



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

*ESCOM*

*Trabajo Terminal*

**“IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DEL  
IRIS”**

**2012-A036**

*Que para cumplir con la opción de titulación curricular en la carrera de*

**“Ingeniería en Sistemas Computacionales”**

Presentan

**Méndez Martínez Karen**

**Rodríguez Méndez Cynthia**

**Tinajero Sánchez Abraham Alfonso**

Directores

**Dr. Benjamín Luna Benoso**

**Dr. Rolando Flores Carapia**



**Junio 2013**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**



No. registro: TT 2012-A036

Serie: Amarilla

Junio del 2013

Documento técnico

**“IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS MEDIANTE EL RECONOCIMIENTO DEL  
IRIS”**

Presentan

**Méndez Martínez Karen<sup>1</sup>**

**Rodríguez Méndez Cynthia<sup>2</sup>**

**Tinajero Sánchez Abraham Alfonso<sup>3</sup>**

Directores

**Dr. Benjamín Luna Benoso**

**Dr. Rolando Flores Carapia**

**RESUMEN**

En el presente reporte se muestra la documentación del reporte técnico del Trabajo Terminal No. 2012-A036, denominado “Identificación de personas mediante el reconocimiento del iris”, cuya función principal es identificar personas por medio de la adquisición y procesamiento de la imagen del iris.

**PALABRAS CLAVE:** Identificación, Biometría, Tratamiento Digital de Imágenes, Reconocimiento de Patrones.

<sup>1</sup>Email: [kren.mdz13@hotmail.com](mailto:kren.mdz13@hotmail.com)

<sup>2</sup>Email: [cyrome\\_3@hotmail.com](mailto:cyrome_3@hotmail.com)

<sup>3</sup>Email: [atinajero@hotmail.com](mailto:atinajero@hotmail.com)



**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



**DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN INTEGRAL E INSTITUCIONAL**

**COMISIÓN ACADÉMICA DE TRABAJO TERMINAL**

México D.F a 04 de Junio de 2013.

ING. APOLINAR FCO. CRUZ LÁZARO  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA  
DE TRABAJO TERMINAL  
PRESENTE

Por medio del presente, informamos que los alumnos que integran el **TRABAJO TERMINAL 2012-A036**, titulado “**Identificación de Personas mediante el Reconocimiento del Iris**”, concluyeron satisfactoriamente su trabajo.

El empastado del Reporte Técnico Final y el Disco Compacto (CD) fueron revisados ampliamente por sus servidores y corregidos, cubriendo el alcance y el objetivo planeados en el protocolo original y de acuerdo a los requisitos establecidos por la Comisión que usted preside.

**ATENTAMENTE**

---

**Dr. Benjamín Luna Benoso**

---

**Dr. Rolando Flores Carapia**

Directores

---

## Advertencia

*“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”*

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:

En La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto

Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n Teléfono: 57296000 Extensión 52000

---

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer principalmente a mi madre Gloria Martínez Rodríguez, a ella le debo gran parte de lo que soy, gracias a su preocupación de madre, yo he podido salir adelante y he podido vencer obstáculos que creí imposibles. Gracias madre, por ese esfuerzo, cansancio, preocupación, ímpetu, tiempo y mucho trabajo que me has dedicado por años, todo te lo debo a ti, y con este trabajo espero poder recompensar un poco de todo lo que me has brindado, TE AMO.

A mis amigos más cercanos de ESCOM, Hugo Alberto Ramírez, Iván Martínez, y Cynthia Rodríguez, gracias amigos, este trayecto de 4 años fue increíble a su lado, gracias por todas esas carcajadas que se escuchaban en los pasillos, esas pláticas duraderas que hacían que mis problemas fueron menos importantes, diversión, trabajo en equipo, solidaridad, cariño, apoyo incondicional, momentos inolvidables que me hicieron pasar y que perdurarán. Espero que esa amistad dure durante muchos años más.

A Pako, gracias por ser mi luz en momentos de mucha obscuridad, por ser esa persona que me daba un empujo hacia delante cuándo sentía que ya no podía, fuiste una parte muy importante en este logro, gracias por el hospedaje je, comida, y sobre todo el cariño que me brindaste en esta etapa final de la carrera, estaré agradecida contigo por siempre.

A mis compañeros de TrabajoTerminal, Abraham Tinajero y Cynthia Rodríguez, ustedes más que nadie saben todo lo que pasamos para poder obtener este logro tan importante, gracias por su tiempo, por las desveladas, desmañanadas y el trabajo dedicado. Fue un placer estar con ustedes.

A mi familia, Katia Méndez, Juan de Dios Méndez y Juan Carlos Méndez, son personas muy especiales en mi vida, y sé que estarán conmigo en todo momento. Este logro también es de ustedes.

***Karen Méndez***

---

## Agradecimientos

Que hubiera sido de mi vida sin tus ¿a qué hora llegas?, ¿dónde andabas?, ¿qué no piensas dormir?, ¿no tienes tarea?, sin duda alguna si de alguien es este éxito, es tuyo mamá, tu quien siempre me alentaste a ser una mejor persona, ser quien ahora soy, un exitoso profesionista que día a día busca la manera de superarse, muchas gracias por estar conmigo, por cuidarme, por procurarme y siempre encontrar la manera de ayudarme a resolver mis problemas, ya que si alguien merece las felicitaciones eres ¡tú!, lo único que puedo decir es “GRACIAS”.

A mi padre y familiares que con su apoyo incondicional jamás me dejaron rendirme, por ayudarme a crecer, por acompañarme en esta largo proceso de aprendizaje, mi familia que a pesar de todo nunca me abandonaron, hoy puedo verlos una vez más de frente y decirles “LO LOGRÉ”.

Sin duda alguna a mis tres mejores amigas, Monse Ortega, Ilse García y Monse Mendoza, ustedes tres que estuvieron conmigo desde que esto era un mero sueño, me alentaron, me acompañaron y siempre me soportaron, ¡este logro también es suyo!, no existen palabras para agradecerles su amistad incondicional, por darme esos ánimos de seguir hasta el final, sin importar quién o qué se entrometiera en ello, Gracias!

Mis compañeras, que durante este proceso, se volvieron más que eso, se convirtieron en mis amigas, hermanas, esos fines de semana juntos, esas tardes trabajando, escuchando música, siempre con ese toque cómico que nos caracteriza a los 3, muchas gracias por esta oportunidad, por permitirme formar parte de esta gran aventura, llena de locura, diversión, música y trabajo; es aquí donde me doy cuenta de que todo sucede por algo, nada es casualidad y este logro, lo confirma.

Y bueno, aquellos que de seguro creyeron que me olvidaría, todos mis amigos de ESCOM, espero no se me escape alguno, Tello, Zarza, Karen, Jara, Pompei, Luu, Richard, Cesar, Isac, Steef, Giovanni, Aguilón, Mike, Patlan, Savir, Iván, Liditz, Chino, Hector, Belen, Dieguito, Big, Chinos, Any Bobis, Jav, Humberto, Tony, Erika, Xanat, Israel, Chicharo, Christian, Emert, Toño, Yosafat, Adriana, Nancy, Jorge, Fabian, Monti, Gracias, por que sufrieron a mi lado el quedar fuera, el pasar mis ETS's, mil gracias y de verdad espero jamás dejar de verlos, creo que si alguien sabe acerca de lo que se vive en escom, son ustedes, quienes también han sufrido de cerca todo esto.

Finalmente a Dios, por permitirme seguir continuando y hacer posible este éxito, este sueño que tuve desde el día que pisé por primera vez ESCOM, “Logro Desbloqueado”.

*Gracias*

*Abraham Alfonso Tinajero Sánchez*

---

## **Agradecimientos**

Pues quiero dar gracias principalmente a mi familia, ya que en todo momento me apoyaron, y me han demostrado lo unida que es y ha sido un ejemplo del cual he podido aprender muchas cosas que me ayudaron a concluir esta meta.

A mi madre, Leticia Méndez, por tu trabajo y esfuerzo para poder brindarme todos los recursos y poder terminar la carrera. Por tu apoyo, confianza y siempre alentarme a continuar para cumplir con mis objetivos como persona y estudiante. Gracias por estar a mi lado, espero te sientas orgullosa de mi. Te amo.

A mis abuelitos porque siempre han estado cuidando de mí, en todo momento están al pendiente, se preocupan por mi bienestar y me consienten muchísimo. Gracias porque este también es un logro de ustedes, gracias por sus consejos, sus pláticas, tiempo y amor. Los amo.

A mis amigos y compañeros que conocí durante este trayecto, he aprendido tanto de cada una de las personas que han pasado por mi vida. Cada experiencia con ustedes, buenos momentos, malos momentos, pero siempre con ustedes. Karen, Hugo, Iván, qué bonito terminar con los que empezaste, los quiero tanto. Tainalli, Ángel, Jorge, Aura, Yoshio, 18ito, Teni, Chuby y todos los demás que ahora son parte de mi vida. No los olvidaré, me han enseñado el valor de una amistad. Gracias por el apoyo, los consejos y las locuras.

