes neuronales totalmente conectadas.*- En estas redes todas las neuronas de una capa se encuentran conectadas con las de la capa siguiente o con las de la anterior.
- *Redes neuronales parcialmente conectadas.*- En estas redes no se da la conexión total entre neuronas de diferentes capas.

## **Mecanismos de aprendizaje**

Una red neuronal artificial tiene un procedimiento por el cual las conexiones del dispositivo varían para proporcionar la salida deseada, basándose en la información recibida como entrada. Existe dos mecanismos de aprendizaje: supervisado y no supervisado.

***Aprendizaje supervisado.***- El aprendizaje supervisado se caracteriza porque el proceso de aprendizaje se realiza mediante un entrenamiento controlado por un agente externo (supervisor, maestro) que determina la respuesta que debería generar la red a partir de una

entrada determinada. El supervisor controla la salida de la red y en caso de que ésta no coincida con la deseada, se procederá a modificar los pesos de las conexiones, con el fin de conseguir que la salida obtenida se aproxime a la deseada [23].

***Aprendizaje no supervisado.***- Las redes con aprendizaje no supervisado (también conocido como autosupervisado) no requieren influencia externa para ajustar los pesos de las conexiones entre sus neuronas. La red no recibe ninguna información por parte del entorno que le indique si la salida generada en respuesta a una determinada entrada es o no correcta. Estas redes deben encontrar las características, regularidades, correlaciones o categorías que se puedan establecer entre los datos que se presenten en su entrada. Existen varias posibilidades en cuanto a la interpretación de la salida de estas redes, que dependen de su estructura y del algoritmo de aprendizaje empleado. En algunos casos, la salida representa el grado de familiaridad o similitud entre la información que se le está presentando en la entrada y las informaciones que se le han mostrado hasta entonces (en el pasado) [23].

En otro caso, podría realizar una clusterización (clustering) o establecimiento de categorías, indicando la red a la salida a qué categoría pertenece la información presentada a la entrada, siendo la propia red quien debe encontrar las categorías apropiadas a partir de las correlaciones entre las informaciones presentadas [23] [30].

### **Algoritmo Backpropagation**

Es el método de entrenamiento más utilizado en redes con conexión hacia delante. Es un método de aprendizaje supervisado de gradiente descendente, en el que se distinguen claramente dos fases: primero se aplica un patrón de entrada, el cual se propaga por las distintas capas que componen la red hasta producir la salida de la misma. Esta salida se compara con la salida deseada y se calcula el error cometido por cada neurona de salida.



Estos errores se transmiten hacia atrás, partiendo de la capa de salida, hacia todas las neuronas de las capas intermedias. Cada neurona recibe un error que es proporcional a su contribución sobre el error total de la red. Basándose en el error recibido, se ajustan los errores de los pesos sinápticos de cada neurona [1].

### Minimización del Error

Los algoritmos supervisados requieren que se especifiquen los valores de salida (output) u objetivo (target) que se asocian a ciertos valores de entrada (input). Ejemplos de objetivos pueden ser valores que indican éxito/fallo, venta/no-venta, pérdida/ganancia, o bien ciertos atributos multi-clase como cierta gama de colores o las letras del alfabeto. El conocer los valores de salida deseados permite determinar la calidad de la aproximación del modelo obtenido por el algoritmo [25].

La especificación de los valores entrada/salida se realiza con un conjunto consistente en pares de vectores con entradas reales de la forma  $x, t$ , conocido como conjunto de entrenamiento o conjunto de ejemplos, donde  $x$  serán nuestros parámetros de entrada y  $t$  los de salida de la red. Los algoritmos de aprendizaje generalmente calculan los parámetros  $W$  de una función  $N(x, W)$  que permiten aproximar los valores de salida en el conjunto de entrenamiento.

Si  $x^q, t^q$ ,  $q = 1, \dots, p$  son los elementos del conjunto de entrenamiento, la calidad de la aproximación en el ejemplo  $q$  se puede medir a través del error cuadrático [25]:

$$E(x^q; W) = \frac{1}{2} \|N(x^q; W) - t^q\|^2 \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Dónde  $\|\cdot\|$  es la norma euclidiana.

El error total es la suma de los errores de los ejemplos:

$$E(W) = \sum_{q=1}^p E(x^q; W) \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Un método general para minimizar el error es el actualizar los parámetros de manera iterativa. El valor nuevo de los parámetros se calcula al sumar un incremento  $\Delta W$  al valor actual [25]:

$$W = W + \Delta W \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

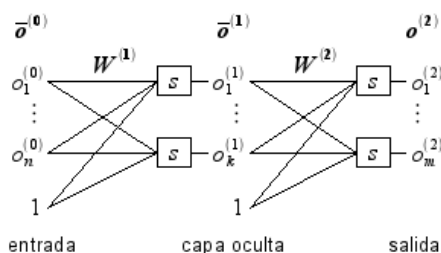
El algoritmo se detiene cuando  $W$  converge o bien cuando el error alcanza un mínimo valor deseado.

Si la función  $N(x, W)$  usada para aproximar los valores de salida es diferenciable respecto a los parámetros  $W$ , podemos usar como algoritmo de aprendizaje el método de gradiente descendiente. En este caso, el incremento de los parámetros se expresa como  $\Delta W = -\gamma \frac{\partial E}{\partial W}$  donde  $0 < \gamma < 1$  es un parámetro conocido como factor de aprendizaje.

Antes de continuar introduciremos un poco de notación. Definimos  $v = v_1, \dots, v_n, 1^T$  como el vector extendido del vector  $v = v_1, \dots, v_n, 1^T$ . El par  $x, t$  representará a un elemento del conjunto de entrenamiento y una relación de entrada-salida, a menos que se indique otra cosa [25].

### Red Neuronal con una Capa Oculta

La función la usaremos para aproximar los valores de salida de una red neuronal artificial con una capa oculta. La red está constituida por una capa de entrada (input layer), una capa oculta (hidden layer) y una capa de salida (output layer) [25], tal como se ilustra con la **Figura II. VI**:



**Figura II. VI:** Estructura de Red Neuronal Artificial con una capa oculta.

**Fuente:** Propagación hacia Atrás [25].

Los elementos que constituyen la red neuronal son los siguientes:

- $S$  es una función de valores reales, conocida como la función de transferencia.
- $O^{-0}$  es la capa de entrada, considerado como el vector extendido del ejemplo  $O^{-0} = x = x_1, \dots, x_n^T$ .
- $O^{-1}$  es la capa oculta, el vector extendido de  $O^{-1} = O_1^1, \dots, O_k^1^T$ .
- $O^{-2} = O_1, \dots, O_m^T$  es la capa de salida, considerado como el vector que aproxima al valor deseado  $t = t_1, \dots, t_m^T$ .
- $W^1$  es una matriz de tamaño  $(n+1) \times k$  cuyos valores  $W_{ij}^1$  son los pesos de la conexión entre las unidades  $O_i^{-0}$  y  $O_j^1$ .
- $W^2$  es una matriz de tamaño  $(k+1) \times m$  cuyos valores  $W_{ij}^2$  son los pesos de la conexión entre las unidades  $O_i^{-1}$  y  $O_j^2$ .

De estos elementos, únicamente las matrices  $W^l$  son consideradas como los parámetros de la red, ya que los valores  $O^{-l}$  son el resultado de cálculos que dependen de las matrices de pesos, del valor de entrada  $x$  y de la función de transferencia  $S$ .

La función de transferencia  $S$  que consideraremos en nuestro algoritmo es conocida como función sigmoideal, y está definida como:

$$S(u) = \frac{1}{1 + \exp(-u)} \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

Esta función además de ser diferenciable, tiene la particularidad de que su derivada se puede expresar en términos de sí misma:

$$\frac{dS(u)}{du} = S(u) [1 - S(u)] \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Esto nos servirá para simplificar los cálculos en el algoritmo de aprendizaje aquí descrito [25].

## Descripción del algoritmo RNA

A continuación se describe el algoritmo de la red neuronal propagación hacia atrás.

1. Calcular la salida de la red  $O^2$  a partir de uno de los conjuntos de valores de prueba  $x$ .
2. Comparar con la salida correcta  $t$  y calcular el error según la fórmula:

$$E(x; W^1, W^2) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (t_i - O_i^2)^2 \quad (\text{Ecuación 2.8}).$$

3. Calcular las derivadas parciales del error con respecto a los pesos  $W^2$  que unen la capa oculta con la de salida.
4. Calcular las derivadas parciales del error con respecto a los pesos  $W^1$  que unen la capa de entrada con la oculta.
5. Ajustar los pesos de cada neurona para reducir el error.
6. Repetir el proceso varias veces por cada par de entradas-salidas de prueba [25].

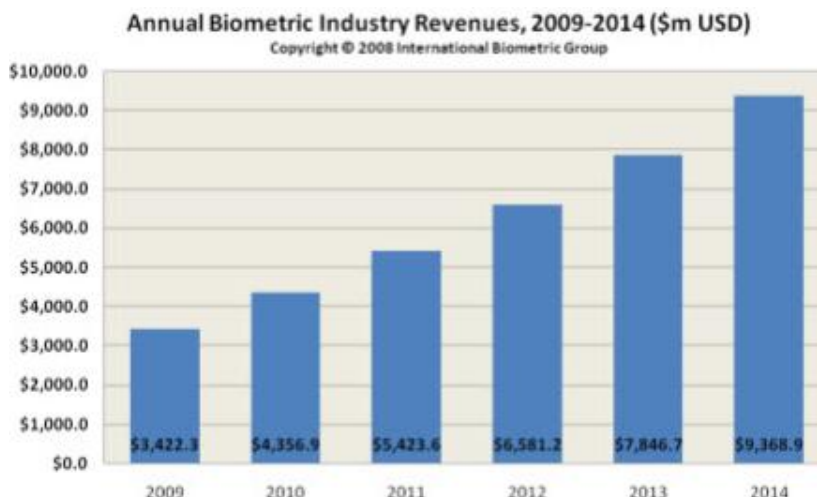
## 2.2. Sistemas de Seguridad

Al hablar sobre las tecnologías de seguridad estamos haciendo hincapié a las tecnologías biométricas<sup>1</sup> fisiológicas que se caracterizan por considerar parámetros derivados de la medición directa de algún rasgo estrictamente físico del cuerpo humano a la hora de identificar personas [32].

La última previsión realizada en el año 2009 sobre el crecimiento del mercado relacionado con tecnologías biométricas, mostraban un claro aumento hasta el año 2014. Este crecimiento está empujando el desarrollo de nuevas tecnologías con nuevos atributos fisiológicos para identificación, mientras que otras están mejorando tecnologías actualmente en uso [32]. [Ver **Figura II. VII**].

---

<sup>1</sup> La tecnología biométrica es un sistema que consiste en recopilación de datos, transmisión de datos, procesamiento de señales, almacenamiento de datos, toma de decisión u evaluación y rendimiento [35].



**Figura II. VII:** Crecimiento de las tecnologías biométricas.

**Fuente:** Sistemas Biométricos [32].

La seguridad es un aspecto de vital importancia que tanto como las organizaciones públicas y privadas deberían tomar cartas en el asunto a fin de que corporativamente realicen cada uno en su ambiente el control físico de las personas que ingresan a las instalaciones así como también en lo que respecta a la seguridad de la información [32].

En los últimos años los avances de la informática en el área de la biométrica<sup>2</sup> aplicada a la seguridad se han desarrollado rápidamente, en muchas empresas se ha sustituido el clásico reloj de registro de personal por sistemas automatizados de reconocimiento facial, que permiten el control de su personal [32].

### 2.2.1. Seguridad

La seguridad es un concepto que se basa en “seguridad holística” o “seguridad colaborativa”, lo ideal es que todos los departamentos dentro de la empresa trabajen conjuntamente para asegurar la infraestructura y los activos de la empresa, para ello son necesarias las políticas de gestión de seguridad [35].

---

<sup>2</sup> Biometría es una tecnología de identificación basada en el reconocimiento de una característica física e intransferible de las personas [4].

### 2.2.2. Políticas de gestión de seguridad

Las políticas de gestión de seguridad consideran:

- Reconocer a los empleados socios como “clientes” es decir que la gestión de seguridad para los profesionales en informática deben identificar a los empleados socios como clientes, y a su vez este departamento está diseñado para reconocer y apoyar las necesidades tecnológicas de la empresa para que se ejecuten sin problema y con eficacia. Las políticas de gestión de seguridad en seguridad informática abarcan: Protección de datos, acceso local y remoto autorizado, costos, interrupción del sistema si es planificado ver momentos adecuados y reconfigurarlo, contar con el personal suficiente para el manejo del sistema, prevención de bloqueos de puertos concretos, prueba de los últimos cambios de configuración esto para entornos de producción, recuperar restaurar datos, en forma oportuna tras la pérdida o destrucción de datos, tener respaldos o backups.
- Identificar a los responsables claves de la gestión de seguridad: De los datos y de la infraestructura o instalaciones a fin de mantener una postura fuerte dentro de la seguridad Los departamentos de la empresa juegan un papel significativo en el proceso de seguridad son: los recursos humanos, legal, seguridad física, seguridad informática, gestión y usuarios finales. Los productos y las tecnologías proporcionan una base sólida para las iniciativas de seguridad. Los productos por sí solo no son suficientes. La seguridad es un proceso, no es un producto. Tanto los procesos como las políticas requieren definirse por directivas, normas, reglas y deben ser aprobadas para poder ser implementadas dentro de la empresa. Una política de seguridad es un documento que representa la filosofía de la empresa, es una guía para los que conforman la empresa. Del estudio de seguridad visto, se selecciona para el modelo la seguridad relacionado al acceso a la instalación o infraestructura de la empresa [35].

### 2.2.3. Evaluación de Sistema de Seguridad

Para evaluar un sistema de seguridad se debe tomar en cuenta diferentes aspectos que influye desde la adquisición de datos a la integración del sistema, como son:

- El rendimiento, integridad y confidencialidad de los datos que maneje el sistema.
- La fiabilidad, desempeño y mantenimiento de la aplicación informática.
- La aceptación y la facilidad de manejo por parte del usuario [12].

#### La fiabilidad

Refleja cuán difícil es burlar al sistema, para que el sistema de seguridad sea fiable cien por ciento debe reconocer características de una persona viva [14], las mismas que hacen referencia a la precisión del reconocimiento, los recursos requeridos y el entorno operativo y así no burlar la seguridad del sistema y obtener acceso al lugar deseado.

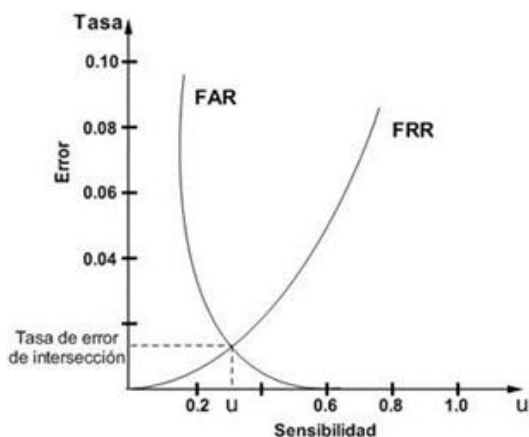
Sin embargo y a pesar de los avances que en este campo se han desarrollado, aún falta mucha investigación para desarrollar un sistema de seguridad cien por ciento fiable.

Para poder medir la fiabilidad se necesita calcular la tasa de error obtenidos durante la etapa de pruebas mediante los siguientes indicadores:

*Tasa de falsas aceptaciones (FAR, de su sigla en inglés).*- Porcentaje de intentos no autorizados que serán aceptados, es decir que el sistema de seguridad identifique incorrectamente un individuo o falle a la hora de rechazar a un impostor.

*Tasa de falsos rechazos (FRR, de su sigla en inglés).*- Porcentaje de intentos autorizados que serán rechazados, es decir que el sistema falle a la hora de identificar a un individuo autorizado.

Tasa de Igual error (EER, de su sigla en inglés): Es el punto de cruce de FAR y FRR y proporciona el valor del umbral<sup>3</sup> en el que las tasas son iguales [Ver Figura II. VII].



**Figura II. VIII:** Tasa de FRR y FAR como funciones del umbral de aceptación.

**Fuente:** Tasa de FRR y FAR [33].

Las tasas FAR y FRR son inversamente proporcionales, y variaran en función de las condiciones prefijadas por el sistema de verificación. Si el algoritmo que se va a utilizar en un sistema de seguridad debe reflejar el FAR lo más pequeño posible es decir la función tiene que ser decreciente y el FRR debe ser una función creciente y así obtener un umbral óptimo para poder brindar la adecuada seguridad.

## Desempeño

El desempeño describe la exactitud, la calidad alcanzada en la verificación de los usuarios por parte del sistema de seguridad. Tomando en cuenta los factores para evaluar el desempeño pueden ser los recursos tecnológicos invertidos en su fabricación, el efecto de condiciones de iluminación sobre los sistemas.

---

<sup>3</sup> Umbral: Es un número predefinido, siempre controlado por el administrador del sistema biométrico, el cual establece los grados de correlación necesarios para que una comparación sea considerada como una coincidencia. [36].