A mis maestros, quienes fueron parte fundamental en mi formación como Ingeniera.

En general, a todas las personas que he conocido y que han dejado huella en mí y que siempre me apoyaron. Un logro más alcanzado. Gracias.

***Cynthia Rodríguez Méndez***

---

# ÍNDICE

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
1.1. SEGURIDAD.....	3
1.2 RECONOCIMIENTO DE PERSONAS .....	4
1.3. INTRODUCCIÓN A LA BIOMETRÍA.....	5
1.3.1. <i>Concepto de biometría</i> .....	5
1.3.2. <i>Tipos de sistemas biométricos</i> .....	6
1.3.3.1. Reconocimiento biométrico de Cara.....	6
1.3.3.2. Reconocimiento biométrico de Huellas Dactilares .....	7
1.3.3.3. Reconocimiento biométrico de la Geometría de la mano.....	7
1.3.3.4. Reconocimiento biométrico de Retina.....	7
1.3.3.5. Reconocimiento biométrico de Firma.....	7
1.3.3.6. Reconocimiento biométrico de Voz.....	8
1.3.3.7. Reconocimiento biométrico de la Dinámica de Tecleo.....	8
1.3.3.8. Reconocimiento biométrico de Iris.....	8
1.3.3.9. Reconocimiento biométrico de ADN.....	8
1.3.3.10. Otras técnicas biométricas.....	9
1.4. SISTEMAS BIOMÉTRICOS .....	9
1.4.1. <i>Componentes básicos de un Sistema Biométrico</i> .....	10
1.4.1.1. Sensor.....	10
1.4.1.2. Extracción de características .....	10
1.4.1.3. Base de Datos.....	12
1.4.1.4. Comparación.....	12
1.5. SISTEMA BIOMÉTRICO BASADO EN EL RECONOCIMIENTO DEL IRIS .....	13
1.5.1. <i>Módulo de Adquisición del Iris</i> .....	14
1.5.2. <i>Módulo de Segmentación/Localización del Iris</i> .....	14
1.5.3. <i>Módulo de Normalización del Iris</i> .....	15
1.5.4. <i>Codificación de Iris y Comparación (“Matching”)</i> .....	15
1.6. MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN .....	16
1.7. ESTADO DEL ARTE.....	19
1.7.1. <i>Proyectos de Tesis</i> .....	19
1.7.2 <i>Proyectos de Investigación</i> .....	20
1.7.3. <i>Proyectos Comerciales</i> .....	24
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>25</b>
<b>PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>25</b>
2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	25
2.2. OBJETIVOS .....	25
2.2.1. <i>Objetivo General</i> .....	25
2.2.2. <i>Objetivos Particulares</i> .....	25
2.3. JUSTIFICACIÓN .....	25



<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>27</b>
<b>METODOLOGÍA PROPUESTA.....</b>	<b>27</b>
3.1. FASE DE INSCRIPCIÓN (ENROLLMENT) .....	28
3.2. FASE DE IDENTIFICACIÓN .....	29
3.3. MÓDULOS DEL SISTEMA .....	30
3.3.1. Sensor .....	30
3.3.2. Adquisición del iris .....	31
3.3.3. Procesamiento .....	32
Segmentación .....	32
Normalización .....	34
3.3.4. Extracción de características .....	34
3.3.5. Clasificación y Decisión .....	34
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>36</b>
<b>ANÁLISIS .....</b>	<b>36</b>
4.1. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD .....	36
4.1.1. Estudio de Factibilidad Técnica .....	36
4.1.2. Estudio de Factibilidad Económica.....	40
4.2. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS .....	42
4.2.1. Requerimientos Funcionales.....	42
4.2.2. Requerimientos No Funcionales.....	43
4.3 ANÁLISIS Y GESTIÓN DE RIESGOS .....	43
4.3.1. Objetivo del Análisis de Riesgos.....	43
4.3.2. Identificación de Riesgos .....	44
4.3.3. Análisis de riesgos .....	44
4.3.4. Planeación y Supervisión de riesgos .....	45
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>49</b>
<b>DISEÑO.....</b>	<b>49</b>
5.1 DIAGRAMA DE CASOS DE USO .....	49
5.2 DESCRIPCIÓN DE CASOS.....	50
5.2.1 Descripción detallada de los Actores del Sistema .....	50
5.2.2 Descripción detallada de los Casos de Uso.....	52
5.2.2.1 Caso de Uso 1: Administrar Información.....	52
5.2.2.2 Caso de Uso 2: Alta de Usuario.....	52
5.2.2.3 Caso de Uso 3: Baja de Usuario .....	53
5.2.2.4 Caso de Uso 4: Modificar Usuario.....	54
5.2.2.5 Caso de Uso 5: Posicionar Ojo .....	54
5.2.2.6 Caso de Uso 6: Obtención de Imagen .....	55
5.2.2.7 Caso de Uso 7: Procesamiento de la Imagen .....	55
5.2.2.8 Caso de Uso 8: Extracción de Características.....	56
5.2.2.9 Caso de Uso 9: Plantilla de Características .....	56
5.2.2.10 Caso de Uso 10: Almacenar Información.....	57
5.2.2.11 Caso de Uso 11: Comparar Plantilla .....	58
5.2.2.3 Caso de Uso 12: Identificar Usuario .....	58
5.2.3 Trayectorias de casos de uso .....	59
5.3 DIAGRAMA DE CLASES .....	62
5.4 DIAGRAMAS DE SECUENCIA.....	63

5.4.1 Diagrama de Secuencia de Acceso al Sistema.....	63
5.4.2 Diagrama de Secuencia de Alta de Usuario ( fase de Inscripción) .....	63
5.4.3 Diagrama de Secuencia de Modificación de Usuario .....	64
5.4.4 Diagrama de Secuencia de Baja de Usuario .....	64
5.4.2 Diagrama de Secuencia de la Fase de Identificación.....	66
5.5 DIAGRAMAS DE DISEÑO DE BASES DE DATOS .....	67
5.5.1 DIAGRAMA ENTIDAD RELACIÓN .....	67
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>68</b>
<b>DESARROLLO.....</b>	<b>68</b>
6.1 HERRAMIENTAS.....	68
6.1.1 Aplicaciones .....	68
6.2 CONSTRUCCIÓN DEL SENSOR .....	69
6.3 OBTENCIÓN DEL BANCO DE IMÁGENES .....	72
6.4 PROCESAMIENTO .....	73
6.4.1 Segmentación.....	73
Escala de Grises.....	73
Filtro Canny.....	74
Filtro Smooth.....	74
Transformada de Hough .....	76
Áreas de Interés ROI (Region Of Interest) .....	77
6.4.2 Normalización .....	78
6.4.3 Región de Interés 2 .....	78
6.5 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS .....	79
6.6 CLASIFICACIÓN Y DECISIÓN .....	79
6.7 INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO.....	80
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
<b>TRABAJO A FUTURO.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estado del Arte: Proyectos de Tesis.....	20
Tabla 2. Estado del Arte: Proyectos de Investigación.....	23
Tabla 3. Estado del Arte: Proyectos Comerciales.....	24
Tabla 4. Características del Sensor .....	31
Tabla 5. Estudio de Factibilidad: Sistema Operativo .....	37
Tabla 6. Estudio de Factibilidad: Entorno de Desarrollo.....	38
Tabla 7. Estudio de Factibilidad: Sistema Gestor de Base de Datos.....	39
Tabla 8. Costos del material de desarrollo .....	40
Tabla 9. Gastos Generales 1 .....	40
Tabla 10. Gastos Generales 2.....	41
Tabla 11. Requerimientos Funcionales.....	42
Tabla 12. Requerimientos No Funcionales.....	43
Tabla 13. Identificación de Riesgos.....	44