#### **2.2.4. Servicios que brindan los sistemas de seguridad**

Dentro de los servicios que brindan los sistemas de seguridad se puede mencionar los siguientes términos:

*Integridad.*- Medidas de salvaguarda que se incluyen en un sistema de seguridad, para proteger de daños accidentales, pérdidas o modificaciones en el caso de datos o información del mismo.

*Confidencialidad.*- El acceso a la información se permite únicamente a las entidades autorizadas para su manejo de acuerdo a la necesidad.

*Disponibilidad.*- Es el porcentaje de tiempo que un grupo de bienes (dispositivos), medios, etc. Están disponibles para realizar las funciones para las cuales fueron diseñadas o cuando se los requiera.

*Confiabilidad.*- Capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. También se la puede definir como la probabilidad de que se produzca un error en un período de tiempo determinado.

Se considera que un sistema es más confiable si es tolerante a errores, es decir tiene la capacidad de seguir funcionando al producirse un error en alguna parte del sistema.

*Control de Acceso.*- No solo es una herramienta para restringir el acceso a determinado lugar o sitio, considerado de importancia según criterio personal, puede ser apertura o cierre de puertas, también conceder o negar el acceso basándose en horarios, áreas, sectores de una empresa o institución; es decir, se refiere a la capacidad de identificar a personas que solicitan el acceso.

## **2.3. Descripción del software utilizado para el desarrollo del prototipo**

### **2.3.1. MATLAB**

MATLAB (Matrix Laboratory) es un programa interactivo de uso general. Es un instrumento computacional simple, versátil y de gran poder para aplicaciones numéricas, simbólicas y gráficas y contiene una gran cantidad de funciones predefinidas para aplicaciones en ciencias e ingeniería [22].

La interacción se realiza mediante instrucciones (denominadas comandos), y también mediante funciones y programas en un lenguaje estructurado. Los objetos básicos con los cuales opera MATLAB son matrices. La asignación de memoria a cada variable la realiza MATLAB en forma dinámica y eficiente, por lo que no son necesarias las declaraciones de variables antes de su uso [22].

#### **Características de MATLAB**

- Cálculo numérico rápido y con alta precisión.
- Capacidad para manejo matemático simbólico.
- Funciones para graficación y visualización avanzada.
- Programación mediante un lenguaje de alto nivel.
- Soporte para programación estructurada y orientada a objetos.
- Facilidades básicas para diseño de interfaz gráfica.
- Extensa biblioteca de funciones.
- Paquetes especializados para algunas ramas de ciencias e ingeniería [22].

## **Operación**

- Simple y eficiente.
- Interactivo y programable. Sistema de ayuda en línea.
- Interacción con otros entornos [22].

### **2.3.2. Módulo de Inteligencia Artificial MATLAB**

#### **2.3.2.1. Definición de Inteligencia Artificial**

Inteligencia Artificial es una de la rama de la Ciencia Informática dedicada al desarrollo de agentes racionales no vivos o dicho de otro como "al estudio de las maneras en las cuales las computadoras pueden mejorar las tareas cognoscitivas, en las cuales, actualmente, la gente es mejor." De esta manera podemos ver que el entendimiento de algún lenguaje natural, reconocimiento de imágenes, encontrar la mejor manera de resolver un problema de matemáticas, encontrar la ruta óptima para llegar a una objetivo específico, etc., son parte del razonamiento humano, y que hasta ahora el hombre ha deseado poder imitarla desarrollando la Inteligencia Artificial [19].

#### **2.3.2.2. Descripción del módulo de inteligencia artificial MATLAB**

MATLAB dispone en la actualidad de un amplio abanico de programas de apoyo especializados, denominados Toolboxes, que extienden significativamente el número de funciones incorporadas en el programa principal. Estos Toolboxes son módulos de Inteligencia Artificial que cubren en la actualidad prácticamente casi todas las áreas principales en el mundo de la ingeniería y la simulación, destacando entre ellos los "toolboxes" de adquisición y procesamiento de imágenes y el Matlab Guide que nos permitirá realizar nuestro programa en ambiente visual [22].

El Toolbox de adquisición de imágenes es una colección de funciones que sirven, entre otras cosas, para adquirir imágenes de diversos dispositivos (desde frame grabbers profesionales hasta USB webcams), para visualizar videos en vivo, para la adquisición de imágenes mediante triggers, para importar datos hacia el entorno de trabajo de MATLAB, etc. En otras palabras, es la herramienta que nos permitirá realizar la aplicación en tiempo real.

El Toolbox de Procesamiento de Imágenes proporciona a MATLAB un conjunto de funciones que amplía las capacidades del producto para realizar desarrollo de aplicaciones y de nuevos algoritmos en el campo del proceso y análisis de imágenes.

El entorno matemático y de creación de MATLAB es ideal para el procesado de imágenes, ya que estas imágenes son, al fin y al cabo, matrices. Este toolbox incorpora funciones para:

- Diseño de filtros.
- Mejora y retocado de imágenes.
- Análisis y estadística de imágenes.
- Operaciones morfológicas, geométricas y de color.
- Transformaciones 2D, etc. [20].

### **2.3.3. MySQL**

#### **2.3.3.1. Visión General**

MySQL en la actualidad ha tenido un crecimiento vertiginoso, es la base de datos de código abierto más popular del mundo. Código abierto significa que todo el mundo puede acceder al código fuente, como también todos pueden contribuir con ideas, elementos, mejoras o sugerir optimizaciones.

Lo que en un tiempo se consideró como un sencillo juguete, se ha convertido en la actualidad en una solución viable y de misión crítica para la administración de datos.

MySQL es un caso particular, pues se trata de un programa de licencia open-source y gratuito. A sus conocidas cualidades de rendimiento, solidez y fiabilidad MySQL ha ido añadiendo un arsenal de herramientas para facilitar su gestión. Entre las novedades más destacables cabe citar el nuevo sistema de monitorización, DBA Advisors, que ofrece una valiosa información sobre el funcionamiento y mejora de la base de datos.

MySQL es muy rápido, seguro y fácil de usar y ha desarrollado un conjunto de características muy críticas, en estrecha cooperación con otros usuarios. MySQL fue desarrollado para manejar grandes bases de datos mucho más rápido que las soluciones existentes y ha sido usado exitosamente en ambientes de producción con altas demandas, por varios años. La conectividad, velocidad y seguridad hace de MySQL una suite poderosa para acceder a otras aplicaciones.

#### **2.3.3.2. Características**

Entre las principales características de MySQL se menciona las siguientes:

- Disponible en gran cantidad de plataformas y sistemas.
- Escrito en C y C++.
- Aprovecha la potencia de sistemas multiprocesador, gracias a su implementación multihilo.
- Soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas.
- Gran portabilidad entre sistemas.
- Gestión de usuarios y contraseñas, manteniendo un muy buen nivel de seguridad en los datos.

La tecnología de la seguridad es un campo muy actual, incluso se le denomina industria de la seguridad. La seguridad informática en particular se hace necesaria por cuanto la información y los datos corporativos crecen y cada vez es más difícil protegerlos, dado que la información se encuentra no solo en dispositivos estáticos (servidores, computadores, estaciones de trabajo) sino en dispositivos móviles (USB de memoria flash, celulares) que pueden almacenar información corporativa muy valiosa.

## **CAPÍTULO III**

### **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS BASADA EN MODELOS Y BASADA EN IMAGEN**

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental analizar y evaluar las técnicas de reconocimiento de rostro basada en modelos y basada en imagen, para seleccionar cual es la mejor técnica para brindar seguridad al momento de acceder a un sitio, para ello se toma en cuenta factores como: tiempo de respuesta, precisión al reconocer el rostro, líneas de código y la seguridad; considerando estos criterios como importantes en la elección de la técnica de reconocimiento facial, se somete a pruebas de verificación, autenticación, de acceso con diferentes usuarios, lo que permite determinar cuál de las dos técnicas presenta el mejor desempeño en la ejecución de las pruebas anteriormente mencionadas, ofreciendo la mayor seguridad, desde las diferentes perspectivas tales como la detección y el reconocimiento del rostro. La decisión de realizar los comparativos entre estas dos técnicas de reconocimiento de rostro, es porque en la actualidad esta tecnología ha tenido un crecimiento enorme en aplicaciones de seguridad y se ha convertido en una buena opción para el control de acceso a lugares sin importar su tamaño.

### **3.1. Descripción ámbito de comparación**

En este contexto se enfoca principalmente en determinar cuál de las dos técnicas de reconocimiento facial brinda la seguridad adecuada en el acceso a un lugar determinado, de este modo el estudio comparativo se enfoca en definir, analizar y concluir cada uno de los parámetros de comparación, estos deben desempeñarse a un nivel óptimo para los usuarios, es decir que debe responder con mayor precisión al momento de realizar el reconocimiento facial, satisfaciendo así el control de acceso, donde se requiere identificar a una persona en tiempo real, o cuando se desea permitir el acceso únicamente a un grupo determinado de personas. Para ello se sometió a diferentes ambientes de pruebas a los prototipos que permitió determinar qué tan seguro y rápido responde al momento de acceder a un sitio, para lo cual previamente se desarrolló sus prototipos.

### **3.2. Recursos hardware y software utilizados**

Para el desarrollo de los prototipos se utilizó un computador portátil HP con sistema operativo Windows 7, una cámara IP, lenguaje de programación Matlab 8.1 (R2013a) y el gestor de base de datos MySQL.

### **3.3. Diseño y determinación de pruebas**

Para realizar los ambientes de pruebas se diseñó un prototipo para cada técnica estudiada con la misma cantidad de usuarios se reconoció el mismo volumen de imágenes que están almacenadas en la base de datos.

Se utilizó 5 a 6 usuarios con 10 imágenes respectivamente; en cada uno de las pruebas se realizó los procesos de detección y reconocimiento de rostros.



### **3.4. Definición de Parámetros de Comparación**

Para la ejecución de los ambientes de prueba de los prototipos se optó por tener en cuenta parámetros que al momento de evaluarlos se les pudiera dar un valor cuantitativo y que estuvieran dentro de los criterios importantes al momento de seleccionar la técnica de reconocimiento facial.

#### **Líneas de código**

Las líneas de código son el conjunto de instrucciones que utiliza cada técnica de reconocimiento facial para efectuar el reconocimiento.

#### **Tiempo de respuesta**

Es el tiempo que transcurre desde que captura del rostro del usuario hasta que se realiza el reconocimiento facial, es un factor significativo cuando se utiliza un sistema de seguridad para acceder a sitios. Los ambientes de prueba de las dos técnicas fueron diseñados para medir tiempos de respuestas durante la ejecución de cada uno de los prototipos.

#### **Desempeño**

Se refiere a los factores ambientales como la iluminación al momento de la captura de la imagen y así obtener un mayor desempeño al momento de realizar el reconocimiento facial de los prototipos diseñados.

#### **Seguridad**

La seguridad es un aspecto de vital importancia al hablar de sistemas de seguridad como el control físico de las personas en cuanto al acceso a las instalaciones.

Entre los puntos más relevantes está la fiabilidad y precisión al reconocer el rostro, para los mismos se utilizó las tasas de Falso Rechazo (FRR) y Falsa Aceptación (FAR), con estos datos se evaluó el nivel de la seguridad que tienen los prototipos de reconocimiento facial.

A continuación en la **Tabla III. I** se listan los parámetros e indicadores propuesto para la comparación.

**Tabla III. I:** Parámetros e Indicadores.

<b>Parámetro</b>	<b>Indicadores</b>
Líneas de Código	Número de Líneas de Código
Tiempo de Respuesta	Velocidad Ejecución de la Técnica
Desempeño	Condiciones de Iluminación
Seguridad	Fiabilidad
	Precisión al Reconocer

**Elaborado por:** Los Autores.

### **3.5. Definición de pesos de los parámetros**

Para realizar el análisis del estudio de comparación se utilizó una escala cualitativa con sus respectivos pesos que están dentro de un intervalo de [1,4], para evaluar a cada uno de los indicadores previamente establecidos, se analizó de acuerdo al grado de importancia considerado como criterio de nuestro estudio.

Se definió los pesos de 0,5 y 1,5 a los parámetros que se considera de poca importancia ya que nuestro estudio se basa en escoger la mejor técnica que brinda seguridad. Definimos un peso de 2,0 al parámetro que forma parte de nuestro desarrollo del prototipo y de nuestro estudio. Finalmente el peso 6,0 al parámetro que se consideró de mayor importancia debido a que sus características nos definen al momento de escoger la técnica más adecuada para el desarrollo de nuestro prototipo.

Los pesos y porcentajes de los parámetros descritos en la **Tabla III. II** son utilizados para obtener los porcentajes finales de cada parámetro evaluado, para el mismo se realizó a través de un cálculo matemático, el porcentaje de cada indicador obtenido se multiplica por el porcentaje del parámetro asignado luego dividido al ciento por ciento.

**Tabla III. II:** Pesos y porcentajes de cada parámetro.

Parámetro	Pesos	Porcentajes
Líneas de Código	0,5	5%
Tiempo de Respuesta	1,5	15%
Desempeño	2,0	20%
Seguridad	6,0	60%
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>

**Elaborado por:** Los Autores.

### 3.6. Análisis de la comparación de las técnicas de reconocimiento facial

#### 3.6.1. Líneas de código

##### Definición de pesos

**Tabla III. III:** Pesos para el indicador de número de líneas de código.

Pesos	Valor Cualitativo	Intervalo de Líneas de Código	Porcentaje
1	Muy Baja	100 – 200	25%
2	Baja	201 – 300	50%
3	Alta	301 – 400	75%
4	Muy Alta	401 – 500	100%

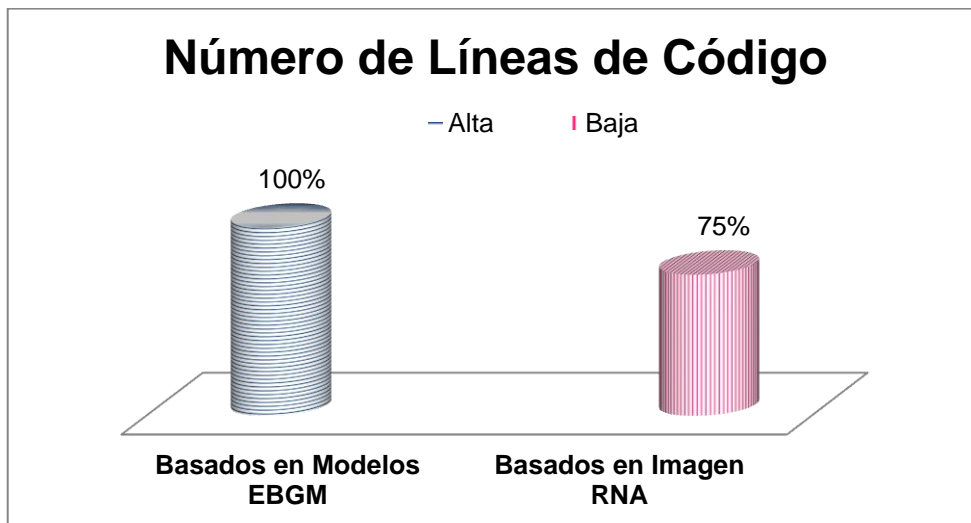
**Elaborado por:** Los Autores.

El parámetro Líneas de Código su indicador es el Número de Líneas de Código que está determinado en base a la cantidad de instrucciones que emplea cada técnica. Se utilizó la herramienta Line Tally 1.7 (**Anexo 1**) para el cálculo. En la **Tabla III. IV** se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla III. IV:** Resultados del indicador número de líneas de código de las técnicas basadas en modelos y en imagen.

Técnica	N° Líneas de Código	Peso
Basada en Modelos usando EBGM	331	4
Basada en Imagen usando RNA	181	3

Elaborado por: Los Autores.



**Figura III. I:** Resultados del indicador número de líneas de código de las técnicas basadas en modelos y en imagen.

Elaborado por: Los Autores

### Análisis

Como se observa la Técnica Basada en Modelos EBGM emplea el 100%, con un total de 331 líneas de código como consecuencia de que su algoritmo EBGM requiere de funciones matemáticas como Gabor, Wavelet de Gabor la cuales le permiten la extracción de características del rostro (ojos, nariz, boca) debido a que estos rasgos son únicos en los seres humanos, proporcionando así una solución óptima. La técnica basada en imagen RNA obtuvo un 75%, con un total de 181 líneas de código porque usa la función matemática Minimización del Error que le permite determinar la calidad de la aproximación de la imagen. Se hace referencia que para el desarrollo de los dos prototipos se empleó un módulo de inteligencia artificial de MATLAB (Toolboxes) para la adquisición y procesamiento de la imagen bajo las

mismas condiciones de desarrollo para las dos técnicas, la única diferencia es el algoritmo que emplea cada una.