Tabla 14. Análisis de Riesgos.....	45
Tabla 15. Planeación y Supervisión de riesgos 1.....	45
Tabla 16. Planeación y Supervisión de riesgos 2.....	46
Tabla 17. Planeación y Supervisión de riesgos 3.....	46
Tabla 18. Planeación y Supervisión de riesgos 4.....	47
Tabla 19. Planeación y Supervisión de riesgos 5.....	47
Tabla 20. Planeación y Supervisión de riesgos 6.....	48
Tabla 21. Descripción del actor Administrador.....	50
Tabla 22. Descripción del actor Nuevo Usuario.....	50
Tabla 23. Descripción del actor Usuario Inscrito.....	51
Tabla 24. Descripción del actor Sistema.....	52
Tabla 25. Descripción de Caso de Uso Administrar Información.....	52
Tabla 26. Descripción de Caso de Uso Alta de Usuario.....	53
Tabla 27. Descripción de Caso de Uso Baja de Usuario.....	53
Tabla 28. Descripción de Caso de Uso Modificar Usuario.....	54
Tabla 29. Descripción de Caso de Uso Posicionar Ojo.....	54
Tabla 30. Descripción de Caso de Uso Obtención de la Imagen.....	55
Tabla 31. Descripción de Caso de Uso Procesamiento de la Imagen.....	56
Tabla 32. Descripción de Caso de Uso Extracción de Características.....	56
Tabla 33. Descripción de Caso de Uso Plantilla de Características.....	57
Tabla 34. Descripción de Caso de Uso Almacenar Información.....	57
Tabla 35. Descripción de Caso de Uso Comparar Plantilla.....	58
Tabla 36. Descripción de Caso de Uso Modificar Usuario.....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Métodos básicos de reconocimiento.....	5
Figura 2. Rasgos biométricos en una persona.....	6
Figura 3. Ejemplos de rasgos del cuerpo utilizados en la biometría.....	9
Figura 4. Comunes características extraídas en la fase de Extracción.....	11
Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema de reconocimiento del iris.....	13
Figura 6. Dispositivos comúnmente usados en la adquisición de imágenes del iris.....	14
Figura 7. Segmentación del iris utilizando el operador Integro Diferencial.....	14
Figura 8. Normalización del iris por medio del método de Daugman's Rubber sheet.....	15
Figura 9. Comparación de la imagen del iris con base a otras.....	15
Figura 10. Ejemplo de K-NN con distancia media.....	17
Figura 11. Diagrama de la metodología en Cascada.....	27
Figura 12. Modelo del sistema de identificación por medio del iris. Inscripción (Enrollment).....	28
Figura 13. Modulo del Sistema de identificación de personas mediante el reconocimiento del iris. Identificación.....	29
Figura 14. Dispositivo mediante el cual se realiza la adquisición de la imagen.....	30
Figura 15. Imagen del iris adquirida de una persona.....	31
Figura 16. Segmentación de la imagen del iris.....	33

---

Figura 17. Normalización de la imagen del iris. Conversión de coordenadas cartesianas a pseudo-polares. ....	34
Figura 18. Algoritmo K-NN.....	35

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Casos de Uso .....	49
Diagrama 2. Clases.....	62
Diagrama 3. Secuencia Acceso al Sistema.....	63
Diagrama 4. Secuencia Alta Usuario .....	63
Diagrama 5. Secuencia Modificación de Usuario .....	64
Diagrama 6. Secuencia Baja Usuario.....	65
Diagrama 7. Secuencia Identificación.....	66
Diagrama 8. Entidad Relación. ....	67

---

# INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, el aspecto de seguridad ha sido de suma importancia para evitar el acceso de personas no deseadas a información personal o a lugares privados. En la sociedad actual gran parte del trabajo cotidiano requiere del uso de información confidencial como números de cuentas bancarias, acceso a fuentes de información privadas, y diversas aplicaciones que implican la necesidad de mantener un acceso restringido de personas [1]. Es por ello que hoy en día existen numerosos mecanismos que ayudan a preservar la seguridad del usuario en cuanto al acceso de recursos privados.

La identificación de personas, en términos de seguridad, es el proceso por el cual un usuario se identifica de forma unívoca entre un grupo de personas, para lograr el acceso a un recurso restringido [2, p. 2].

Para desarrollar sistemas de seguridad se utilizan tres principios de identificación de personas: prueba de que se tiene algo (una llave, una tarjeta,...), prueba de que se sabe algo (una combinación, una clave, PIN,...), y prueba de que la persona es quien dice ser. La Biometría se basa en el tercer principio [2, p. 2].

La biometría se define como la ciencia por la que se puede identificar a una persona basándose en sus características fisiológicas o de comportamiento, es decir algo que el ser humano posee de manera intrínseca o internamente. Este término comprende un amplio campo de tecnologías mediante el uso de las cuales se permite verificar la identidad de una persona a partir del análisis de estas características, confiando en atributos propios de cada individuo en lugar de cosas que conocen o poseen [3].

Un sistema biométrico mide una o más características físicas o de comportamiento de una persona, incluyendo huellas dactilares, huella de la mano, rostro, iris, retina, oreja, voz, firma, modo de caminar (pasos), venas de la mano, olor y el ADN, para determinar o verificar su identidad. Estas características también se conocen como rasgos, identificadores, indicadores ó modalidades [4].

Dentro de los sistemas biométricos, el reconocimiento de iris representa una técnica fiable debido a las bondades que posee la textura del iris, ya que en ésta se encuentran múltiples entidades anatómicas que conforman su estructura, además de que se ha comprobado su confiabilidad y precisión en el desarrollo de sistemas biométricos y como objeto de estudio [5].

Gran parte de las aplicaciones biométricas enfocadas al iris están relacionadas con la seguridad, como control de migración y fronteras, investigación criminal, acceso a cajas

---

de seguridad, telecomunicaciones (acceso a móviles), seguridad en entornos informáticos (acceso a ordenadores personales, redes, etc.) y sistemas de control de acceso tanto en edificios institucionales, corporativos, gubernamentales y residenciales [6].

## ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

En el capítulo 1 presentamos la base teórica de nuestro proyecto, desde lo general a lo particular, iniciando con una breve introducción a la seguridad de los sistemas, mencionamos cuáles son los mecanismos que debe considerar un sistema de seguridad (3 principios básicos para el reconocimiento de personas) y posteriormente introduciéndonos a la Biometría como tal, su definición, los mecanismos que emplea y los tipos de sistemas biométricos que existen en la actualidad. Se mencionan los módulos en los que cualquier sistema biométrico se basa y se explica a detalle los módulos de un sistema de reconocimiento de iris. Se presenta una tabla comparativa, clasificada en proyectos de Tesis, Investigación y Comerciales.

En el capítulo 2 se presenta una investigación acerca de la problemática, qué pretendemos obtener con el desarrollo del sistema y una justificación acerca del por qué creemos que el desarrollo del sistema resuelve los aspectos planteados en el planteamiento del problema.

En el capítulo 3 se muestra la metodología propuesta por el equipo de trabajo, se explica la funcionalidad del sistema de reconocimiento de iris, dividida por módulos principales explicados a detalle y una imagen alusiva a el resultado de dichos módulos.

En el capítulo 4 observa el estudio de factibilidad realizado del proyecto (técnica, económica y operacional), dónde se analiza qué tan factible o realizable resulta el desarrollo e implementación del sistema, considerando los recursos y costos de los mismos.

En el capítulo 5 se describe el sistema de manera detallada, con apoyo de diagramas UML, especificaciones de los casos de uso y una breve descripción de cada uno de ellos permite conocer a profundidad la funcionalidad del sistema.

En el capítulo 6 se muestran los avances realizados, específicamente la recopilación del banco de datos (imágenes de iris), y la construcción de la herramienta que servirá de sensor o mejor conocido como cámara, y una breve descripción de lo ya mencionado.

---

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Seguridad

Desde la antigüedad, la seguridad ha sido un tema del cual se desprende el desarrollo de diversas técnicas para evitar el acceso de personas no deseadas a información personal o a lugares privados. Es por ello que ha sido necesario desarrollar aplicaciones y sistemas que ayuden a preservar la seguridad del usuario en cuanto al acceso a esta información, de manera que es un aspecto muy importante garantizar que la información se maneje de forma fiable y confiable [7].

En la época romana ya existían algunos códigos, como el denominado Cesar, o técnicas griegas de envío de información cifrada como la escítala, que fueron desarrollados para conseguir ocultar la información. Así en la Edad Media se utilizaban discos de cifrado y más tarde durante la Segunda Guerra Mundial se usaron máquinas basadas en rotores para llevar a cabo el cifrado de la información. Más tarde, estas técnicas llevaron poco a poco al desarrollo y uso de los ordenadores, para desarrollar algoritmos criptográficos más complejos, los cuales permitían llevar a cabo los procesos de intercambio de información de manera más o menos fiable. Sin embargo, ninguno de los procesos desarrollados hasta la fecha garantiza totalmente que no se puedan configurar procesos inversos que permitan descifrar la información en curso [8, p. 11].

Debido a esto, se continúa con la investigación de nuevos sistemas que logren garantizar la seguridad, lo que da lugar al uso de técnicas, tales como la criptografía cuántica o la biometría. La primera, es hasta la fecha un tema de gran desarrollo pero exclusivamente teórico, debido a la complejidad de los fundamentos de la misma. Sin embargo, la biometría es una realidad, que avanza cada vez más, y que trata de introducirse en cantidad de aspectos relacionados con el control de accesos [8, p. 11].

Para el desarrollo de sistemas de seguridad, se consideran tres factores diferentes: algo que se sabe (una combinación, una clave, PIN,...), algo que se tiene (una llave, una tarjeta,...) o algo que se es (biometría) [2, p.2].

Diariamente, tanto los sistemas informáticos como las personas utilizan sistemas de reconocimiento para identificar personas. Se pueden combinar los tres factores de formas diferentes para conseguir mayores niveles de seguridad. Esta combinación conlleva sin duda un aumento en la seguridad del sistema, aunque igualmente representa un incremento en la complejidad del mismo [2].