### 3.6.2. Tiempo de respuesta

#### Definición de pesos

**Tabla III. V:** Pesos para el indicador velocidad de ejecución.

Pesos	Valor Cualitativo	Tiempo (Segundos)	Porcentaje
1	Muy Lento	21,1 – 24,0	25 %
2	Lento	18,1 – 21,0	50 %
3	Rápido	15,1 – 18,0	75 %
4	Muy Rápido	12,0 – 15,0	100 %

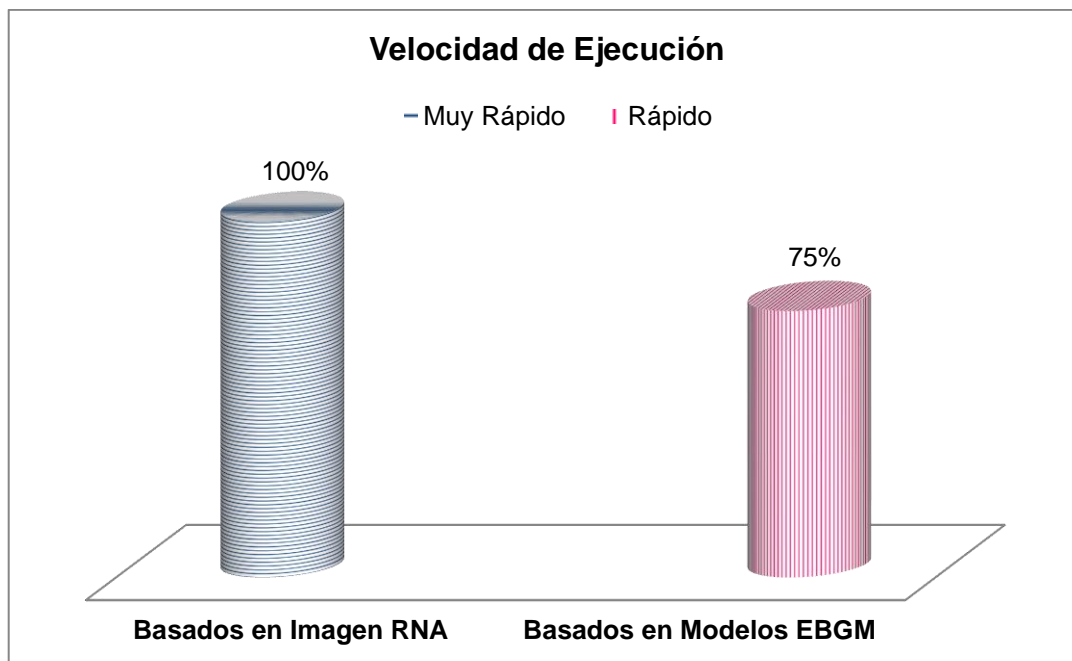
**Elaborado por:** Los Autores.

El parámetro Tiempo de Respuesta, su indicador es la Velocidad de Ejecución, se ha evaluado la cantidad de tiempo que cada técnica usa para el reconocimiento facial. La herramienta MATLAB facilita las sentencias *Tic - Toc* para medirlo (**Anexo 2**), para obtener este dato se tomó a 5 usuarios y se les realizó 3 pruebas de reconocimiento facial por cada uno. En la **Tabla III .VI** se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla III. VI:** Resultados del indicador velocidad de ejecución de las técnicas basadas en modelos y en imagen.

Técnica	Tiempo (Segundos)	Peso
Basada en Modelos usando EBGM.	15,4648	3
Basada en Imagen usando RNA.	12,8829	4

**Elaborado por:** Los Autores.



**Figura III. II:** Resultados del indicador velocidad de ejecución con EBGGM y RNA.

**Elaborado por:** Los Autores.

### **Análisis**

EBGGM empleó mayor tiempo en la ejecución del prototipo con un tiempo de 15,4648 segundos lo que representa el 75% debido a que este algoritmo necesita de más esfuerzo computacional para la extracción de las características del rostro, para ello emplea un filtro de Gabor que suaviza la imagen. RNA tuvo un 100% de velocidad de ejecución obteniendo un tiempo promedio de 12,8829 segundos lo que significa que la técnica brinda el mejor tiempo de respuesta en el reconocimiento facial, debido a que emplea un aprendizaje supervisado para efectuar el reconocimiento facial, por lo tanto es un punto muy importante ya que los dos prototipos fueron diseñados para trabajar en tiempo real (online) que requieren del menor tiempo para ser eficiente.

### **3.6.3. Desempeño**

#### **Definición de pesos**

**Tabla III. VII:** Pesos para el indicador condiciones de iluminación.

<b>Pesos</b>	<b>Valor Cualitativo</b>	<b>Porcentaje</b>
1	Muy Baja	25 %
2	Baja	50 %
3	Alta	75 %
4	Muy Alta	100 %

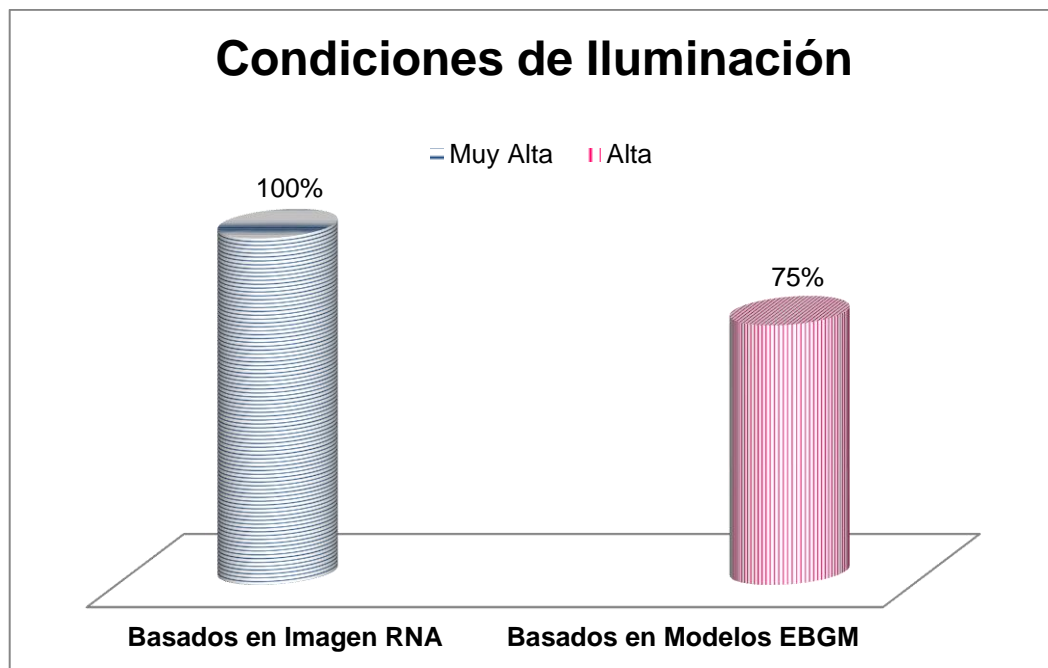
**Elaborado por:** Los Autores.

El Desempeño, su indicador Condiciones de Iluminación, se ha evaluado la calidad de la imagen o fotografía de cada usuario, para ello en nuestra base de datos se dispone de 5 usuarios y a cada uno de ellos le corresponde 10 imágenes, tomadas en diferentes condiciones de iluminación: controladas y no controladas (**Anexo 3**) que cada técnica usa para el reconocimiento facial. En la **Tabla III. VIII** se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla III. VIII:** Resultados del indicador condiciones de iluminación de las técnicas basadas en modelos y en imagen.

<b>Técnica</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>	<b>Promedio</b>
Basada en Modelos usando EBGM.	Controladas	4	3
	No Controladas	2	
Basada en Imagen usando RNA.	Controladas	4	4
	No Controladas	4	

**Fuente:** Los Autores.



**Figura III. III:** Resultados del indicador condiciones de iluminación de las técnicas basadas en modelos y en imagen.

**Elaborado por:** Los Autores.

### Análisis

Se representa las condiciones de iluminación en ambientes controlados y no controlados, EBGGM obtuvo el 75% que representó que al momento de hacer las pruebas las imágenes tomadas en ambientes no controlados no tuvo una tasa de aceptación favorable (**Anexo 3**) en el momento del reconocimiento, ya que necesita de una iluminación controlada (lugares bien iluminados) para la captura de la imagen, por ende esta es una de las características que tiene este algoritmo para brindar un eficiente reconocimiento facial. RNA alcanzó un 100% debido a que tuvo un mejor desempeño en los dos ambientes de iluminación controlados y no controlados que se analizó, es decir que no necesita de un ambiente bien iluminado para realizar el reconocimiento, ya que esta aprende es decir construye su propia representación de la información adquirida en su etapa de aprendizaje por ende abstraer las cualidades de una imagen en las dos condiciones de iluminación.



### 3.6.4. Seguridad

#### Definición de pesos

**Tabla III. IX:** Pesos para los indicadores Fiabilidad y Precisión al Reconocer.

Pesos	Valor Cualitativo	Porcentaje
1	Muy Baja	25 %
2	Baja	50 %
3	Alta	75 %
4	Muy Alta	100 %

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 3.6.4.1. Indicador: Fiabilidad.

La Seguridad su indicador es Fiabilidad se calculó con dos funciones básicas de la fiabilidad en un sistema de seguridad: la Tasa de Falso Rechazo (FAR) y de Falsa Aceptación (FRR) (**Anexo 4**) para cada una de las técnicas de reconocimiento facial. En la **Tabla III. X** se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla III. X:** Resultados del indicador fiabilidad de las técnicas basadas en modelos y en imagen.

Técnica	Valor del Nivel de Umbral	Peso
Basada en Modelos usando EBGM	4	3
Basada en Imagen usando RNA	5	4

**Realizado por:** Los Autores.

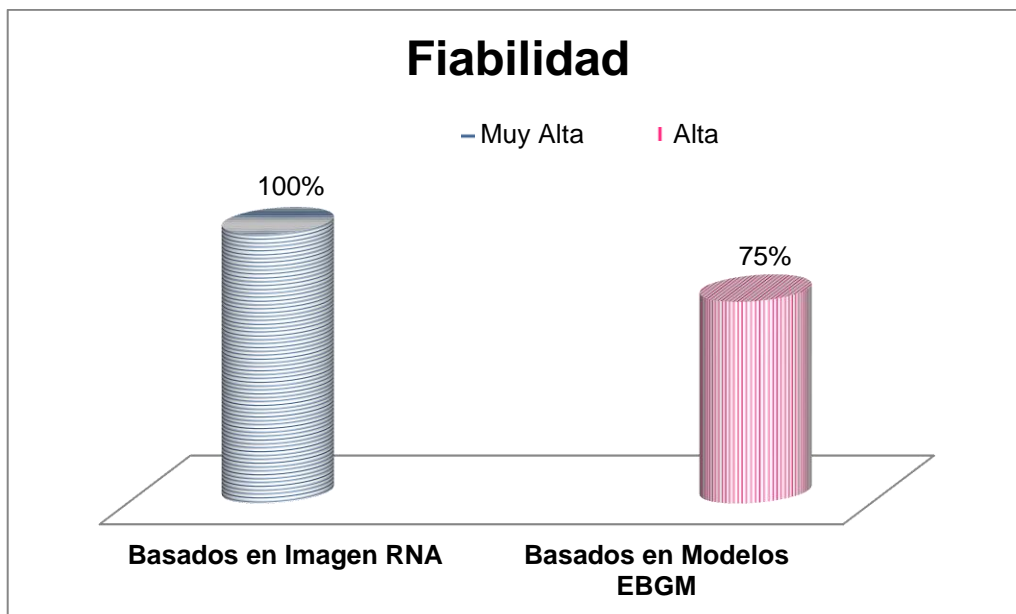


Figura III. IV: Resultados del indicador Fiabilidad técnicas basadas en modelos y en imagen.

Elaborado por: Los Autores.

### Análisis

EBGM obtuvo un nivel de umbral de 4 de un total de 6 umbrales con una tasa de error del 33,33% (**Anexo 4**) y RNA tuvo un nivel de umbral de 5 con una tasa de error del 27,78% de las pruebas realizadas (**Anexo 4**), por ende el prototipo de EBGM tuvo una considerable tasa de error en la aceptación de intrusos y rechazo a usuarios, como conclusión a diversas literaturas el umbral más alto hace que un sistema sea más seguro. El análisis de los resultados de la fiabilidad son: EBGM obtuvo el 75% que representó un nivel menor de umbral en el momento del reconocimiento y RNA alcanzó un 100% debido a que tuvo un nivel de umbral superior por ende brinda una mejor fiabilidad en el reconocimiento facial.

#### 3.6.4.2. Indicador: Precisión al reconocer.

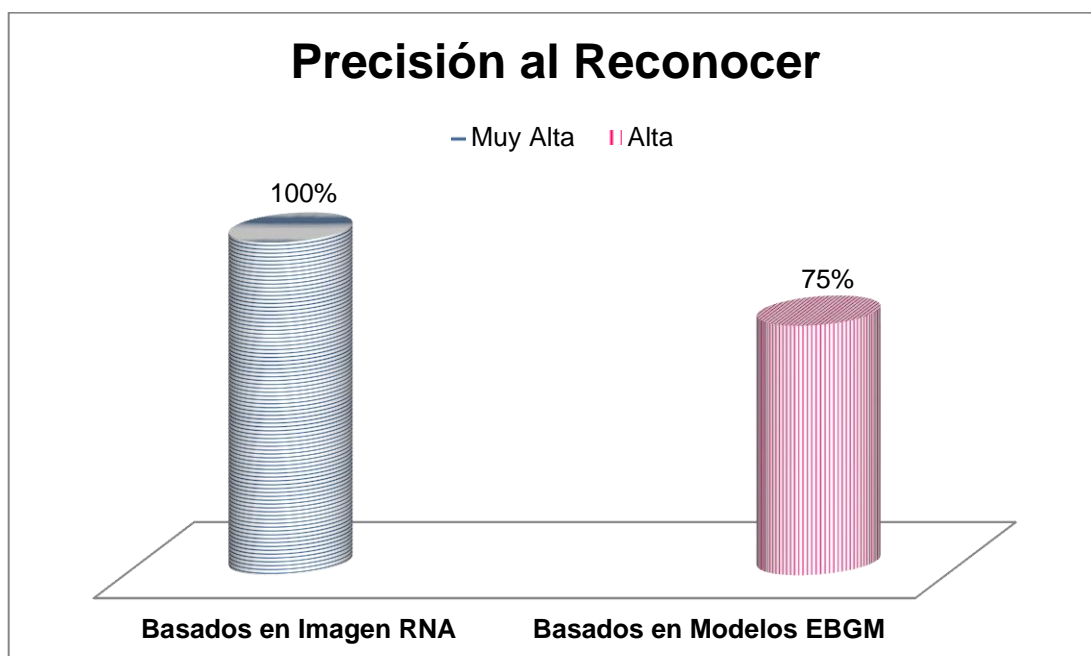
Para medir la Precisión al Reconocer necesitamos previamente tener los valores de la Tasa de Falso Rechazo y de Falsa Aceptación para cada una de las técnicas de reconocimiento

facial ya que se necesita conocer el porcentaje de error que poseen (**Anexo IV**). En la **Tabla III. XI** se muestra los resultados obtenidos.

**Tabla III. XI:** Resultados del indicador precisión al reconocer de las técnicas basadas en modelos y en imagen.

TÉCNICA	Tasa de Error	PESO
Basada en Modelos usando EBGM.	37,035%	3
Basada en Imagen usando RNA.	36,575%	4

Elaborado por: Los Autores.



**Figura III. V:** Resultados del indicador Precisión al Reconocer de EBGM y RNA.

Elaborado por: Los Autores.

### Análisis

EBGM obtuvo el 75% que representó una mayor tasa de error en el momento del reconocimiento y RNA alcanzó un 100% debido a que tuvo una menor tasa de error (**Anexo 4**) por ende brinda una mejor precisión al reconocer el rostro.

Tabla III. XII: Resumen del Parámetro Seguridad.

Indicador	Basada en Modelos usando EBG. (Pesos)	Basada en Imagen usando RNA. (Pesos)
Fiabilidad	3	4
Precisión al Reconocer	3	4
<b>Promedio</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

Elaborado por: Los Autores

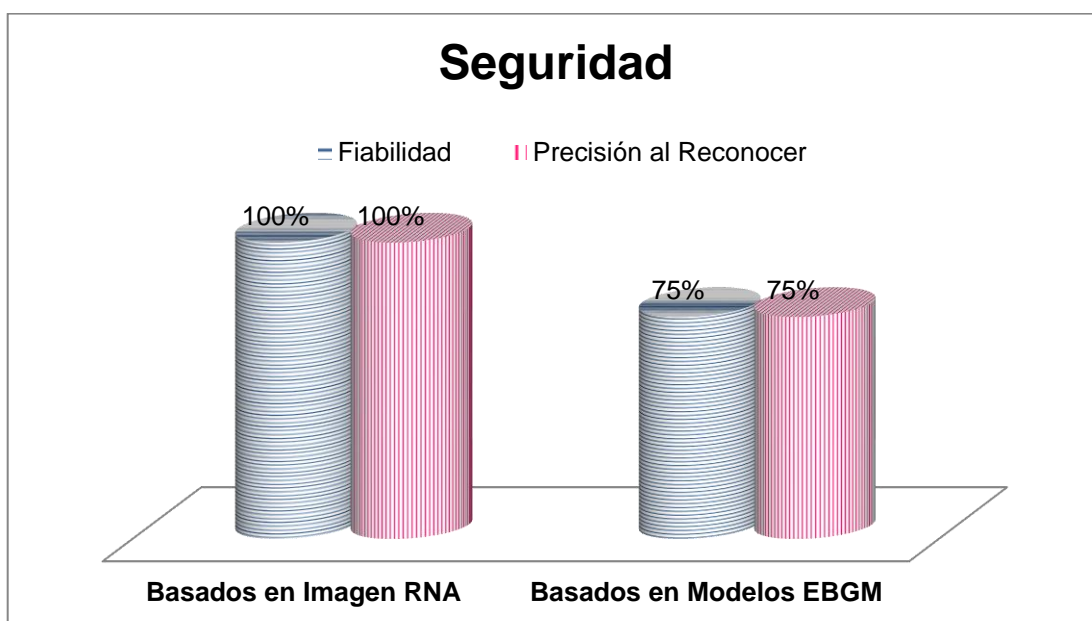


Figura III. VI: Resultados del parámetro seguridad del EBG y RNA.

Elaborado por: Los Autores.

### Análisis

Para determinar la seguridad se realiza un resumen de los indicadores: **Fiabilidad** y **Precisión al Reconocer**, donde se hace un promedio de los resultados obtenidos como se ilustra en la **Tabla III. XII**. RNA brinda la mejor seguridad con respecto a EBG como se puede observar en el **(Anexo 4)**. RNA (27,78%) tiene la fiabilidad óptima con un 5,55% superior a EBG (33,33%), este resultado se obtuvo mediante el análisis de las funciones del grado de seguridad deseado FAR (Aceptación de Intrusos) y FRR (Rechazos a Usuarios) por cada técnica con su respectivo nivel de umbral alcanzado, para posteriormente calcular la precisión al momento de reconocer donde se empleó una relación matemática previo a los resultados

obtenidos del indicador de la fiabilidad. También RNA fue superior con un 0,46% en la precisión al reconocer más que EBGM al momento del control de acceso de los usuarios al lugar.

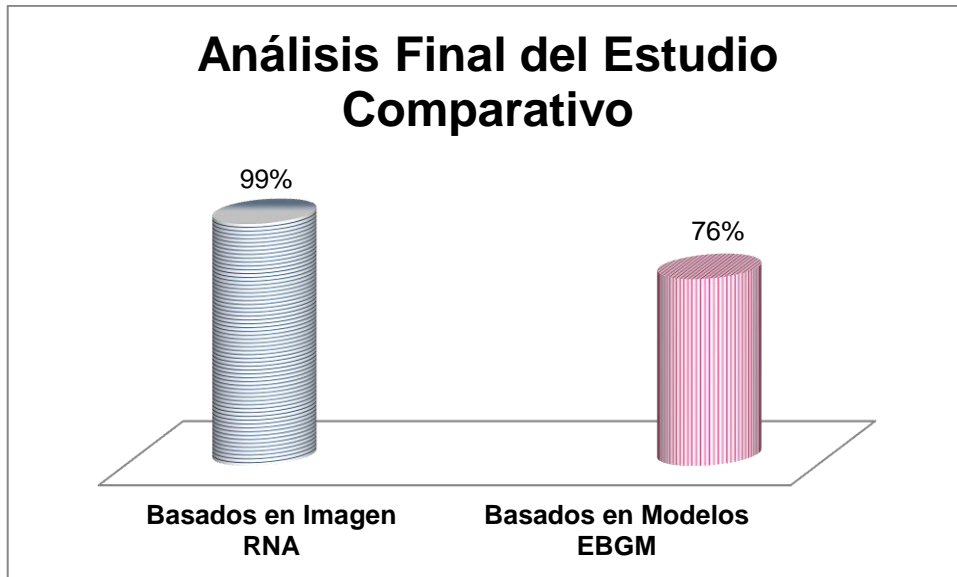
### **3.7. Resultados de la comparación y verificación de la Hipótesis**

Luego de haber realizado el análisis de cada uno de los parámetros, se pone en consideración la siguiente tabla de resume:

**Tabla III. XIII:** Resumen del Estudio Comparativo.

Parámetro	Indicador	Basados en Modelos usando EBGM				Basados en Imagen usando RNA			
		V. Cualitativo	Peso	% de Análisis del Indicador	% Final del Parámetro Según la Valoración Asignada	V. Cualitativo	Peso	% de Análisis del Indicador	% Final del Parámetro Según la Valoración Asignada
<b>LÍNEAS DE CÓDIGO (5%)</b>	Número de Líneas de Código (5%)	Muy Alta	4	100 %	5 %	Alta	3	75 %	3,75 %
<b>TIEMPO DE RESPUESTA (15%)</b>	Velocidad Ejecución de la Técnica (15%)	Rápido	3	75 %	11,25 %	Muy Rápido	4	100 %	15 %
<b>DESEMPEÑO (20%)</b>	Condiciones de Iluminación (20%)	Alta	3	75 %	15 %	Muy Alta	4	100 %	20 %
<b>SEGURIDAD (60%)</b>	Fiabilidad (30%)	Alta	3	75 %	22,5 %	Muy Alta	4	100 %	30 %
	Precisión al Reconocer (30%)	Alta	3	75 %	22,5 %	Muy Alta	4	100 %	30 %
<b>PROMEDIO</b>				<b>80 %</b>	<b>76,25 %</b>				
								<b>95 %</b>	<b>98,75 %</b>

Elaborado por: Los Autores.



**Figura III. VII:** Análisis Final del Estudio Comparativo.

**Elaborado por:** Los Autores.

Al finalizar el análisis del estudio comparativo de las dos técnicas de reconocimiento facial se ha considerado la diferencia de los resultados obtenidos de cada técnica estudiada para ellos se hace referencia a los porcentajes que se le asignó a cada parámetro de acuerdo al grado de importación que se consideró para nuestro análisis ver **Tabla III. II.**

En lo referente a las Líneas de Código EBGM es superior en un 1,25%; debido a las funciones matemáticas que emplean cada una de ellas, siendo la función de Wavelet de Gabor mucho más óptima porque está basada en rasgos de la cara como: ojos, nariz y boca; características únicas en todos los seres humanos.

Gracias a la ayuda de MATLAB se puede medir el valor del Tiempo de respuesta, EBGM alcanzó un porcentaje del 11,25%, mientras RNA con un 15%, teniendo un diferencia del 3,75% que es un valor considerable para este parámetro debido que el prototipo que se va a diseñar va a trabajar a tiempo real (online) lo que implica que necesita hacer el reconocimiento facial en un menor tiempo posible para poder brindar al usuario un eficiente desempeño. Por lo tanto RNA brinda el mejor tiempo de respuesta ya que emplea un aprendizaje supervisado para efectuar el reconocimiento facial.

En lo que se refiere a la prueba de Desempeño del reconocimiento facial se tomó las condiciones de iluminación en ambiente controlados (con 2 o 3 luces de estudio fotográfico) y no controlados (escenario exterior o interior), con el estudio realizado en los ensayos planteados RNA tuvo un porcentaje del 20% mientras EBGM fue del 15%, teniendo una diferencia del 5% por lo que este parámetro se acepta. Por esta razón RNA desempeña mejor el reconocimiento en los dos ambientes de iluminación ya que no necesariamente necesita de un ambiente bien iluminado para realizar el reconocimiento, debido a su característica de abstraer las cualidades de una imagen que lo puede realizar en los dos ambientes para efectuar el respectivo reconocimiento facial.

Por último el parámetro más importante la Seguridad, se tomó en cuenta dos indicadores: Fiabilidad y Precisión al Reconocer para cada una de la técnicas y se las evaluó bajo las mismas condiciones y ambientes de prueba, donde RNA obtuvo un 60% mientras que EBGM tuvo un 45%, teniendo como diferencia un 15% es decir se consideró cuán difícil es burlar a un sistema de seguridad para ello se midió la tasa de error (Aceptación de Intruso y Rechazo a Usuarios) dando como resultado que RNA alcanzó 27,78% de error, mientras EBGM tuvo un 33,33% con una diferencia del 5,55% que significa que RNA brindó la mejor seguridad ya que para ello influye características como la iluminación, precisión del reconocimiento y el entorno operativo, siendo muy importante la verificación correcta de un usuario al momento de acceder a un lugar, previo autorización de un sistema de seguridad informático.

Se puede inferir que después de realizar las respectivas pruebas algunos de los problemas presentados para que los prototipos nos proporcionen la mayor seguridad, es que ante la captura de la imagen previa al reconocimiento se presentan problemas de posicionamiento, expresiones faciales, etc. Dando como resultado que la verificación del usuario no se le atribuya el acceso por no ser reconocido, es decir lo rechace.



EBGM obtuvo un 76,25% y RNA un 98,75%, existiendo una diferencia del 22,5% a favor de RNA; en función de la hipótesis que dice: “Con el estudio comparativo de las técnicas de reconocimiento de rostros basado en modelos y en imagen usando un módulo de Inteligencia Artificial en MATLAB, se podrá seleccionar la técnica de reconocimiento de rostro que permita proporcionar mayor seguridad al Departamento “CLIMAGEN” de la Clínica Moderna de la Ciudad de Riobamba”, se concluye que la técnica a utilizar en el prototipo para el Departamento “CLIMAGEN” de la Clínica Moderna de la Ciudad de Riobamba es la técnica basado en imagen usando el algoritmo de RNA.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DEL PROTOTIPO DE SOFTWARE DE RECONOCIMIENTO DE ROSTROS PARA EL DEPARTAMENTO “CLIMAGEN” DE LA CLÍNICA MODERNA DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

En el presente capítulo se describe la metodología de desarrollo de software, las etapas de la misma para el desarrollo del prototipo de software de reconocimiento de rostros para el departamento “CLIMAGEN” de la Clínica Moderna de la ciudad de Riobamba, en el cual se detallan las iteraciones de acuerdo a las necesidades del usuario.

Una vez diseñado el prototipo, es imprescindible implantarlo y probar su funcionamiento para condiciones reales de trabajo.

#### 4.1. Metodología de desarrollo

Para el desarrollo de este prototipo de software de reconocimiento de rostros se utilizó una metodología de proceso ágil iterativo, así aprovechando la metodología para la gestión y desarrollo de software SCRUM, se utilizó ésta metodología porque facilita el trabajo en equipo y es apto para grupo de trabajo pequeños.

#### 4.2. Desarrollo del prototipo de reconocimiento de rostros

##### 4.2.1. Planificación de pila de producto

En ésta fase se tiene a los roles y la especificación de la pila de producto (product backlog), la misma que es una lista de requerimientos fundamentales del prototipo. A cada una de las iteraciones (sprint) se conoce como historias de usuario.

#### A. Roles

Los roles para la elaboración del prototipo se asignó entre los dos autores de ésta tesis.

**Tabla IV. I:** Roles asignados para el desarrollo del prototipo.

Responsable	Contacto	Rol
María Sarango	<a href="mailto:msarango36912@hotmail.com">msarango36912@hotmail.com</a>	Scrum Master
Manuel Mainato	<a href="mailto:mmainato@hotmail.com">mmainato@hotmail.com</a>	Product Owner
María Sarango	<a href="mailto:msarango36912@hotmail.com">msarango36912@hotmail.com</a>	Scrum Team (Programador)
Manuel Mainato	<a href="mailto:mmainato@hotmail.com">mmainato@hotmail.com</a>	Scrum Team (Programador)

**Elaborado por:** Los Autores.

#### B. Product Backlog

En la **Tabla IV. II** se describe la pila del producto con los siguientes campos.

*ID:* Identificador único de cada requerimiento.

*Nombre de la historia:* Descripción corta de la historia.

*Importancia:* Es el grado de prioridad para el desarrollo de cada historia de usuario.

*Estimación:* Es la cantidad trabajo requerida para implementar la historia.

*Como probarlo:* Descripción de cómo se muestra la historia de usuario al concluir el la iteración.

**Tabla IV. II:** Product Backlog.

<b>ID</b>	<b>Nombre de la historia</b>	<b>Importancia</b>	<b>Estimación</b>	<b>Sprint</b>	<b>Como Probarlo</b>
1	Login de ingreso al prototipo.	4	1	1	Ingresar al prototipo, ingresar el nombre o ID del administrador y su contraseña, si el usuario es correcto ingresa al menú inicial caso contrario se presentara un mensaje de error.
2	Creación de un usuario en el prototipo.	3	2	2	Ingresar al prototipo, ir a registro, seleccionar la opción usuarios, luego ingresar los datos del usuario nuevo.
3	Subir fotos de los usuarios en el prototipo.	2	3	3	Ingresar al prototipo, ir a registro, seleccionar la opción subir fotos, buscar al usuario de la cual se desea subir las fotos a través de la cedula de identidad si existe se visualiza el nombre del usuario y capturamos la cantidad de fotos necesarias y guardamos, si no existe el usuario no se visualiza el nombre del usuario.
4	Verificación del usuario aplicando el algoritmo de redes neuronales.	1	4	4	Ingresar al prototipo, ir a técnicas de Reconocimiento, seleccionar la opción Basada en Imagen – RNA, capturar la foto a través de la cámara y verificar al usuario.

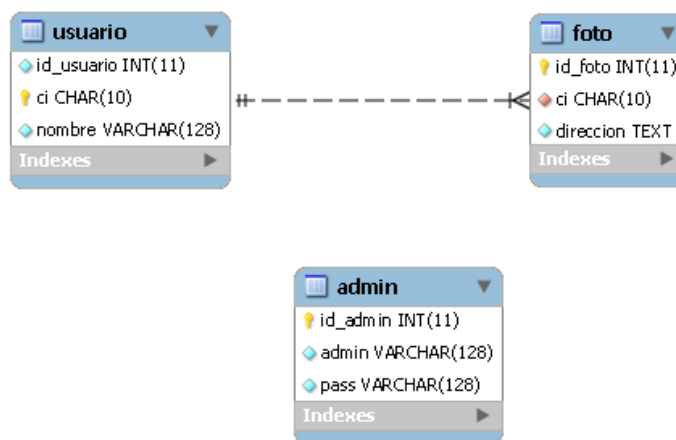
**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.3. Distribución, revisión y ajuste de los estándares de producto

Las imágenes de la base de datos están bajo el estándar ISO / IEC 19794-5 [21].

#### 4.4. Modelo de datos

La base de datos del prototipo se diseñó luego de establecer definitivamente los requerimientos del prototipo.



**Figura IV. I:** Modelo Físico de la base de datos del prototipo.

**Elaborador por:** Los Autores.

#### 4.5. Sprint: Desarrollo del prototipo de sistema de reconocimiento de rostros

Una vez que se ha definido todos los requerimientos en lista de producto inicial, se empezó con el desarrollo de cada uno de las iteraciones.

Cada sprint de la pila del producto contiene una lista de pila de tareas (sprint backlog). Además por cada iteración del product backlog se asigna el grado de importancia y una estimación.

La estimación de la importancia establece el dueño del producto (product owner) y del esfuerzo lo hace el administrador del scrum (scrum manager) esto luego de unos reuniones con el grupo de desarrolladores (scrum team).

En la **Tabla IV. II** se aprecia la estimación de la importancia y del esfuerzo de cada uno de los sprints de la lista del producto. El grado de estimación está en escalas cuantificables de acuerdo al criterio del scrum master.

Para la importancia está en una escala de 1 a 8 mientras que para la estimación está de 1 a 4.

Una vez establecido la pila del producto y su respectiva valoración de cada una de los sprints, se especifica las actividades de cada de ellas.

Los sprints se han desarrollado dependiendo de la actividad que tenga, el prototipo de reconocimiento de rostros se ha elaborado en 4 sprints, cada iteración tiene una duración máxima de 4 semanas dependiendo del grado de dificultad, este prototipo se desarrolló en 10 semanas.

#### **4.5.1. Iteración 1**

La primera iteración es el desarrollo del requerimiento de la historia de usuario 1 referente a la elaboración de un logueo de un usuario final en el prototipo. Esta iteración tiene una duración de 5 días laborables.

##### **4.5.1.1. Pila de producto de la Interacción 1**

A continuación se describe el producto backlog de la primera iteración de la lista del producto inicial.

**Tabla IV. III:** Pila del producto de la Iteración 1.

ID	Nombre de la historia	Importancia	Estimación	Sprint	Como Probarlo
1	Login de ingreso al prototipo.	4	1	1	Ingresar al prototipo, ingresar el nombre o ID del administrador y su contraseña, si el usuario es correcto ingresa al menú inicial caso contrario se presentara un mensaje de error.

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.5.1.2. Sprint Backlog Iteración 1

En este punto se describe todas las tareas de la primera iteración referida al ingreso al prototipo.

En la tabla siguiente se observa la pila de tareas de esta iteración.