---

## 1.2 Reconocimiento de personas

La idea fundamental para el manejo de la identidad es establecer una asociación entre un individuo y su identidad personal, este proceso es conocido como reconocimiento de personas [2].

Una persona puede ser reconocida con base en tres principios fundamentales

- A) Algo que sabe (contraseña, nip, llave criptográfica).
- B) Algo que se posee extrínsecamente (certificados digitales, credenciales, tarjetas de acceso, llaves).
- C) Quién es intrínsecamente (Biometría).

En la figura 1 se muestra los métodos tradicionales de reconocimiento de personas, es decir la manera en que podemos verlos de una manera más explícita.

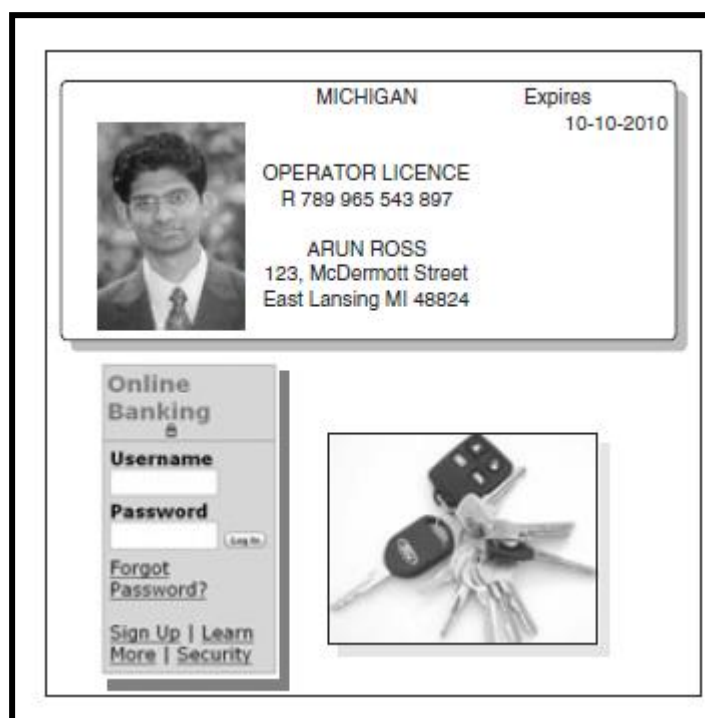
En la actualidad, cualquier persona trae consigo tarjetas de identificación diversas, relativas a diferentes organizaciones públicas o privadas (bancos, bibliotecas, gimnasios,...). El objetivo principal de estas credenciales es identificar a la persona que la porta como poseedor de privilegios y responsabilidades relativas al motivo de dicha credencial [2].

Los sistemas de identificación son importantes al momento de verificar la identidad de una persona dada que trata de acceder ya sea física o virtualmente a un lugar o recurso. De esta manera los sistemas de verificación de identidad permiten resolver el problema de aclarar si una persona es quien dice ser.

Para implementar el nivel de seguridad, un sistema de identificación personal debe asegurar:

- Que las normas y procedimientos para procesar y monitorizar el uso de la credencial son los correctos.
- El establecimiento de los procedimientos de manipulación de los ciclos de vida del sistema.
- Entrenamiento adecuado para manipuladores y usuarios del sistema.
- Uso de un sistema de protección de datos de los usuarios registrados, con el fin de evitar acceso o modificaciones de los datos almacenados.
- Control de seguridad para el acceso a los datos de los usuarios por parte de personas autorizadas.
- Las credenciales solo serán otorgadas y manipuladas por la organización relacionada.
- La identidad de la persona que requiere la credencial se ha establecido fielmente.





**Figura 1. Métodos básicos de reconocimiento [2, p. 3]**

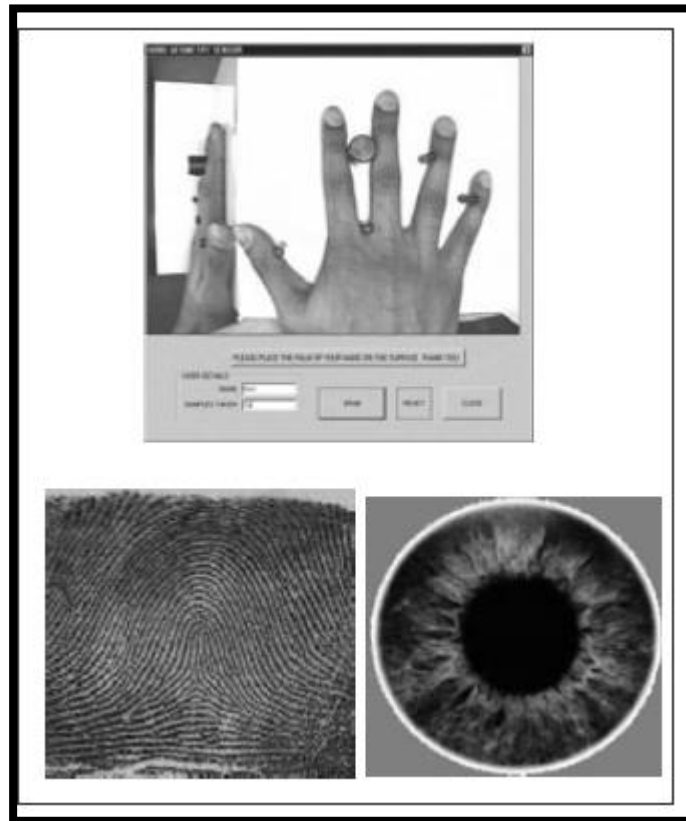
## 1.3. Introducción a la biometría

### 1.3.1. Concepto de biometría

La biometría, se define como la ciencia por la que se puede identificar a una persona basándose en sus características fisiológicas o de comportamiento, es decir, algo que el ser humano posee de manera intrínseca. Este término comprende un amplio espectro de tecnologías mediante el uso de las cuales se permite verificar la identidad de una persona a partir del análisis de la medida de estas características, tomando en cuenta atributos propios de cada individuo en lugar de cosas que conocen o poseen [2, p. 3].

Los distintos tipos de tecnología biométrica varían en complejidad, capacidades y modo de funcionamiento, y pueden ser usadas para verificar o establecer la identidad de una persona. Este grupo de tecnologías puede ser usado por si solo o en combinación con algunos de los otros factores con el fin de reforzar la seguridad [9, p.2].

La biometría presenta diversas ventajas respecto a las tecnologías desarrolladas en base a los otros dos factores, ya que es imposible que se le pierda u olvide a una persona su característica biométrica, siendo solo susceptible de falsificación, y en muchos casos, esta posibilidad de fraude al sistema ha sido estudiada y eliminada. La tecnología es por tanto capaz de aprovechar rasgos característicos de las personas, ya sean de carácter físico o de comportamiento, para llevar a cabo el reconocimiento de una persona de manera automática [10].



**Figura 2. Rasgos biométricos en una persona [2, p. 3]**

### 1.3.2. Tipos de sistemas biométricos

En el uso de tecnología biométrica para la identificación personal, los sistemas llevan a cabo medidas de las características tanto físicas como psicológicas, procediendo de manera directa sobre la parte del cuerpo de la persona, en lo que se denomina biometría estática o fisiológica, y a partir de la obtención de información derivada de diversas acciones comunes en cada persona, esto es en los casos de identificación mediante características psicológicas o de comportamiento, que determinan la biometría de tipo dinámico[2].

Las características físicas de una persona son relativamente estables, sin embargo, una característica relativa al comportamiento puede verse alterada por diversos motivos psicológicos o de situación del medio ambiente [11].

#### 1.3.3.1. Reconocimiento biométrico de Cara

La tecnología de reconocimiento facial, analiza las características de la imagen de la cara de una persona, obtenida mediante una cámara. A partir de esta imagen se mide la estructura facial general, incluyendo nariz, boca, las distancias entre ojos y otros aspectos

---

(como los contornos superiores de la cuenca de los ojos, el área circundante de los pómulos o los contornos cercanos a la boca). Estas medidas se almacenan en una base de datos, y se utilizan como base para la comparación sobre la imagen tomada posteriormente [11].

#### ***1.3.3.2. Reconocimiento biométrico de Huellas Dactilares***

Para el método de análisis de huellas dactilares, se toma una imagen de la huella para llevar a cabo un proceso que concluirá con la obtención de un registro de esta. Se registran espirales, arcos y curvas, junto con los patrones de crestas, surcos y puntos específicos locales de los caballetes que se localizan tanto en los finales de los mismos, como en las bifurcaciones (minucias), de los cuales se determina la posición  $x$  e  $y$ , y las variables direccionales. La extracción de características se determina por los datos obtenidos por la impresión producida por las crestas de las yemas de los dedos [11].