**Tabla IV. IV:** Pila de actividades de la iteración 1.

<b>Sprint:</b> 1 <b>Inicio:</b> 30-09-2013 <b>Duración (días):</b> 5 <b>Product Backlog:</b> Login de ingreso al prototipo.				Fecha	30 Septiembre	01-04 Octubre
ID	Tarea	Responsable	Estado	Horas	2	78
1	Diseño de interfaz gráfica de usuario	MM y MS	Completado		X	
1	Elaboración del modelo lógico y físico de la base de datos.	MM y MS	Completado		X	
1	Codificación del login de ingreso.	MM y MS	Completado			x

**Elaborado por:** Los Autores.



### 4.5.1.3. Revisión de la Interacción 1

#### A. Pruebas Iteraciones 1

Se realizó las pruebas respectivas, ingresando al prototipo.

#### B. Pantalla de la Iteración 1

En la figura siguiente se puede ver la pantalla del login para el ingreso al prototipo.



**Figura IV. II:** Pantalla de la Iteración 1.

**Elaborador por:** Los Autores.

#### 4.5.2. Iteración 2

En la segunda iteración se continúa con el desarrollo del requerimiento de la historia del usuario 2, se refiere a la creación de un usuario en el sistema. Esta iteración tiene una duración de 10 días laborables.

#### 4.5.2.1. Pila de producto de la Interacción 2

A continuación se describe el producto backlog de la tercera iteración de la lista del producto inicial.

**Tabla IV. V:** Pila del producto de la Iteración 2.

ID	Nombre de la historia	Importancia	Estimación	Sprint	Como Probarlo
2	Creación de un usuario en el prototipo	3	4	2	Ingresa al prototipo, ir a registro, seleccionar la opción usuarios, luego ingresar los datos del usuario nuevo.

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.5.2.2. Sprint Backlog Iteración 2

En este punto se describe todas las tareas de la segunda iteración donde se crea un usuario en el prototipo.

En la tabla siguiente se observa la pila de tareas de esta iteración.

**Tabla IV. VI:** Pila de actividades de la iteración 2.

<b>Sprint:</b> 1 <b>Inicio:</b> 07-10-2013 <b>Duración (días):</b> 10 <b>Product Backlog:</b> Creación de un usuario en el prototipo.				<b>Fecha</b>	07 Octubre	08-11 Octubre	14-18 Octubre
<b>ID</b>	<b>Tarea</b>	<b>Responsable</b>	<b>Estado</b>	<b>Horas</b>	2	78	80
2	Diseño de interfaz gráfica de usuario	MM y MS	Completado		x		
2	Elaboración del modelo lógico y físico de la base de datos.	MM y MS	Completado		x		
2	Codificación de un usuario.	MM y MS	Completado			x	x

**Elaborado por:** Los Autores.

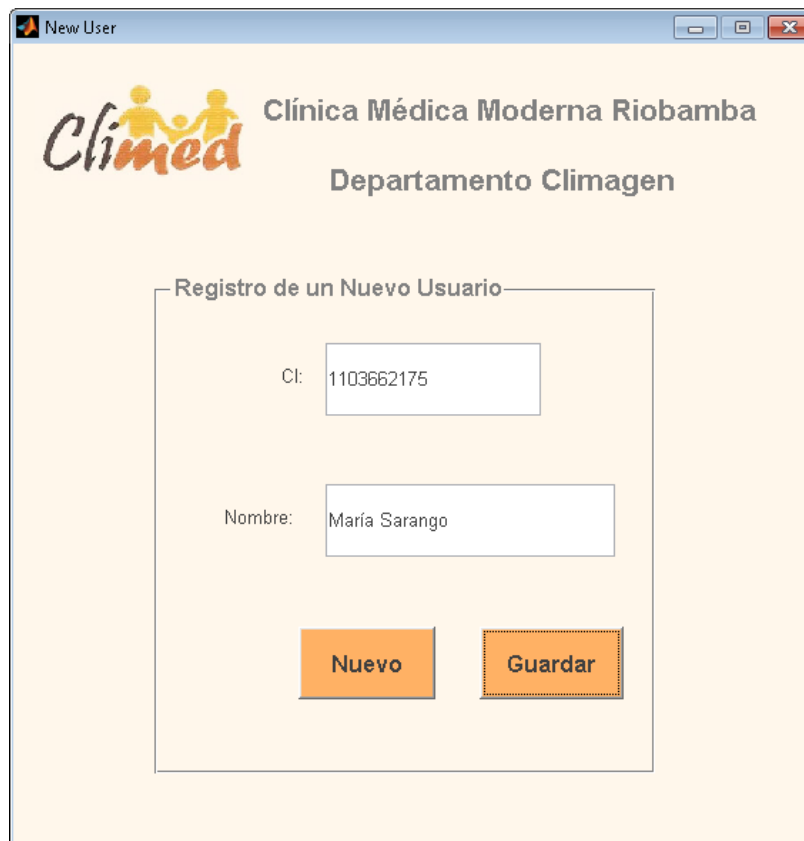
#### 4.5.2.3. Revisión de la Interacción 2

##### A. Pruebas Iteraciones 2

Se realizó las pruebas respectivas, ingresando al prototipo.

##### B. Pantalla de la Iteración 2

En la figura siguiente se observa la pantalla donde se agrega un usuario en el prototipo.



The image shows a software window titled "New User" with a light orange background. At the top left is the "Climed" logo, and to its right is the text "Clínica Médica Moderna Riobamba" and "Departamento Climagen". Below this is a form titled "Registro de un Nuevo Usuario". The form contains two input fields: "Cl:" with the value "1103662175" and "Nombre:" with the value "María Sarango". At the bottom of the form are two orange buttons: "Nuevo" and "Guardar".

**Figura IV. III:** Pantalla de la Iteración 2.

**Elaborado por:** Los Autores.

### 4.5.3. Iteración 3

En la tercera iteración se continúa con el desarrollo del requerimiento de la historia del usuario 3, en este sprint es para ingresar una cantidad de fotos de cada personal de la clínica. Esta iteración tiene una duración de 15 días laborables.

#### 4.5.3.1. Pila de producto de la Interacción 3

A continuación se describe el producto backlog de la tercera iteración de la lista del producto inicial.

**Tabla IV. VII:** Pila del producto de la Iteración 3.

ID	Nombre de la historia	Importancia	Estimación	Sprint	Como Probarlo
3	Subir fotos de los usuarios al prototipo.	2	2	3	Ingresar al prototipo, ir a registro, seleccionar la opción subir fotos, buscar al usuario de la cual se desea subir las fotos a través de la cedula de identidad si existe se visualiza el nombre del usuario y capturamos las la cantidad de fotos necesarias y guardamos, si no existe el usuario no se visualiza el nombre del usuario.

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.5.3.2. Sprint Backlog Iteración 3

En este punto se describe todas las tareas de la tercera iteración donde se ingresa las fotos del personal de la clínica.

En la tabla siguiente se observa la pila de tareas de esta iteración.

**Tabla IV. VIII:** Pila de actividades de la iteración 3.

<b>Sprint:</b> 3 <b>Inicio:</b> 21-10-2013 <b>Duración (días):</b> 15 <b>Product Backlog:</b> Subir fotos de los usuarios al prototipo.				Fecha	21 Octubre	22-25 Octubre	28-01 Noviembre
ID	Tarea	Responsable	Estado	Horas	40	40	40
3	Diseño de interfaz gráfica de usuario	MM y MS	Completado		X		
3	Elaboración del modelo lógico y físico de la base de datos.	MM y MS	Completado		X		
3	Codificación de subir las fotos de los usuarios.	MM y MS	Completado			x	x

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.5.3.3. Revisión de la Interacción 3

##### A. Pruebas Iteraciones 3

Se realizó las pruebas respectivas, ingresando al prototipo.

##### B. Pantalla de la Iteración 3

En la figura siguiente se observa la pantalla donde se agrega fotos de un usuario al prototipo.



**Figura IV. IV:** Pantalla de la Iteración 3.

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.5.4. Iteración 4

En esta última iteración se desarrolló el requerimiento de la historia de usuario 4, se refiere a la verificación del usuario aplicado el algoritmo de redes neuronales. Esta iteración tiene una duración de 20 días laborables.

##### 4.5.4.1. Pila de producto de la Interacción 4

A continuación se describe el producto backlog de la cuarta iteración de la lista del producto inicial.

**Tabla IV. IX:** Pila del producto de la Iteración 4.

ID	Nombre de la historia	Importancia	Estimación	Sprint	Como Probarlo
4	Verificación del usuario aplicando el algoritmo de redes neuronales.	1	8	4	Ingresar al prototipo, ir a Técnicas de Reconocimiento, seleccionar la opción Basada en Imagen – RNA, capturar la foto a través de la cámara y verificar al usuario.

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.5.4.2. Sprint Backlog Iteración 4

En este punto se describe todas las tareas de la cuarta iteración, es la verificación del usuario aplicado el algoritmo de redes neuronales.

En la tabla siguiente se observa la pila de tareas de esta iteración.

**Tabla IV. X:** Pila de actividades de la iteración 4.

<b>Sprint:</b> 4 <b>Inicio:</b> 04-11-2013 <b>Duración (días):</b> 20 <b>Product Backlog:</b> Verificación del usuario aplicando el algoritmo de redes neuronales.				Fecha	04 Noviembre	05-08 Noviembre	11-15 Noviembre	18-22 Noviembre
ID	Tarea	Responsable	Estado	Horas				
4	Diseño de interfaz gráfica de usuario	MM y MS	Completado		x			
4	Elaboración del modelo lógico y físico de la base de datos.	MM y MS	Completado		x			
4	Codificación de la verificación del usuario.	MM y MS	Completado			x	x	x

**Elaborado por:** Los Autores.

#### 4.5.4.3. Revisión de la Interacción 4

##### A. Pruebas Iteraciones 4

Se realizó las pruebas respectivas, ingresando al prototipo.

##### B. Pantalla de la Iteración 4

En la figura siguiente se observa la pantalla donde se realiza el reconocimiento facial de un usuario al sistema.



Figura IV. V: Pantalla de la Iteración 4.

Elaborado por: Los Autores.



#### **4.6. Revisión del sprint: pruebas y entrega de documentación**

La revisión y las pruebas necesarias se realizaron al concluir cada una de la iteración, cuanto a la documentación se hace luego de haber terminado todas las iteraciones del prototipo.

#### **4.7. Cierre**

Finalizado satisfactoriamente todos los requerimientos funcionales del prototipo de reconocimiento de rostros, se da por concluido y se cierra el prototipo.

## CONCLUSIONES

- La herramienta MATLAB nos permitió la implementación del prototipo de reconocimiento facial de verificación para el control de acceso a un lugar ya que posee un módulo de inteligencia artificial incrustado.
- El uso de técnicas de reconocimiento facial en sistemas de seguridad en la actualidad ha tenido un crecimiento enorme en aplicaciones de seguridad y se ha convertido en una buena opción para el control de acceso a lugares sin importar su tamaño, ya que se basan en las características de cada usuario y por ende reduciendo así el acceso a intruso o a usuarios no autorizados.
- La técnica basada en modelos como su nombre lo indica utiliza un modelo matemático en este caso utiliza filtros de Gabor.
- Se desarrolló dos prototipos de reconocimiento facial utilizando la lenguaje de programación MATLAB con su Toolboxes, las cuales hacen la detección de la cara, extracción de las características del rostro y finalmente hace la verificación y reconocimiento de la persona.
- El algoritmo EBGGM puede brindar resultados óptimos, pero a coste de alto esfuerzo computacional, para minimizar esta carga computacional se ha utilizado el algoritmo Backpropagation de las redes neuronales artificiales, con la cual se ha obtenido una solución muy considerable.

## RECOMENDACIONES

- Evitar problemas al momento del reconocimiento facial no utilizar presencias de estructuras como bufandas, gorros, gafas, etc.
- Previo a desarrollar alguna de las técnicas de reconocimiento de rostros, se recomienda estudiar y analizar cada una de las técnicas de reconocimiento de rostros que existen, seleccionar y aplicar la técnica que más óptimo sea acuerdo a sus necesidades.
- Tener conocimientos suficiente de algebra lineal y en programación computacional en MATLAB.
- Para realizar el reconocimiento facial se recomienda tener en cuenta las condiciones del ambiente como la iluminación, el entorno (fondo blanco), así como la postura y la distancia del usuario frente a la cámara.

## RESUMEN

La investigación está enfocada en realizar el estudio comparativo de las técnicas de reconocimiento de rostros basado en modelos con Grafos Elásticos de Racimo (EBGM) y en imagen con Redes Neuronales Artificiales (RNA), a través del desarrollo de un prototipo para el Departamento "CLIMAGEN" de la Clínica Moderna, Ciudad de Riobamba.

Para realizar la investigación se utiliza el método analítico para apoyar el trabajo y realizar el análisis e interpretación de los resultados que se han alcanzado, desarrollando dos prototipos para realizar ambientes de prueba con las mismas condiciones comparativas y parametrización, se usa módulo de Inteligencia Artificial en MATLAB (Toolboxes) y MySQL para almacenar datos.

Mediante parámetros de comparación tales como: líneas de código, tiempo de respuesta, desempeño, seguridad, se selecciona la técnica basada en imagen con RNA que alcanza 99%, donde sus tres últimos parámetros aportan 3,75%, 5%, 15% más frente a la técnica basada en modelos con EBGM, por ende RNA ofrece mayor seguridad con un 22,5% superior a EBGM; habiendo así demostrado la técnica basado en imagen con RNA brinda mejor seguridad.

Se concluye (RNA) brinda mayor seguridad en el control de acceso a usuarios al lugar, su uso permite la disminución de acceso a intrusos y rechazo a usuarios legítimos, por ende es una técnica apropiada para su implantación.

Se recomienda tener en cuenta condiciones ambientales como iluminación, entorno (fondo blanco), así como postura y distancia del usuario frente a la cámara para un reconocimiento facial aceptable.

## **SUMMARY**

The investigation is focused on a comparative study of the recognition techniques based on models with of Elastic Bunch Graphs (EBGM) and image with Artificial Neuronal Network (ANN) through the prototype development for the Department "CLIMAGEN" of the Modern Clinic in Riobamba.

To carry out this research, the analytical method was used in supporting the work and forming analyzes and interpretations of results, developing two prototypes to perform test environments with the same conditions, comparisons and parametrization; as well as to save data using the artificial intelligence module in MATLAB (Toolbox) and MySQL.

By means of comparison parameters such as lines of code, response time, performance and security, the technique based on image with RNA is selected, it reaches 99%, where its last three parameters provide 3.75%, 5% 15% more versus the model based technique with EBGM RNA and thus provides better security with 22% higher EBGM, having shown that image based technique with RNA gives higher security.

It is concluded that RNA provides better security in controlling of user access to the site; its use allows decreasing the access to intrusions and refusal to illegitimate users, thus it is an appropriate technique for implementation.

It is recommended to consider environmental conditions such as lighting, surroundings (white background) as well as pose and distance of the user in front of the camera for an easy and accept appreciation.

## **GLOSARIO**

**CCTV:** Tecnología de video vigilancia estructurada para vigilar ambientes y actividades.

**CLIMED:** Clínica Médica Moderna.

**CLIMAGEN:** Compañía de imagen.

**DNI:** Documento de identificación de un ciudadano de un estado o país.

**EBGM:** Algoritmo de reconocimiento de rostros referente a la técnica basado en modelos.

**EER:** Punto de intersección entre la tasa de falsas aceptaciones y faldos rechazos.

**FAR:** Tasa de falsas aceptaciones.

**FRR:** Tasa de Falsos Rechazos.

**MATLAB:** Lenguaje de programa interactivo de uso general.

**RNA:** Algoritmo de reconocimiento de rostros referente a la técnica basado en imagen.

**SCRUM:** Metodología ágil de desarrollo de software basado en modelo interactivo.

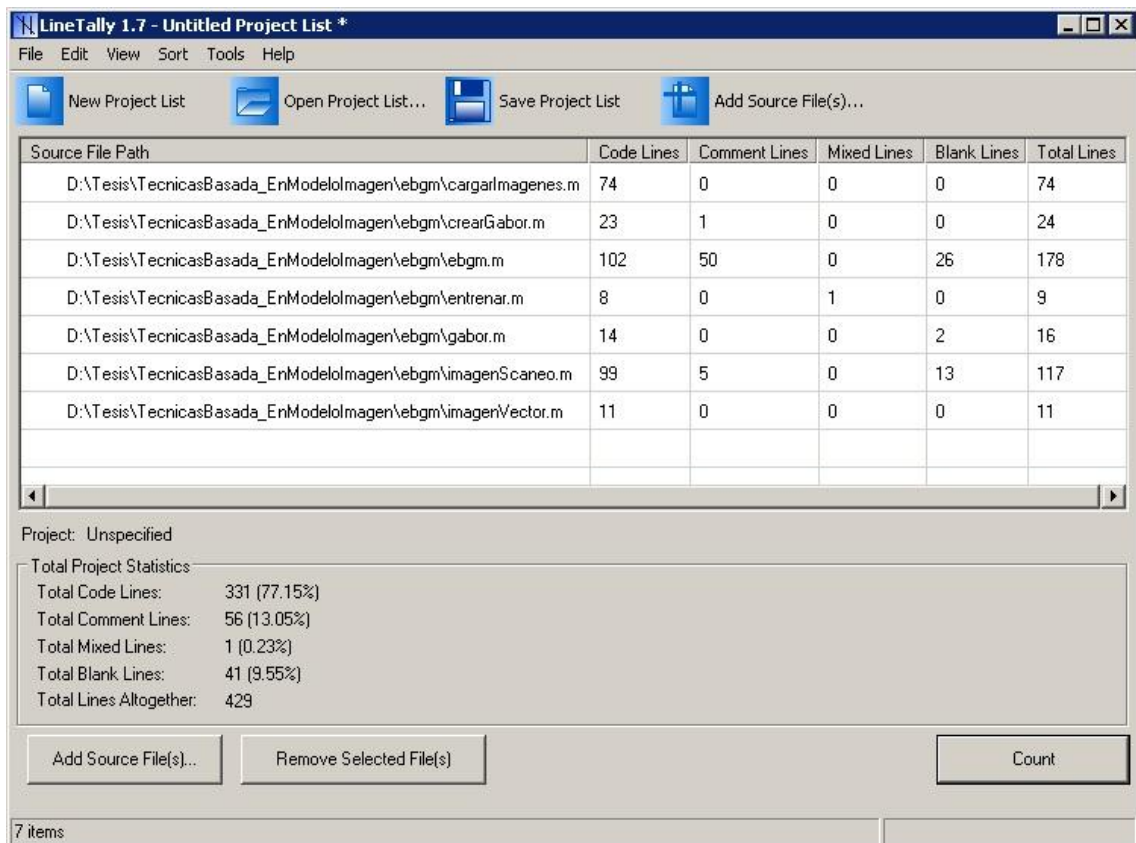
# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### Parámetro 1 Indicador 1: Número de Líneas de Código

En este parámetro se utilizó la herramienta libre **Line Tally 1.7** la cual nos permitió contar la cantidad de líneas de código que se empleó en cada técnica de reconocimiento facial.

En la figura siguiente se observa el número de líneas de código de la técnica basado en modelos con EBGM.



The screenshot shows the LineTally 1.7 application window. The title bar reads "LineTally 1.7 - Untitled Project List \*". The menu bar includes "File", "Edit", "View", "Sort", "Tools", and "Help". The toolbar contains icons for "New Project List", "Open Project List...", "Save Project List", and "Add Source File(s)...".

Source File Path	Code Lines	Comment Lines	Mixed Lines	Blank Lines	Total Lines
D:\Tesis\TécnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\cargarImágenes.m	74	0	0	0	74
D:\Tesis\TécnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\crearGabor.m	23	1	0	0	24
D:\Tesis\TécnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\ebgm.m	102	50	0	26	178
D:\Tesis\TécnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\entrenar.m	8	0	1	0	9
D:\Tesis\TécnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\gabor.m	14	0	0	2	16
D:\Tesis\TécnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\imagenScaneo.m	99	5	0	13	117
D:\Tesis\TécnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\imagenVector.m	11	0	0	0	11

Project: Unspecified

Total Project Statistics

- Total Code Lines: 331 (77.15%)
- Total Comment Lines: 56 (13.05%)
- Total Mixed Lines: 1 (0.23%)
- Total Blank Lines: 41 (9.55%)
- Total Lines Altogether: 429

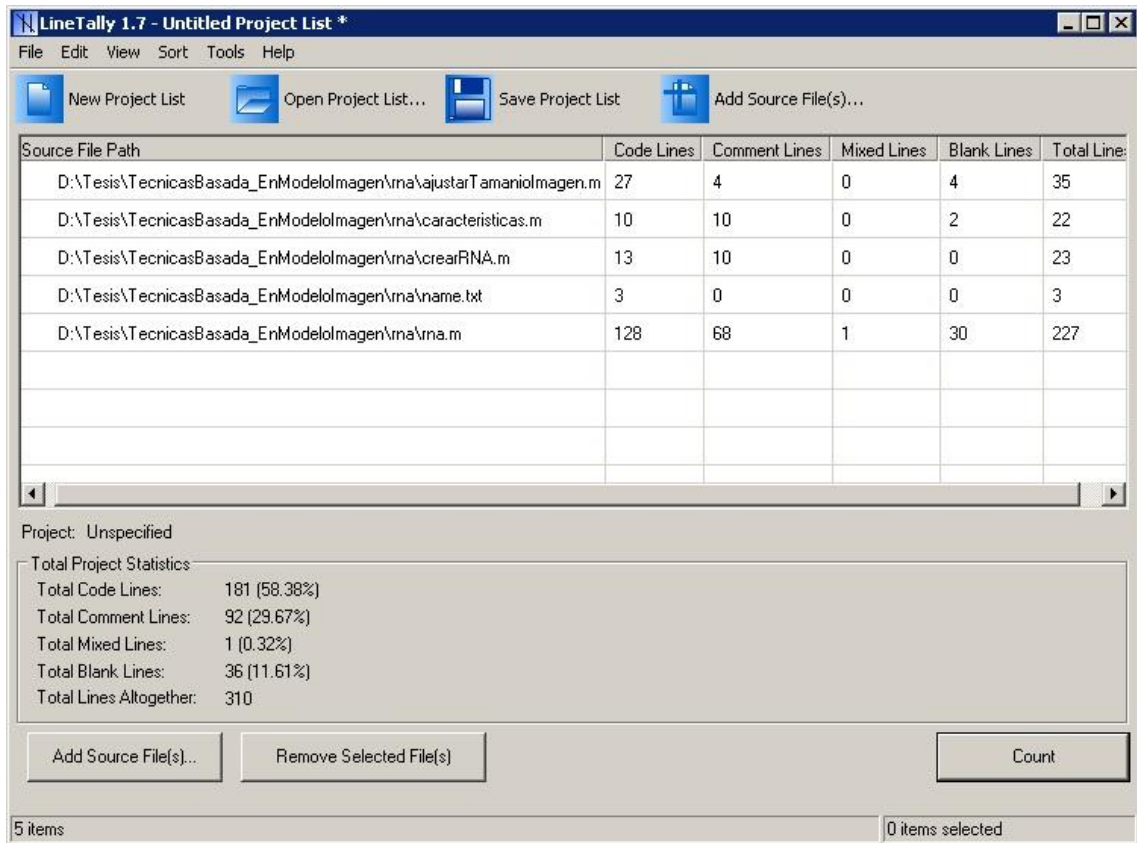
Buttons: Add Source File(s)... Remove Selected File(s) Count

7 items

**Figura:** Número de líneas de código de la técnica basado en modelos con EBGM.

De la misma manera se visualiza en la figura que está a continuación el número de líneas de código de la técnica basado en imagen con RNA.





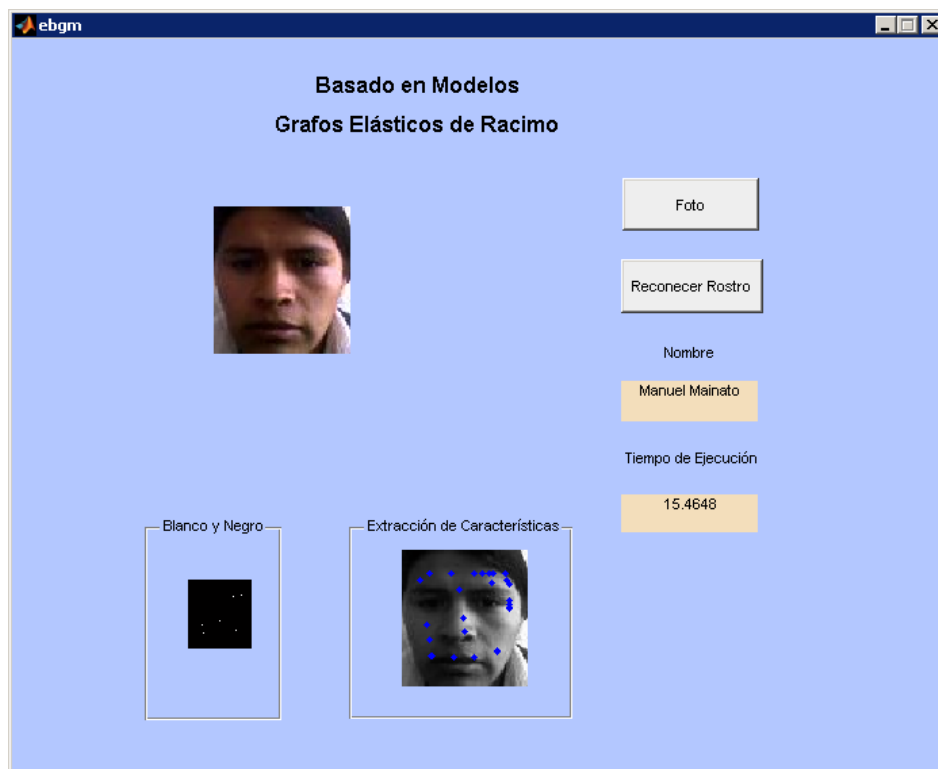
**Figura:** Número de líneas de código de la técnica basado en imagen con RNA.

## ANEXO 2

**Parámetro 2 Indicador 1:** Velocidad de Ejecución.

En este parámetro se utilizó dentro del código las siguientes instrucciones **TIC TOC**, las cuales nos permitió iniciar y parar el cronometro de tiempo de ejecución de cada prototipo, obteniendo como resultado final del tiempo total de simulación de cada técnica de reconocimiento facial. Esta prueba se realizó con 5 usuarios y a cada uno de ellos pertenece 5 fotografías.

En la siguiente figura se visualiza el último tiempo de ejecución de la técnica basado en modelos con EBGm.



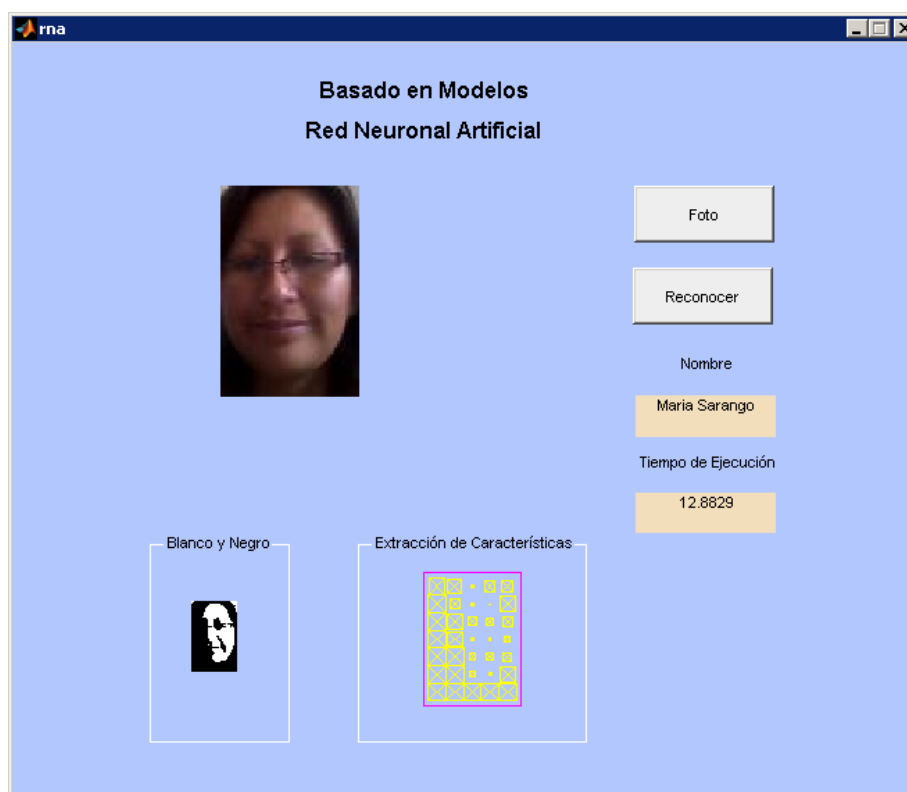
**Figura:** Tiempo de ejecución de la técnica basado en modelos con EBGm.

A continuación se determinó el promedio de los tiempos obtenidos al realizar tres pruebas de cada uno de los usuarios.

**Tabla:** Técnica Basada en Modelos con EBGM – Velocidad de ejecución.

Usuario	P1	P2	P3	Promedio Tiempo (segundos)
1	16,4405	16,2233	15,0834	15,9157
2	15,1211	16,1256	15,3287	15,5251
3	15,4438	15,4380	16,1329	15,6716
4	15,1128	15,0034	15,0114	15,0425
5	15,0120	15,0298	15,4648	15,1689
				15,4648

Así también en la figura que se encuentra a continuación se visualiza la última captura de tiempo de ejecución de la técnica basado en imagen con RNA.



**Figura:** Tiempo de ejecución de la técnica basado en imagen con RNA.

De la misma forma se calculó el promedio de los tiempos obtenidos al realizar tres pruebas de cada uno de los usuarios.

**Tabla:** Técnica Basada en Imagen con EBGM – Velocidad de ejecución.

<b>Usuario</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>Promedio Tiempo (segundos)</b>
<b>1</b>	13,8321	13,3339	12,8529	13,3396
<b>2</b>	12,3211	12,0312	12,1331	12,1618
<b>3</b>	12,9812	12,8829	12,8829	12,9157
<b>4</b>	13,2132	12,8919	12,7711	12,9587
<b>5</b>	13,1011	13,1313	12,8829	13,0384
				12,8829

### ANEXO 3

#### Parámetro 3 Indicador 1: Condiciones de Iluminación.

En este parámetro se utilizó dos sesiones de capturas, cada sesión de captura está compuesta por 5 imágenes adquiridas en condiciones controladas y 5 imágenes en condiciones no controladas. Las imágenes adquiridas en condiciones controladas fueron tomadas bajo condiciones de iluminaciones diferentes (con 2 o 3 luces de estudio fotográfico), con expresiones distintas (sonrisa, normal). Las imágenes tomadas bajo condiciones no controladas fueron adquiridas bajo una iluminación variable (escenario exterior o interior) con las mismas expresiones anteriormente mencionadas.

#### Imágenes con iluminación controladas



Imágenes con iluminación no controladas



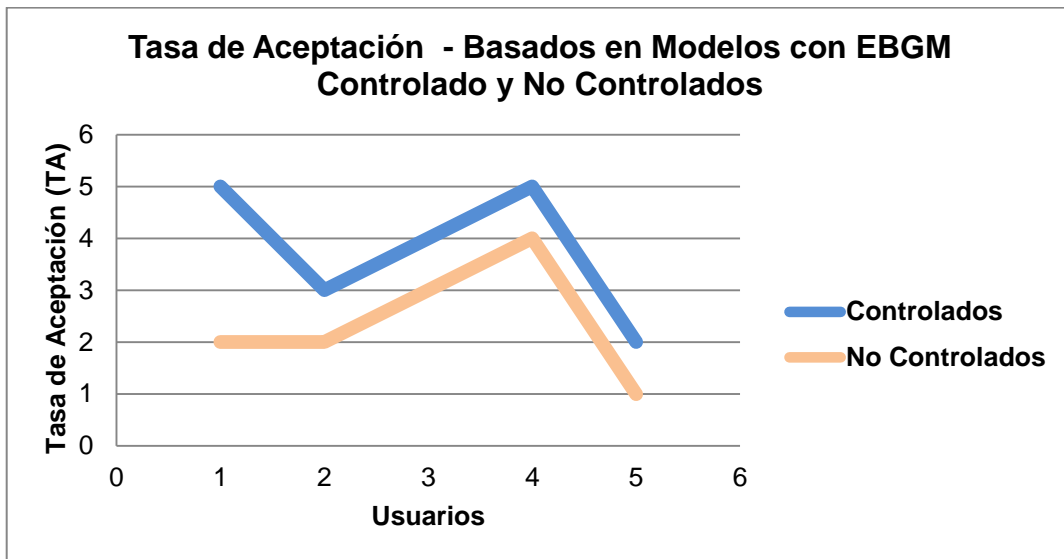
Para el ensayo de este indicador se utilizó 5 usuarios, cada usuario le corresponde 5 imágenes controladas y 5 no controladas y a su vez se realizó 10 pruebas del mismo. Para la verificación de las condiciones de iluminación se mide la Tasa de Aceptación que da como salida cada prototipo.