#### ***1.3.3.3. Reconocimiento biométrico de la Geometría de la mano***

El estudio de la geometría de la mano comprende el análisis y la medida de las formas de la mano de una persona, es un proceso sencillo, eficaz y preciso. Las manos de una persona no tienen por qué ser únicas, sin embargo, la combinación de varios rasgos y medidas, tanto de los contornos como de los dedos y las relaciones entre estas, permiten llevar a cabo procesos de verificación totalmente válidos, para lo cual proceso toma alrededor de 96 medidas de la mano, incluyendo altura y anchura, la longitud de los dedos, el contorno de los nudillos y la distancia entre articulaciones [11].

#### ***1.3.3.4. Reconocimiento biométrico de Retina***

El reconocimiento biométrico basado en la retina, analiza el fino estrato de la parte posterior del ojo, que procesa la luz que atraviesa la pupila, y que contiene numerosos vasos sanguíneos. Los patrones de la retina son rasgos muy distintivos, de manera que cada ojo tiene su patrón completamente único de vasos sanguíneos. Aunque en general el patrón de cada ojo permanece constante a lo largo de la vida de un ser humano, este puede verse afectado por enfermedades como el glaucoma, diabetes, etc. [11].

#### ***1.3.3.5. Reconocimiento biométrico de Firma***

La identificación por medio de la firma de un usuario, es un proceso que trata de reconocer la firma manuscrita de un individuo. Este es un tipo de reconocimiento biométrico, que se incluye dentro del tipo dinámico o de comportamiento. La firmase trata como una serie de movimientos que contiene información biométrica propia de cada individuo, tal como ritmo de escritura, aceleración o el flujo de presión ejercida durante el proceso. Es decir, esta tecnología trata de analizar cómo cada persona lleva a cabo su firma en base a su propio comportamiento [11].

---

#### ***1.3.3.6. Reconocimiento biométrico de Voz***

En los sistemas de reconocimiento de voz, el objetivo es reconocer una serie de rasgos distintivos, como puede ser un conjunto de sonidos y sus características para poder confirmar si el usuario realmente es quien dice ser. El reconocimiento de voz es una técnica biométrica basada en el comportamiento [11].

Los instrumentos para el reconocimiento de voz, miden el espectro de ésta en el tiempo. Esta forma de reconocimiento está basada en la similitud entre la voz recogida por un sensor y la voz almacenada en uno de los patrones [11].

#### ***1.3.3.7. Reconocimiento biométrico de la Dinámica de Tecleo***

Se ha demostrado en diversos estudios que el patrón de tecleo de un usuario es un rasgo biométrico. Para implementar un sistema de este tipo, tan solo se requiere de un teclado convencional y del software desarrollado necesario [11].

Esta técnica también es conocida con otros nombres tales como: dinámica de teclado, análisis de pulsaciones, biometría de mecanografía o ritmo mecanográfico [11].

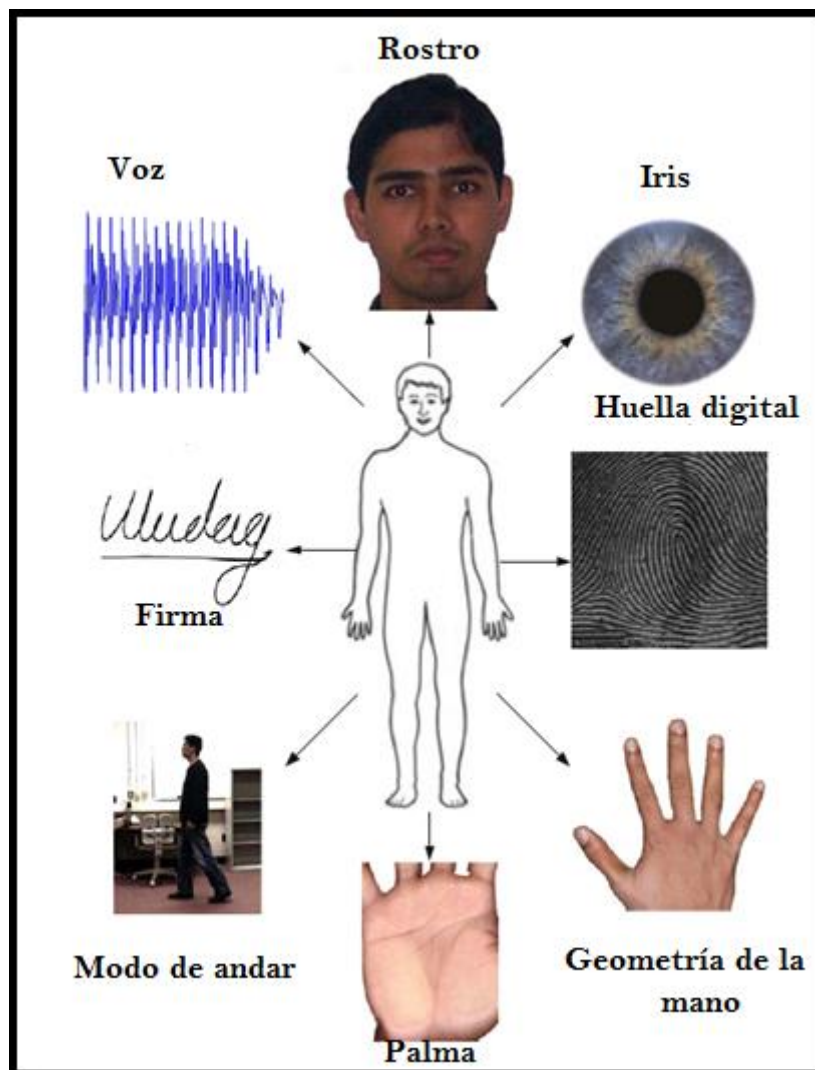
#### ***1.3.3.8 . Reconocimiento biométrico de Iris***

El proceso biométrico de reconocimiento por medio del iris, se basa en el análisis del característico anillo de color que envuelve la pupila del ojo. Este método se explicará con detalle en los siguientes capítulos [11].

#### ***1.3.3.9. Reconocimiento biométrico de ADN***

Las técnicas de reconocimiento basadas en la identificación del ADN, hacen uso de tan solo un 10% del total del ADN. El ADN de una persona puede aislarse a partir de una muestra de sangre, saliva, orina, pelo, diente, hueso, tejido, etc., por lo tanto se cuenta con diversas fuentes de evidencia biológica que representan a un mismo individuo [11].

Para el caso de uso de ADN como un rasgo biométrico, es necesario transformar la muestra obtenida en una plantilla. Las dos técnicas de generación de plantillas mediante el ADN, se denominan Huella de ADN (DNA Fingerprinting) y Perfil de ADN (DNA Profile) [11].



**Figura 3. Ejemplos de rasgos del cuerpo utilizados en la biometría [2, p. 5].**

#### **1.3.3.10. Otras técnicas biométricas**

Existen algunas otras técnicas que podrían ser utilizadas para el reconocimiento biométrico. Los posibles rasgos biométricos pueden ser: forma de la oreja, olor corporal, patrones de venas (de la muñeca, mano o cara), geometría de dedos, estudio de las zonas blancas de las uñas, termografías corporales o faciales, reconocimiento de los patrones de movimiento (modo de caminar o andar), análisis de la dentadura, etc. [11].

#### **1.4. Sistemas Biométricos**

¿Cómo es que funciona un sistema biométrico de identificación de un usuario basándose en sus características físicas y / o de comportamiento? [2]

Este proceso consta de dos partes fundamentales a saber, la inscripción y la de reconocimiento. Durante la fase de inscripción, los datos biométricos se adquieren a partir del individuo y se almacenan en una base de datos junto con la identidad de dicho individuo. Típicamente, los datos biométricos adquiridos son procesados para extraer distintas características sobresalientes [2].

---

En muchos casos, sólo el conjunto de características que se extrajo es el único que se almacena, mientras que el ruido en los datos biométricos es descartado. Durante la fase de reconocimiento, los datos biométricos vuelven a adquirirse del individuo y se comparan con los datos almacenados para determinar la identidad del usuario. Por lo tanto, un sistema biométrico es esencialmente un reconocimiento de patrones, sistema que consta de cuatro componentes básicos, (a) sensor, (b) extractor de características, (c) base de datos, y (d) comparador [2].

### **1.4.1. Componentes básicos de un Sistema Biométrico**

#### **1.4.1.1. Sensor**

Básicamente es una interfaz de usuario adecuada que incorpora el sensor biométrico o lector que se necesita para medir o registrar los datos biométricos del usuario. Por ejemplo, un sensor óptico de huellas dactilares se puede utilizar para la imagen del patrón de crestas de fricción en la punta del dedo [2].

El diseño de una buena interfaz de usuario (o humano-máquina) es fundamental para la implementación exitosa de un sistema biométrico. Debe ser una interfaz intuitiva, ergonómica y fácil de usar puede facilitar la interacción del usuario y hacerla rápida para permitir la adquisición de muestras de calidad [2].

La calidad de las muestras biométricas, también depende de las características del sensor utilizado. Para la mayoría de las modalidades biométricas, los datos son tomados en la forma de imágenes de dos dimensiones (por ejemplo, la huella digital, cara, iris, etc.). Las excepciones incluyen voz (1-dimensionales señales de amplitud), firma en línea (presión de la pluma, la posición y la velocidad), el olor y el ADN (basada en productos químicos) [2].