**Tabla:** Técnica Basada en Modelos con EBGM - Condiciones de Iluminación Controlados.

Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	Total
1	1	1	1	1	1	5
2	0	1	0	1	1	3
3	1	0	1	1	1	4
4	1	1	1	1	1	5
5	0	1	1	0	0	2

**Tabla:** Técnica Basada en Modelos con EBGM - Condiciones de Iluminación No Controlados.

Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	Total
1	0	1	0	0	1	2
2	0	1	0	1	0	2
3	1	1	0	1	0	3
4	1	0	1	1	1	4
5	0	1	0	0	0	1



**Figura:** Tasa de Aceptación - Basados en Modelos con EBGM Controlado y No Controlados.

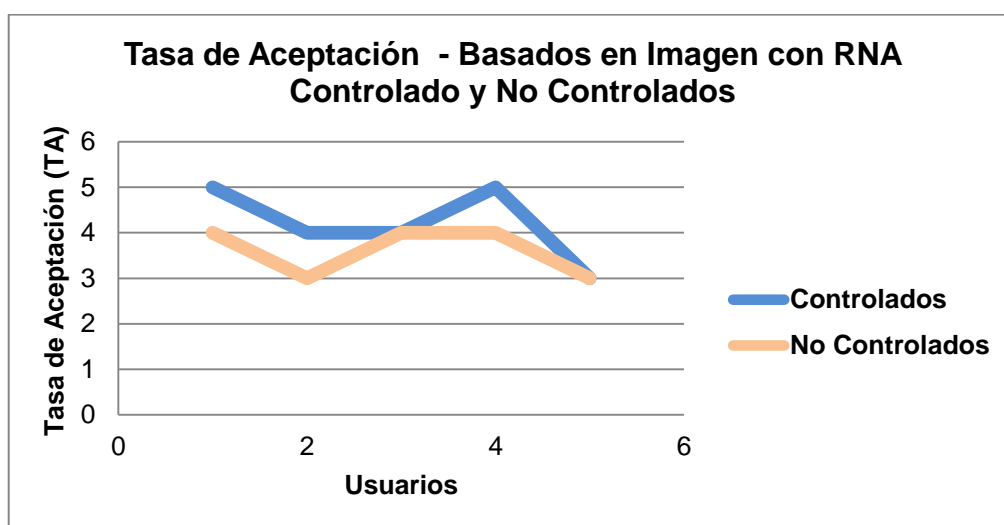
La técnica de reconocimiento basada en Modelos con EBGM tiene una tasa de aceptación adecuado en el ambiente de iluminación controlado como se puede observar la figura anterior, sin embargo en el ambiente de iluminación no controlado no tuvo una tasa de aceptación deseable para el reconocimiento, dando como resultado que esta técnica necesita de un ambiente de iluminación controlado para tener una tasa de aceptación adecuada.

**Tabla:** Técnica Basada en Imagen con RNA - Condiciones de Iluminación Controlados.

Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	Total
1	1	1	1	1	1	5
2	1	1	0	1	1	4
3	1	0	1	1	1	4
4	1	1	1	1	1	5
5	0	1	1	0	1	3

**Tabla:** Técnica Basada en Imagen con RNA - Condiciones de Iluminación NO Controlados.

Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	Total
1	1	1	0	1	1	4
2	0	1	0	1	1	3
3	1	0	1	1	1	4
4	1	1	1	1	0	4
5	1	0	1	0	1	3



**Figura:** Tasa de Aceptación - Basados en Modelos con EBGM Controlado y No Controlados.

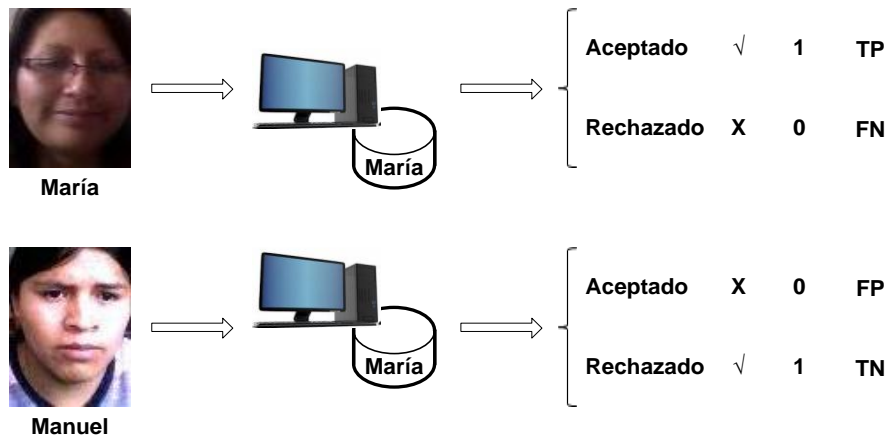
La técnica de reconocimiento basada en Imagen con RNA tiene una tasa de aceptación adecuada en los dos ambientes de iluminación analizados, siendo estos valores aproximadamente equivalentes, deduciendo así que esta técnica puede ser usada en ambas ambientes de iluminación.



## ANEXO 4

### Parámetro 4 Indicador 1: Fiabilidad.

La fiabilidad nos permite establecer en qué medida la técnica de reconocimiento facial es adecuada para un sistema de seguridad, para ellos utilizamos las funciones del grado de seguridad deseado FAR y FRR. Es decir a las salidas del sistema que den con acceso autorizado (TP, TN) los llamaremos como Verdadero Positivos o Negativos [1] y a las salidas que den acceso denegado (FP, FN) los llamaremos Falsos Positivos o Negativos [0].



**Figura:** Aciertos y fallos posibles en un sistema de reconocimiento facial.

Los ensayos realizados para encontrar la tasa real de falso rechazo y falso aceptación se basaron en una muestra de 6 usuarios registrados en nuestra base de datos los cuales se les hizo 18 pares para las respectivas pruebas.

Para el cálculo de los respectivos porcentajes se lo realizo mediante las siguientes relaciones:

$$\text{FAR \% Falsa Aceptación} = \frac{\text{Nº de Aceptaciones} * 100\%}{\text{Nº de Pruebas}}$$

$$\text{FRR \% Falso Rechazo} = \frac{\text{Nº de Rechazos} * 100\%}{\text{Nº de Pruebas}}$$

## Técnica Basada en Modelos con EBGM

### Tasa Real de Falso Rechazo (FRR)

**Tabla:** Técnica Basada en Modelos con EBGM -FRR.

Usuarios	Umbral																	
	1			2			3			4			5			6		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
6	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
<b>Subtotal Rechazos</b>	1	0	1	0	1	1	1	1	3	2	2	2	2	3	2	2	2	3
<b>N° Rechazos</b>	2			2			5			6			7			7		
<b>%FRR</b>	11.11%			11.11%			27.78%			33.33%			38.89%			38.89%		
<b>Total % FRR</b>	26.85%																	

La finalidad de este ensayo es encontrar la Tasa Real de Falso Rechazo del prototipo de la técnica de basada en modelos usando EBGM, de tal modo se puede observar en los resultados obtenidos que; N° de Pruebas: 108, Falsos Rechazos: 29 y la Tasa Real de Falso Rechazo 26.85%

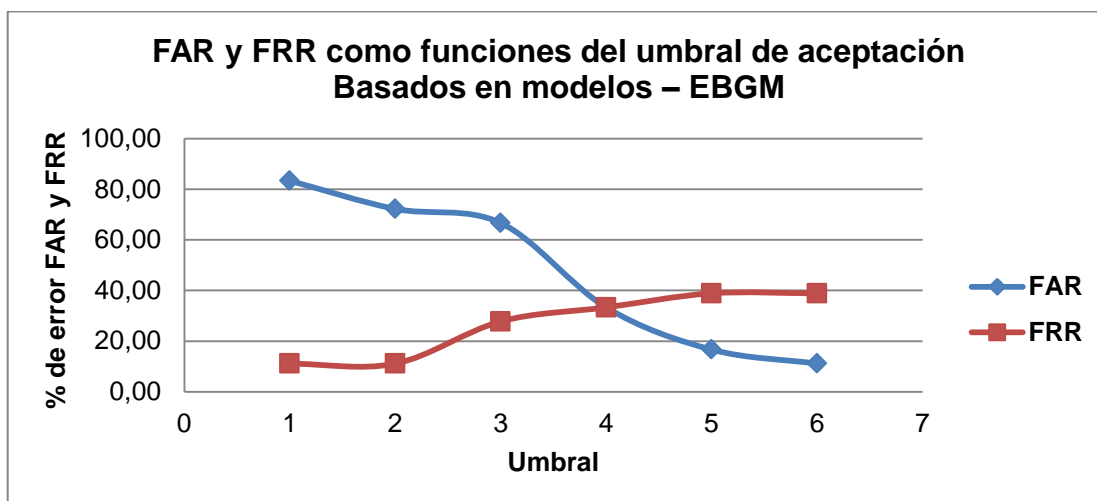
### Tasa Real de Falsa Aceptación (FAR)

**Tabla:** Técnica Basada en Modelos con EBGM -FAR.

Usuarios	Umbral																	
	1			2			3			4			5			6		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
5	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
6	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Subtotal Aceptaciones	5	5	5	5	4	4	5	4	3	1	3	2	1	1	1	1	0	1
N° Aceptaciones	15			13			12			6			3			2		
% FAR	83.33%			72.22%			66.67%			33.33%			16.67%			11.11%		
Total % FAR	47.22%																	

Los resultados de las pruebas para encontrar la Tasa Real de Falso Aceptación del prototipo de la técnica basada en modelos usando EBGGM, son; N° de Pruebas: 108, Falsas Aceptaciones: 51 y la Tasa Real de Falso Rechazo 47.22%.



**Figura:** FAR y FRR como funciones del umbral de aceptación Basados en modelos – EBGGM.

Este ensayo tiene como objetivo determinar el nivel de umbral donde el prototipo brinde la adecuada seguridad y funcionamiento para el reconocimiento.

Para poder calcular el umbral, es necesario encontrar el punto de interacción de FAR y FRR que es conocido como EER, como se puede observar en la figura anterior, el EER se localiza a un nivel 4 con una Tasa del 33.33% de un total de 6 umbrales que equivale a un nivel considerable, de modo que el prototipo no garantiza una buena seguridad puesto que los usuarios pueden llegar a ser rechazados.

## Técnica Basada en Imagen con RNA

### Tasa Real de Falso Rechazo (FRR)

**Tabla:** Técnica Basada en Imagen con RNA - FRR.

Usuarios	Umbral																	
	1			2			3			4			5			6		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
6	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
<b>Subtotal Rechazos</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>N° Rechazos</b>	<b>2</b>			<b>2</b>			<b>4</b>			<b>5</b>			<b>5</b>			<b>6</b>		
<b>% FRR</b>	<b>11.11%</b>			<b>11.11%</b>			<b>22.22%</b>			<b>27.78%</b>			<b>27.78%</b>			<b>33.33%</b>		
<b>Total % FRR</b>	<b>22.22%</b>																	

La Tasa Real de Falso Rechazo del prototipo de la técnica de basada en imagen usando RNA, da como resultados; N° de Pruebas: 108, Falsos Rechazos: 24 y la Tasa Real de Falso Rechazo 22.22%.

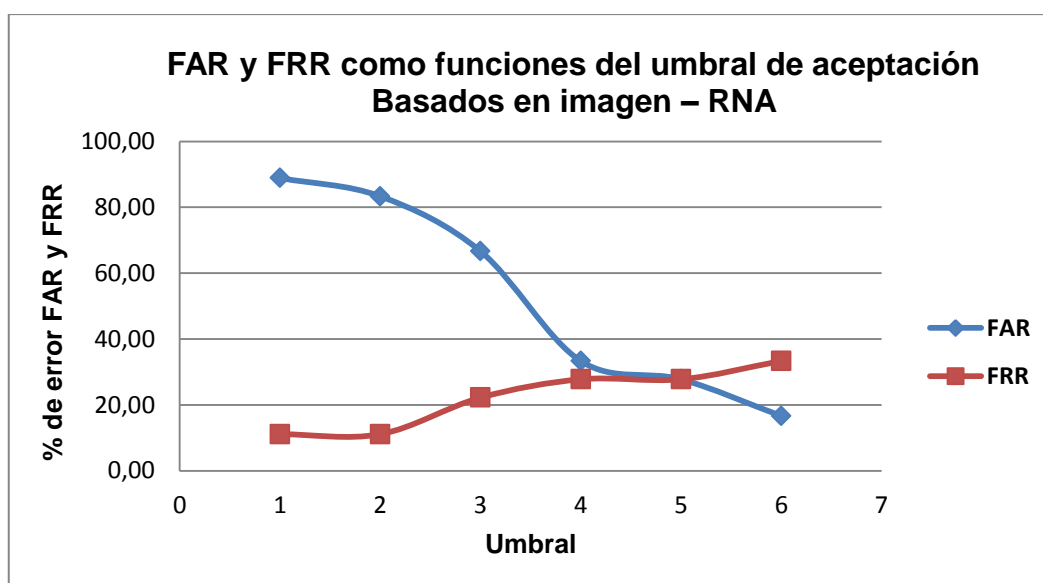
### Tasa Real de Falso Aceptación (FAR)

**Tabla:** Técnica Basada en Imagen con RNA - FAR.

Usuarios	Umbral																	
	1			2			3			4			5			6		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1
4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
5	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
6	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1

Subtotal Aceptación	5	5	4	5	5	5	5	4	3	1	3	2	3	1	1	1	2	0
N° Aceptación	14			15			12			6			5			3		
% FAR	77.78%			83.33%			66.67%			33.33%			27.78%			16.67%		
Total % FAR	50.93%																	

Este ensayo del prototipo de la técnica basado en imagen con RNA entrega como resultado de la Tasa Real de Falsa Aceptación del prototipo lo siguiente: N° de Pruebas: 108, Falsas Aceptaciones: 55 y la Tasa Real de Falso Rechazo 50.93%.



**Figura:** FAR y FRR como funciones del umbral de aceptación Basados en imagen – RNA.

Se puede observar en la figura anterior, el EER se localiza a un nivel 5 con una Tasa del 27.78% de un total de 6 umbrales que equivale a un nivel muy considerable, de modo que el prototipo puede garantizar una adecuada seguridad a las expectativas del usuario.

**Parámetro 4 Indicador 2: Precisión al Reconocer.**

Para verificar la precisión al reconocer se ha empleado la siguiente relación y se usó los valores obtenidos del FAR y FRR de cada técnica del indicador de Fiabilidad:

$$\text{Precisión al Reconocer} = \frac{(FAR + FRR)}{2}$$

#### **Técnica Basada en Modelo con EBG**

$$\text{Precisión al Reconocer} = \frac{(47,22 + 26,85)}{2} = 37,035\%$$

#### **Técnica Basada en Imagen con RNA**

$$\text{Precisión al Reconocer} = \frac{(50,93 + 22,22)}{2} = 36,575\%$$

## ANEXO 5

### Código Fuente de las funciones de la Técnica de Reconocimiento de Rostros Basado en Modelos con el Algoritmo EBGM

```
function varargout = ebgm(varargin)
% EBGM MATLAB code for ebgm.fig
%
% EBGM, by itself, creates a new EBGM or raises the existing
% singleton*.
%
% H = EBGM returns the handle to a new EBGM or the handle to
% the existing singleton*.
%
% EBGM('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
% function named CALLBACK in EBGM.M with the given input arguments.
%
% EBGM('Property','Value',...) creates a new EBGM or raises the
% existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
% applied to the GUI before ebgm_OpeningFcn gets called. An
% unrecognized property name or invalid value makes property application
% stop. All inputs are passed to ebgm_OpeningFcn via varargin.
%
% *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
% instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
%
% Edit the above text to modify the response to help ebgm
%
% Last Modified by GUIDE v2.5 14-Julio-2013 16:05:12
%
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name', mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @ebgm_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @ebgm_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [], ...
```

```

    'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before ebkm is made visible.
function ebkm_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to ebkm (see VARARGIN)
% Choose default command line output for ebkm
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% UIWAIT makes ebkm wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

%% Trabajando con axes.
axes(handles.axes1);
set(gca, 'Box', 'on');
set(gca, 'XTick', [], 'YTick', []);

```



```
axes(handles.axes2);  
set(gca, 'Box', 'on');  
set(gca, 'XTick', [], 'YTick', []);  
axes(handles.axes3);  
set(gca, 'Box', 'on');  
set(gca, 'XTick', [], 'YTick', []);
```

```
%% Fondo Axes.
```

```
fondo = imread('D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\img\1.jpg');  
axes(handles.axes1);  
imshow(fondo);  
axes(handles.axes2);  
imshow(fondo);  
axes(handles.axes3);  
imshow(fondo);  
img =  
imread('D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\imagesSource\inputphoto.jpg');  
axes(handles.axes1);  
imshow(img);
```

```
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
```

```
function varargout = ebgm_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)  
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);  
% hObject handle to figure  
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB  
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)  
% Get default command line output from handles structure  
varargout{1} = handles.output;
```

```

% --- Executes on button press in btnFoto.

function btnFoto_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject    handle to btnFoto (see GCBO)

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

axes(handles.axes1);

video = videoinput('winvideo',2,'YUY2_160x120');

set(video, 'FramesPerTrigger', Inf);

set(video, 'ReturnedColorspace', 'rgb');

video.FrameGrabInterval = 5;

start(video);

while(video.FramesAcquired<=10)

    foto = getsnapshot(video);

    imagen = imsubtract(foto(:,:,1), rgb2gray(foto));

    imagen = medfilt2(imagen, [3 3]);

    imagen = imadjust(imagen);

    level = graythresh(imagen);

    imgbw = im2bw(imagen,level);

    imgbw5 = imfill(imgbw,'holes');

    imgbw6 = bwlabel(imgbw5, 8);

    stats = regionprops(imgbw6,['basic']);

    [N,M] = size(stats);

    if (imgbw == 0)

        break;

    else

        tmp = stats(1);

        for i = 2 : N

            if stats(i).Area > tmp.Area

                tmp = stats(i);