Para la imagen basada en datos, factores como la resolución, velocidad de cuadro y la sensibilidad de la cámara juegan un papel importante en la determinación de la calidad de la imagen. También se pueden tener en cuenta las características demográficas de la población objetivo como la edad y el género y otros temas culturales (por ejemplo, algunos usuarios pueden ser sensibles a la luz que produce el flash de la cámara), mientras se realiza el diseño del módulo sensor. Además, factores como el coste, el tamaño, y la durabilidad también repercuten en el diseño del sensor [2].

#### **1.4.1.2. Extracción de características**

Por lo general, los datos biométricos obtenidos desde el sensor se someten a un pre-procesamiento de operaciones antes de que las características sean extraídas de ellos [2].

Los tres pasos más comúnmente utilizados para el pre-procesamiento son: (a) evaluación de la calidad, (b) mejora, y (c) segmentación [2].

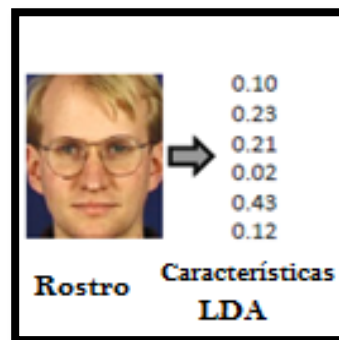
En primer lugar, la calidad de las muestras adquiridas debe ser accedida para determinar su idoneidad para su posterior procesamiento. Si los datos analizados no son de

---

calidad suficiente, hay dos opciones: volver a adquirir los datos por parte del usuario o desencadenar una excepción (alarma de fallo) que alerta al administrador de que el sistema active adecuados procedimientos alternativos (que suele implicar algún tipo de intervención manual por parte del operador del sistema) [2].

El siguiente paso de procesamiento previo, se conoce como segmentación, donde el objetivo es separar los datos biométricos necesarios del ruido de fondo. La detección de una cara en una imagen desordenada es un buen ejemplo de la segmentación [2].

Finalmente, los datos biométricos segmentados se someten a un algoritmo de mejora de la señal con el fin de mejorar su calidad y reducir aún más el ruido. En el caso de datos de imagen, algoritmos de mejora como el alisado o igualación de histograma se puede aplicar para minimizar el ruido introducido por la cámara o las variaciones de iluminación [2].



**Figura 4. Comunes características extraídas en la fase de Extracción. [2, p. 8]**

En algunos casos, los anteriores pasos de pre-procesamiento pueden ser inseparables de la etapa de extracción de características real. Por ejemplo, la evaluación de la calidad en sí mismo puede implicar la extracción de algunas de las características de los datos biométricos adquiridos, basado en sistemas biométricos. Durante la inscripción (toma de la primeras muestras), la plantilla se almacena en la base de datos central del sistema biométrico o se registra en una memoria (por ejemplo, tarjeta, inteligente) expedido a la persona sobre la base de la naturaleza de la aplicación [2].

En el momento del reconocimiento, la plantilla se recupera de la base de datos, y se compara con el conjunto de características extraídas de la muestra nueva adquirida del usuario. Este nuevo conjunto de características obtenido en la fase de reconocimiento se refiere generalmente como de consulta o de entrada. En muchos sistemas basados en imágenes biométricos (por ejemplo, la cara o la huella digital), las imágenes biométricas también pueden ser almacenados en la base de datos junto con las plantillas durante la inscripción. Tales imágenes son a menudo conocidos como galería de imágenes, imágenes de referencia, las imágenes almacenadas, imágenes o inscripción [2].

Las imágenes adquiridas durante el reconocimiento se conocen como imágenes de la sonda de consulta, o imágenes de entrada. La plantilla de un usuario puede ser extraída

---

de una muestra biométrica única, o generados por el procesamiento de muestras múltiples adquiridas durante la inscripción. Así, la plantilla de puntos característicos de un dedo puede ser extraído después de mosaicos (combinación) impresiones múltiples de un mismo dedo [2].

Algunos sistemas deben almacenar múltiples plantillas con el fin de dar cuenta de las grandes variaciones que se pueden observar en los datos biométricos de un usuario. Sistemas de reconocimiento facial, por ejemplo, puede almacenar varias plantillas de un individuo, con cada plantilla correspondiente a una diferente posición del rostro, posan con respecto a la cámara [2].

#### *1.4.1.3. Base de Datos*

La base de datos del sistema biométrico actúa como repositorio de información biométrica. Durante el proceso de inscripción, el conjunto de características extraídas de la muestra biométrica (es decir, la plantilla) se almacena en la base de datos junto con información de identidad personal (como el nombre, número de identificación personal (PIN), dirección, etc.) la caracterización del usuario [2].

Una de las decisiones clave en el diseño de un sistema biométrico, es si va a utilizar una base de datos centralizada o una descentralizada. Almacenar todas las plantillas en una base de datos central puede ser beneficioso desde una perspectiva de seguridad del sistema, ya que los datos se pueden asegurar mediante aislamiento físico y por tener estrictos mecanismos de control de acceso [2].

Por otra parte, el compromiso de una base de datos central tendría consecuencias mucho mayores que el compromiso de uno de los sitios en la base de datos descentralizada. Esto se debe a que personas malintencionadas (administradores corruptos o hackers) pueden abusar de la información biométrica almacenada en la base de datos y comprometer la privacidad de los usuarios inocentes [2].

#### *1.4.1.4. Comparación*

El propósito de este modulo en un sistema biométrico, es el de comparar las características de consulta contra las plantillas almacenadas para generar puntuaciones. El resultado es una medida de la similitud entre la plantilla y la consulta. Por lo tanto, un resultado más grande indica una mayor similitud entre la plantilla y la consulta [2].

Si una comparación mide la disimilitud (en lugar de la similitud) entre los dos conjuntos de características, la puntuación se refiere como una puntuación distancia. Una puntuación menor indica una mayor distancia similitud [2].

En un sistema biométrico de huella dactilar basado en el número de minucias coincidentes entre la entrada y los conjuntos característicos de las plantillas se puede considerar como el grado de similitud (resultado) [2].



El resultado también se puede moderar basado en la calidad de los datos biométricos presentados. El módulo comparador también encapsula un módulo de toma de decisiones, en los que las puntuaciones de coincidencia se usan para validar o bien corroborar una identidad reclamada o proporcionar una clasificación de las identidades inscritas con el fin de identificar a un individuo [2].

### 1.5. Sistema Biométrico basado en el Reconocimiento del Iris

La textura del iris es muy rica, es decir, se puede utilizar como una señal de reconocimiento biométrico persona. La riqueza y la variabilidad observada en la textura del iris, es debido a la aglomeración de múltiples entidades anatómicas que componen su estructura. Debido a la presencia de información distintiva en múltiples escalas, un enfoque de la señal basada en ondas de procesamiento se utiliza comúnmente para extraer características del iris [2].

Uno de los métodos más populares para el reconocimiento del iris, es generar un código binario para representar y combinar pares de iris. En primer lugar, una rutina de segmentación se utiliza para detectar la región del iris de la imagen ocular capturada por la cámara. Lo siguiente es un método de normalización geométrica que se utiliza para transformar la región iris casi anular en una entidad rectangular. Entonces, esta entidad rectangular se convolucionona con un filtro de Gabor, esto resulta en una respuesta compleja, y la información de fase de la respuesta resultante se cuantifica en un código binario, comúnmente referido como el código de iris. Finalmente, la distancia de Hamming se usa para comparar dos códigos de iris y generar un resultado de la partida, que se utiliza para el reconocimiento biométrico, en la figura 5 podemos observar de manera general el diagrama de bloques de un sistema de reconocimiento del iris [2].