```

```

        end

    end

    boundingBox = tmp.BoundingBox;

    imshow(foto)

    hold on

    rectangle('Position',boundingBox,'EdgeColor','r','LineWidth',2)

    hold off

    cara = imcrop(foto,boundingBox);

end

end

stop(video);

imwrite(cara,

'D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\imagesSource\inputphoto.jpg');

% --- Executes on button press in btnReconocerRostro.

function btnReconocerRostro_Callback(hObject, eventdata, handles)

% hObject    handle to btnReconocerRostro (see GCBO)

% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

tic

    crearGabor;

    load imgdb;

    imagenDB = cargarImagenes;

    load entrenar;

imagenDB = cargarImagenes;

img = imread('

D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\ebgm\imagesSource\inputphoto.jpg');

```

```
img = rgb2gray(img);  
set(handles.txtNombre, 'string','Usuario no Identificado');  
set(handles.txtTiempo,'string',toc);
```

### **Código Fuente de las Funciones de la Técnica de Reconocimiento de Rostros Basado en Imagen con el Algoritmo RNA**

```
function varargout = rna(varargin)  
%% RNA MATLAB code for rna.fig  
  
%   RNA, by itself, creates a new RNA or raises the existing  
%   singleton*.  
  
%   H = RNA returns the handle to a new RNA or the handle to  
%   the existing singleton*.  
  
%   RNA('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local  
%   function named CALLBACK in RNA.M with the given input arguments.  
  
%   RNA('Property','Value',...) creates a new RNA or raises the  
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are  
%   applied to the GUI before rna_OpeningFcn gets called. An  
%   unrecognized property name or invalid value makes property application  
%   stop. All inputs are passed to rna_OpeningFcn via varargin.  
  
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one  
%   instance to run (singleton)".  
  
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES  
  
% Edit the above text to modify the response to help rna  
  
% Last Modified by GUIDE v2.5 20-Julio-2013 10:13:15  
  
% Begin initialization code - DO NOT EDIT  
  
gui_Singleton = 1;  
  
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...  
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...  
    'gui_OpeningFcn', @rna_OpeningFcn, ...
```

```

'gui_OutputFcn', @rna_OutputFcn, ...
'gui_LayoutFcn', [], ...
'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before rna is made visible.
function rna_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
%% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to rna (see VARARGIN)
% Choose default command line output for rna
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% UIWAIT makes rna wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

%% Trabajando con axes.
axes(handles.axes1);

```

```

set(gca, 'Box', 'on');
set(gca, 'XTick', [], 'YTick', []);
axes(handles.axes2);
set(gca, 'Box', 'on');
set(gca, 'XTick', [], 'YTick', []);
axes(handles.axes3);
set(gca, 'Box', 'on');
set(gca, 'XTick', [], 'YTick', []);
%% Fondo Axes.
fondo = imread('D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\img\1.jpg');
axes(handles.axes1);
imshow(fondo);
axes(handles.axes2);
imshow(fondo);
axes(handles.axes3);
imshow(fondo);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = rna_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
%% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in btnReconocer.
function btnReconocer_Callback(hObject, eventdata, handles)
%% hObject    handle to btnReconocer (see GCBO)

```

```

% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB

% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

tic;

conn = database('reconocimiento_rostros', 'root', '');

curs = exec(conn, 'select count(ci)-1 from foto');

curs = fetch(curs);

data = curs.data;

close(conn);

imread('D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\rna\imagesSource\inputphoto.jpg');

axes(handles.axes1);

imshow(imagen);

handles.imagen = imagen;

guidata(hObject, handles);

for i = 0:data{1}

    imagen = imread(['D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\rna\imagesFate\', int2str(i),
'.jpg']);

    imgGray = rgb2gray(imagen);

    imgbw = im2bw(imagen, graythresh(imgGray));

    axes(handles.axes2);

    imshow(imgbw);

    imgbw2 = ajustarTamañoImagen(imgbw);

    imagenvector = características(imgbw2);

    axes(handles.axes3);

    plotchar(imagenvector);

    entrenar(:, i+1) = imagenvector;

end

E = entrenar(:, 1:data{1});

Y = [eye(7) eye(7) eye(7) eye(7)];

```

```
handles.net = crearRNA(E,Y);
guidata(hObject, handles);

axes(handles.axes2);
imshow(handles.imagen);
imageGray = rgb2gray(handles.imagen);
imgbw = im2bw(handles.imagen,graythresh(imageGray));
axes(handles.axes2);
imshow(imgbw);
imgbw2 = ajustarTamañoImagen(imgbw);
imagenvector = características(imgbw2);
axes(handles.axes3);
plotchar(imagenvector);
result = sim(handles.net,imagenvector);
[val, num] = max(result);

conn = database('reconocimiento_rostros', 'root', '');
curs = exec(conn,'select distinct u.nombre from foto as f inner join usuario as u on f.ci = u.ci
order by u.id_usuario');
curs = fetch(curs);
data = curs.data;
close(conn);

usuario = cellstr(data);

if (val*100 >= 90)
    set(handles.txtNombre, 'string',usuario(num));
else
    set(handles.txtNombre, 'string','Usuario no Identificado');
```



```
end
```

```
set(handles.txtTiempo,'string',toc);
```

```
% --- Executes on button press in btnFoto.
```

```
function btnFoto_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
%% hObject handle to btnFoto (see GCBO)
```

```
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)
```

```
axes(handles.axes1);
```

```
video = videoinput('winvideo',2,'YUY2_160x120');
```

```
set(video, 'FramesPerTrigger', Inf);
```

```
set(video, 'ReturnedColorspace', 'rgb');
```

```
video.FrameGrabInterval = 5;
```

```
start(video);
```

```
while(video.FramesAcquired<=10)
```

```
    foto = getsnapshot(video);
```

```
    imagen = imsubtract(foto(:,:,1), rgb2gray(foto));
```

```
    imagen = medfilt2(imagen, [3 3]);
```

```
    imagen = imadjust(imagen);
```

```
    level = graythresh(imagen);
```

```
    imgbw = im2bw(imagen,level);
```

```
    imgbw5 = imfill(imgbw,'holes');
```

```
    imgbw6 = bwlabel(imgbw5, 8);
```

```
    stats = regionprops(imgbw6,['basic']);
```

```
    [N,M] = size(stats);
```

```
    if (imgbw == 0)
```

```
        break;
```

```
else
    tmp = stats(1);
    for i = 2 : N
        if stats(i).Area > tmp.Area
            tmp = stats(i);
        end
    end
    boundingBox = tmp.BoundingBox;
    imshow(foto)
    hold on
    rectangle('Position',boundingBox,'EdgeColor','r','LineWidth',2)
    hold off
    cara = imcrop(foto,boundingBox);
end
end
stop(video);
imwrite(cara, 'D:\Tesis\TecnicasBasada_EnModeloImagen\rna\imagesSource\inputphoto.jpg');
```

## BIBLIOGRAFÍA

### 1. ALGORITMO BACKPROPAGATION

<http://www.monografias.com/trabajos-pdf/entrenamiento-redes-neuronales-algoritmos-evolutivos/entrenamiento-redes-neuronales-algoritmos-evolutivos.pdf>

06-08-2013

<http://redbackpropagation.blogspot.com/2008/07/funcionamiento.html>

06-08-2013

### 2. ALGORITMO EBGGM

[http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5910/PFC\\_Daniel\\_Perez\\_Orr.pdf?sequence=1](http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/5910/PFC_Daniel_Perez_Orr.pdf?sequence=1)

30-07-2013

<http://prezi.com/rjhq2dlxorp/identificacion-facial/>

30-07-2013

### 3. ALGORITMO RNA

<http://optimizacionheuristica.blogs.upv.es/files/2013/04/Introducci%C3%B3n-Redes-Neuronales-ArtificialesMFM.pdf>

03-08-2013

#### **4. BIOMETRÍA**

<http://edatalia.com/es/que-ofrecemos/firma-biometrica>

02-10-2013

#### **5. CÁMARA IP**

<http://videovigilanciaperu0.blogspot.com/2009/06/vigilancia-por-internet-que-es-una.html>

23-07-2013

#### **6. CARACTERÍSTICAS DEL ALGORITMO EBG**

<http://oid.unizar.es/?cat=4&paged=3>

31-07-2013

#### **7. CARACTERÍSTICAS DE REDES NEURONALES**

<http://www.slideshare.net/lobi7o/inteligencia-artificial-29126474>

12-09-2013

#### **8. CONCEPTO DE RECONOCIMIENTO ROSTROS**

[http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_reconocimiento\\_facial](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_reconocimiento_facial)

17-07-2013

<http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/eciperu/v8n1/a11v8n1.pdf>

17-07-2013

<http://www.uninet.edu/neurocon/congreso-1/conferencias/neuropsicologia-2-2.html>

17-09-2013

#### **9. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO EBG**

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242010000200012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242010000200012&script=sci_arttext)

02-08-2013

## 10. DETECCIÓN DEL ROSTRO

[http://es.wikipedia.org/wiki/Detecci%C3%B3n\\_de\\_caras](http://es.wikipedia.org/wiki/Detecci%C3%B3n_de_caras)

23-07-2013

<http://ci.upc.edu.pe/RepositorioAPS/0/13/JER/INGENIERIA-ELECTRONICA-MEJORES-TRABAJOS/Reconocimiento-Rostros.PDF>

23-07-2013

## 11. ESTRUCTURA DE LA RED NEURONAL ARTIFICIAL

<http://percibir.wikispaces.com/Sistema+Nervioso+Central>

06-08-2013

[http://www.ibiblio.org/pub/linux/docs/LuCaS/Presentaciones/200304curso-glisa/redes\\_neuronales/curso-glisa-redes\\_neuronales-html/x38.html](http://www.ibiblio.org/pub/linux/docs/LuCaS/Presentaciones/200304curso-glisa/redes_neuronales/curso-glisa-redes_neuronales-html/x38.html)

06-08-2013

[http://cvb.ehu.es/open\\_course\\_ware/castellano/tecnicas/redes\\_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf](http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/tecnicas/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf)

06-08-2013

## 12. EVALUACIÓN DE SISTEMA DE SEGURIDAD

<http://redyseguridad.fi-p.unam.mx/proyectos/biometria/basesteoricas/caracteristicassistema.html>

11-10-2013

## 13. EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL ALGORITMO EBG

[http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article\\_121788.html](http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_121788.html)

02-08-2013

## 14. FIABILIDAD

<http://sistema-biometrico-lupita.blogspot.com/p/sistema-biometrico.html>

02-08-2013

## **15. FILTROS DE GABOR**

<http://www.revistasidc.com/main/index.php/ccient/article/download/132/127>

02-08-2013

## **16. ILUMINACIÓN DIFUSA**

<http://www.fotonostra.com/fotografia/luznatural.htm>

2407-2013

## **17. ILUMINACIÓN DURA**

<http://redgrafica.com/Las-fuentes-de-iluminacion-en>

24-07-2013

## **18. ILUMINACIÓN FRONTAL**

<http://www.infaimon.com/catalogo-industria/iluminacion/led/iluminacion-frontal-lateral-directa-701.html>

24-07-2013

<http://www.infaimon.com/catalogo-industria/iluminacion/led/iluminacion-frontal-lateral-directa-701.html>

24-07-2013

## **19. INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

<http://laroboticadelmundo.galeon.com/>

12-09-2013

## **20. INTELIGENCIA ARTIFICIAL MATLAB**

<http://proyectojefer.wikispaces.com/file/view/Visi%C3%B3n%20artificial.pdf/160082401/Visi%C3%B3n%20artificial.pdf>

10-09-2013

## **21. ISO / IEC 19794-5 25**

[http://www.keesquare.com/htmldoc/en/ISO\\_ICAO](http://www.keesquare.com/htmldoc/en/ISO_ICAO)

12-07-2013

## **22. MATLAB**

[http://www.icm.espol.edu.ec/jornadas/14/archivos/Diapositivas/Rodr%C3%ADguezLuis/Rodr%C3%ADguezLuis\\_Matlab\\_como\\_soporte\\_para\\_c%C3%A1culos\\_en\\_Estad%C3%ADstica.pdf](http://www.icm.espol.edu.ec/jornadas/14/archivos/Diapositivas/Rodr%C3%ADguezLuis/Rodr%C3%ADguezLuis_Matlab_como_soporte_para_c%C3%A1culos_en_Estad%C3%ADstica.pdf)

10-09-2013

<http://www.slideshare.net/MILLANJ/lgr-cocoli>

10-09-2013

<http://www.monografias.com/trabajos94/matlab-y-sus-comandos/matlab-y-sus-comandos.shtml>

10-09-2013

## **23. MECANISMOS DE APRENDIZAJE**

[http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5\\_anio/orientadora1/monograias/match-redesneuronales.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/orientadora1/monograias/match-redesneuronales.pdf)

06-08-2013

<http://html.rincondelvago.com/redes-neuronales-y-algoritmos-de-primer-orden.html>

06-08-2013

<http://www.slideshare.net/fosder/redes-neuronales-1439841>

06-08-2013

## **24. METODOLOGÍA INVESTIGATIVA**

<http://www.monografias.com/trabajos28/informatica-hospital/informatica-hospital.shtml>

06-08-2013

## 25. MINIMIZACIÓN DEL ERROR Y DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO RNA

<http://es.wikipedia.org/wiki/Backpropagation>

09-08-2013

[http://es.wikipedia.org/wiki/Propagaci%C3%B3n\\_hacia\\_atr%C3%A1s](http://es.wikipedia.org/wiki/Propagaci%C3%B3n_hacia_atr%C3%A1s)

09-08-2013

<http://miguelaqip.files.wordpress.com/2011/03/estadistica-no-parametrica-y-parametrica.doc>

09-08-2013

<http://wikybayes.wikidot.com/redes-neuronales>

09-08-2013

## 26. OTRAS FUENTES DE ILUMINACIÓN

<http://pasionxlafotografia.blogspot.com/2013/03/tipos-de-iluminacion-en-fotografia.html>

24-07-2013

## 27. PATRÓN

<https://santacruzramos.wikispaces.com/3.4.4+Obtenci%C3%B3n+de+informaci%C3%B3n+a+trav%C3%A9s+de+patrones+de+b%C3%BAqueda>

19-07-2013

[https://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento\\_de\\_patrones](https://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_de_patrones)

19-07-2013

## 28. RECONOCIMIENTO DE PATRONES

<http://www.slideshare.net/kikesanegc/reconocimiento-de-patrones>

18-07-2013

[http://www.maginvent.org/articles/pidht/pidtoot/Reconocimiento\\_Patrones.html](http://www.maginvent.org/articles/pidht/pidtoot/Reconocimiento_Patrones.html)

19-07-2013



## **29. RECONOCIMIENTO DE ROSTROS**

<http://www.cienciaeingenieria.com/2013/09/la-gran-tendencia-reconocimiento-facial.html>

27-09-2013

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5504/1/T2481.pdf>

17-07-2013

## **30. REDES NEURONALES ARTIFICIALES**

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3299/1/T-ESPEL-0550.pdf>

[05-08-2013](#)

05-08-2013

<http://www.monografias.com/trabajos12/redneuro/redneuro.shtml>

05-08-2013

## **31. SISTEMAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL**

[http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/Reconocimiento\\_Facial\\_Rearte\\_Sanchez.pdf](http://www.dsi.fceia.unr.edu.ar/downloads/Reconocimiento_Facial_Rearte_Sanchez.pdf)

10-09-2013

## **32. SISTEMAS DE SEGURIDAD**

[http://www.rcysostenibilidad.telefonica.com/blogs/documentoscatedras/files/2012/07/Catedra\\_telefonica\\_Sistemas\\_Biometricos.pdf](http://www.rcysostenibilidad.telefonica.com/blogs/documentoscatedras/files/2012/07/Catedra_telefonica_Sistemas_Biometricos.pdf)

04-10-2013

<https://www.inteco.es/file/jltWr4RHZRAvHnwLMQaZTw>

04-10-2013

<http://www.tuinterfaz.mx/articulos/8/64/la-biometria-aplicada-a-la-seguridad/>

02-10-2013

### **33. TASA DE FALSO RECHAZO Y FALSA ACEPTACIÓN**

<http://www.monografias.com/trabajos82/biometria-y-voto-electronico/biometria-y-voto-electronico2.shtml>

17-07-2013

### **34. TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTOS DE ROSTROS**

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/msp/gutierrez\\_g\\_l/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/gutierrez_g_l/capitulo2.pdf)

17-07-2013

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0310\\_CS.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0310_CS.pdf)

17-07-2013

### **35. TECNOLOGÍA BIOMÉTRICA**

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009\\_n2/v6n2/a07v6n2.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/risi/2009_n2/v6n2/a07v6n2.pdf)

03-10-2013

### **36. UMBRAL**

<http://www.biometricchina.es/support.html>

13-10-2013

### **37. WAVELET GABOR**

[http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/biometria/proyectos/aguara/descargas/resumen\\_aguara.pdf](http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/biometria/proyectos/aguara/descargas/resumen_aguara.pdf)

02-08-2013