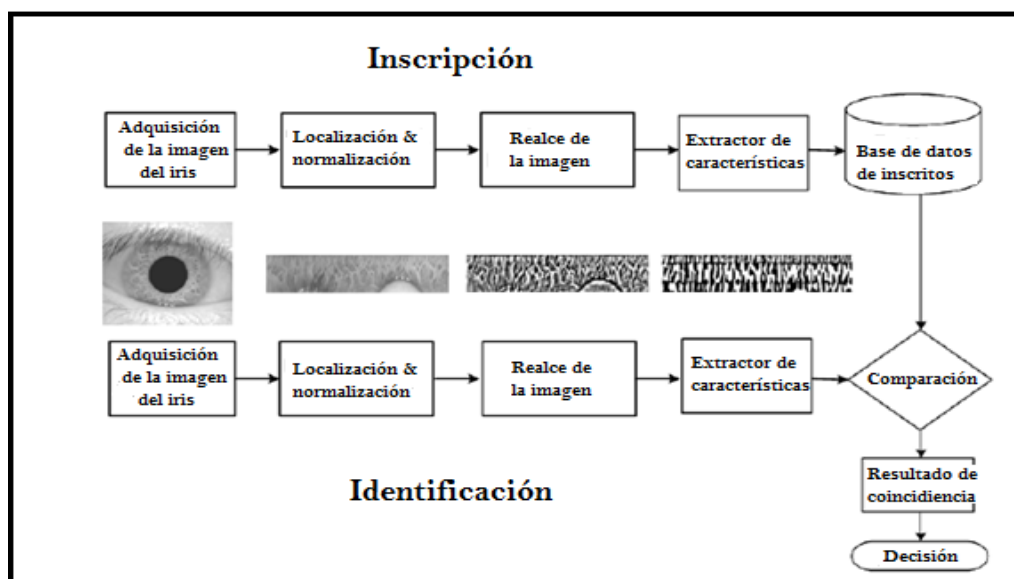


Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema de reconocimiento del iris. [2, p. 144]

### 1.5.1. Módulo de Adquisición del Iris

El rol del módulo de adquisición es obtener una imagen en 2D de un ojo. Generalmente los sistemas de reconocimiento de iris capturan una serie de imágenes con la participación de un individuo para colocar su ojo en las proximidades de la cámara. Y con base en un esquema de evaluación de la calidad, conserva sólo unas pocas imágenes que se considera, tienen suficiente información de la textura del iris para procesamientos futuros [2].



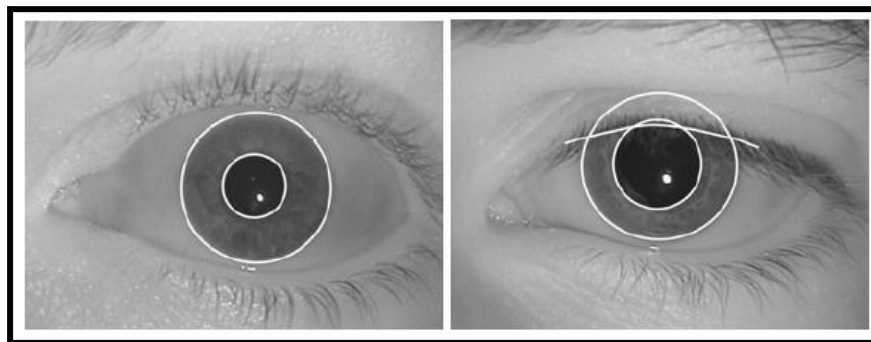
**Figura 6. Dispositivos comúnmente usados en la adquisición de imágenes del iris. [2, p. 150]**

### 1.5.2. Módulo de Segmentación/Localización del Iris

El módulo de segmentación localiza la extensión espacial del iris en la imagen del ojo aislándolo de otras estructuras presentes en sus proximidades, estas estructuras incluyen la pupila, párpados, pestañas y la esclerótica [2].

El proceso de localizar y aislar el iris de tal imagen se conoce como localización o “segmentación”. La tarea principal de la segmentación es determinar los píxeles de la imagen que corresponden a la región del iris, para ello se utiliza un operador integro-diferencial [2].

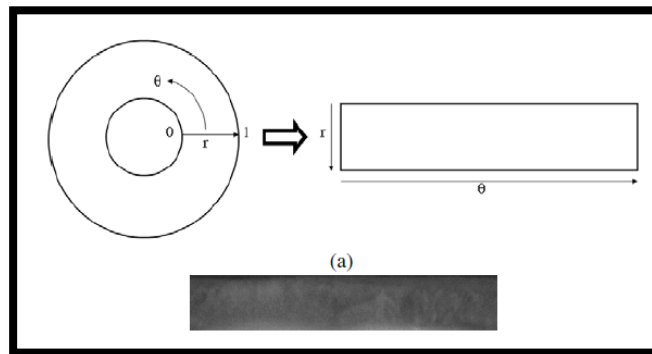
En algunos casos, cuando la imagen del ojo es interrumpida por los párpados, se requiere un post-procesamiento para detectar párpados y extraer los píxeles del iris de la región anular definidas por los dos contornos circulares [2].



**Figura 7. Segmentación del iris utilizando el operador Integro Diferencial. [2, p. 153]**

### 1.5.3. Módulo de Normalización del Iris

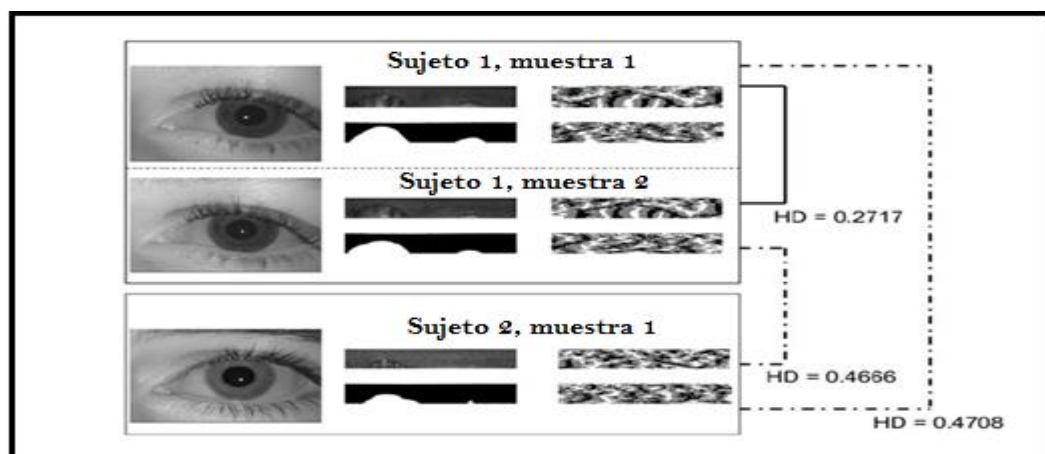
Para hacer frente a variaciones en el tamaño del iris, éste es segmentado, desenvuelto y convertido de coordenadas pseudo-polares a un sistema de coordenadas cartesianas normalizado. Esta operación de normalización se realiza mediante la representación del iris segmentado como una imagen rectangular, las filas de los cuales corresponden a las regiones concéntricas del iris. El algoritmo utilizado para esta transformación es conocido como Daugmans rubber sheet. Dónde cada punto en la región anular entre los dos límites circulares (es decir, la pupila y límites limbo) son coordenadas pseudo-polares  $(r, \theta)$ , donde  $r \in [0,1]$  y  $\theta \in [0,2\pi]$  [2].



**Figura 8. Normalización del iris por medio del método de Daugman's Rubber sheet. [2, p. 160]**

### 1.5.4. Codificación de Iris y Comparación ("Matching")

El proceso de extraer una característica numérica establecida en el iris es llamado codificación del iris o "Iris Encoding". Un mecanismo de codificación comúnmente utilizado es 2D Gabor Wavelet, para extraer la información de la textura del iris, esta información es codificada en código binario y puede ser comparada con la distancia de "Hamming", que computa el número de bits [2].



**Figura 9. Comparación de la imagen del iris con base a otras. [2, p. 163]**

---

## 1.6. Métodos de Clasificación

El problema de la clasificación es uno de los primeros que aparecen en la actividad científica y constituye un proceso sustancial con casi cualquier actividad humana, de tal manera que en la resolución de problemas y en la toma de decisiones, la primera parte de la tarea consiste precisamente en clasificar el problema o la situación, para después aplicar la metodología correspondiente y que en buena medida dependerá de esa clasificación [20].

Cuando hablamos de clasificar a un sujeto en un grupo determinado, a partir de los valores de una serie de parámetros medidos u observados, y esa clasificación tiene un cierto grado de incertidumbre, resulta razonable pensar en la utilización de una metodología probabilística, que nos permita cuantificar esa incertidumbre. Dentro de los métodos de clasificación, nos encontramos con el algoritmo K-NN [20].

### Algoritmo K-NN básico

K-NN es un método de clasificación de elementos u objetos, considerado "Lazy Learning" y de tipo no paramétrico, que se refiere a que no hace ninguna suposición sobre la distribución de datos. La idea básica sobre la que se fundamenta el algoritmo K-NN, es que clasifica un objeto nuevo en la clase a la que pertenecen sus K vecinos más cercanos. K-NN es un algoritmo de clasificación muy simple pero a la vez muy potente [12].

Supongamos que tenemos un conjunto de entrenamiento de N vectores de características. Estos vectores están agrupados en distintas clases (C1, C2, C3,..). Supongamos también que se introduce en el sistema nuevo un vector de características. El objetivo es determinar la clase a la que pertenece este vector [12]. Para determinar la clase a la que pertenece, el algoritmo K-NN busca los K vecinos más próximos al vector de entrada, y posteriormente realiza una valoración de las clases a las que pertenecen estos vectores vecinos. La valoración consiste en comparar las distancias existentes entre las clases [12].

Existen distintos algoritmos para realizar esta valoración, entre ellos encontramos la Distancia Euclidiana [12].

### Variantes sobre el algoritmo básico

#### K-NN con rechazo

La idea subyacente al K-NN con rechazo es que para poder clasificar un objeto, se deben tener ciertas garantías. Es por ello que puede ocurrir que un objeto no se clasifique si no existen ciertas garantías de que la clase a asignar sea la correcta [12].

---

### K-NN con distancia media

En el K-NN con distancia media se asigna un objeto nuevo a la clase cuya distancia media sea menor [12].

En la Figura 10, se observa que a pesar de que 5 de los 7 objetos más cercanos pertenecen a la clase 0, el objeto a clasificar, en este caso el punto, se clasifica como  $\Delta$ , ya que la distancia media a los dos objetos  $\Delta$  es menor a la distancia media a los cinco objetos 0 [12].

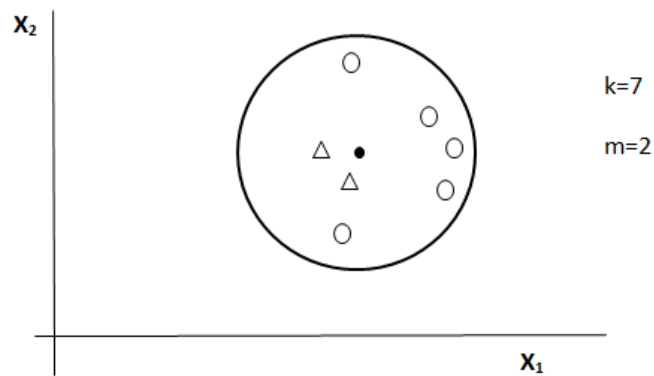


Figura 10. Ejemplo de K-NN con distancia media. [12]

### K-NN con distancia mínima

En el K-NN con distancia mínima se comienza seleccionando un objeto por clase, normalmente el objeto más cercano al baricentro de todos los elementos de dicha clase. En este paso se reduce la dimensión del fichero de objetos a almacenar de  $N$  a  $m$ . A continuación se asigna el nuevo objeto a la clase cuyo representante este más cercano [12].

El procedimiento anterior puede verse como un 1-NN aplicado a un conjunto de  $m$  objetos (uno por cada clase). El coste computacional es inferior al K-NN genérico, si bien su efectividad está condicionada a la homogeneidad dentro de las clases [12].

---

### **K-NN con pesado de casos seleccionados**

Con el K-NN se efectúa un pesado de los objetos seleccionados. La idea es que los  $K$  objetos seleccionados no se contabilicen de igual forma, sino que se tenga en cuenta la distancia de cada objeto seleccionado al nuevo objeto que se pretende seleccionar [12].

## 1.7. ESTADO DEL ARTE

### 1.7.1. Proyectos de Tesis

En la tabla que se muestra a continuación podemos ver un cuadro comparativo de algunos proyectos de tesis, basado en el reconocimiento del iris, destacando aquellas características relevantes sobre su desarrollo.

Proyecto	País	Año	Características
<b>Autenticación Biométrica de Personas por medio del Reconocimiento del Iris</b>	México, D.F.	2007	<p>Este sistema utilizó la base de datos CASIA Iris Image Database proporcionada por el Center for Biometrics and Security Research del Instituto de Automatización de la Academia China de Ciencias. Con las imágenes obtenidas del banco se aplicaron técnicas avanzadas de tratamiento de imágenes, y sobre éstas se aplicaron todas las pruebas necesarias para los módulos de pre-procesamiento (utilizando técnicas como ecualización y el estiramiento del histograma) y segmentación (empleando las máscaras de Sobel, Prewitt, Laplaciano y el operador de Canny, así como la Transformada de Hough para los bordes circulares) [7].</p> <p>Se ocuparon plataformas de libre distribución para su desarrollo (Sistema Operativo Linux en su distribución de Ubuntu 7.04, Lenguaje de programación Java J2SE v5.0 y el gestor de base de datos MySQL v5.0) [7].</p>
<b>Sistema de Reconocimiento de Personas mediante su Patrón de Iris basado en la</b>	España, Madrid	2006	<p>Se centra en la técnica de reconocimiento biométrico de iris. Uno de los fundamentos en los que se basa el diseño de este sistema, es el uso de la transformada wavelet, que permite el análisis de las señales unidimensionales obtenidas a partir de las imágenes del iris. Las bases de datos utilizadas son: CASIA</p>

Transformada Wavelet		Iris Database. (China); Palacky University Iris Database. (República Checa); University of Bath Iris Image Database. (Inglaterra); GBTNI. (Madrid). Matlab 6.5 [8].
Reconocimiento de iris	España, Barcelona	En este proyecto se propone una implementación open-source, basada en los algoritmos de J. Daugman, de un sistema de reconocimiento de iris. Los test realizados sobre una base de datos de 75 ojos demuestran el buen funcionamiento y la fiabilidad de la aplicación [13].

**Tabla 1. Estado del Arte: Proyectos de Tesis**

### 1.7.2 Proyectos de Investigación

A continuación vemos otra tabla comparativa, en este caso se muestran casos de investigación relacionado con el reconocimiento del iris, en estos podemos observar que en este tipo de trabajos, el punto principal del desarrollo, se basa en los algoritmos para el procesamiento de imágenes, caso contrario a las tesis que se enfoca mas en el desarrollo del software.

Proyecto	País	Año	Características
Iris Recognition Based on Using Ridgelet and Curvelet Transform	Tehran, Iran.	2011	<p>Dentro de los sistemas desarrollados con base en la autenticación de iris existe el proyecto (Reconocimiento de Iris basado en el uso de la Transformada Ridgelet y la Transformada Curvelet), el cual se basa en métodos de extracción de características nuevas utilizando la transformada Ridgelet y la transformada Curvelet para identificar las imágenes del iris, después de la segmentación y normalización, se extrae el área del "collarete" de las imágenes del iris [14].</p> <p>Entonces se mejora la calidad de la imagen mediante el uso de filtro mediano,</p>



		<p>ecualización de histograma, y el filtro de Wiener en dos dimensiones (2D) también. Finalmente la transformada ridgelet y la transformada curvelet se aplican para la extracción de características y luego los vectores de bits binarios son generados. La distancia de Hamming (HD) entre el vector de entrada de flujo de bits y vectores almacenados se calcula para identificación del iris [14].</p>
<p><b>Reconocimiento del iris</b></p>	<p>Perú 2006</p>	<p>Este proyecto se basa en el reconocimiento del iris, utilizando los modelos propuestos por el Físico John G. Daugman y propone una técnica que se basa en capturar la imagen del iris, y proceder a normalizarla a través de una conversión a coordenadas polares, y la aplicación contigua de ecuaciones diferenciales que permiten la obtención de un patrón denominado código del iris [15].</p> <p>Para la comparación de dos patrones, se utiliza la distancia de Hamming. Donde los resultados que se obtienen son muy eficientes y con mucha precisión, y cada vez se amplía su uso [15].</p>
<p><b>Sistema de Reconocimiento del Iris basado en las Dimensiones Fractales de los</b></p>	<p>India 2009</p>	<p>En este trabajo se propone un nuevo algoritmo para la clasificación automática de iris basado en las dimensiones fractales de la transformada Haar wavelet. Dimensiones fractales que son obtenidas a partir de múltiples características de escala, se utilizan para caracterizar las texturas completamente [16].</p> <p>Haar wavelet se aplica con el fin de extraer las características de escala múltiples a diferentes resoluciones de la imagen del iris. Dimensiones fractales se estiman a partir de estos patrones y un clasificador se utiliza para</p>

<p><b>Patrones de Haar</b></p>	<p>reconocer la imagen que se da a partir de una base de datos. Comparación de rendimiento que se realizó entre los diferentes clasificadores [16].</p> <p>El proceso implica las siguientes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(a) Segmentación del iris, donde se localiza el iris y es aislado del ruido debido a la esclerótica, la pupila, párpados y las pestañas;</li> <li>(b) Normalización, donde el iris es mapeado de un dominio polar a rectangular;</li> <li>(c) Descomposición, donde la entidad es proyectada dentro de 5 niveles Haar wavelet para descomponerse en patrones deterministas</li> <li>(d) Reducción del espacio de características, los coeficientes que representan el núcleo del patrón de iris se conservan y revelan información redundante que se elimina;</li> <li>(e) El modulo que contiene el método se utiliza para encontrar las dimensiones fractales de cada patrón y el conjunto de características es desarrollado con la ayuda de estas dimensiones;</li> <li>(f) Clasificación, clasificadores probabilísticas tanto probabilísticas y no como Bayes, distancia euclidiana y K Vecino más cercano y-euclidiana ponderada se utilizan en el experimento [16].</li> </ul>
<p><b>Experimentos en el Reconocimiento del Iris Humano usando el error de Repropagación de una Red Neuronal Artificial</b></p>	<p>Estados Unidos      2004</p> <p>Este documento ofrece manual para la adquisición de imágenes, segmentación, extracción de características y la formación de un patrón basado en la proyección de la imagen del iris humano [17].</p> <p>También muestra experimentos usando alimentación hacia delante de la Repropagación de la red neuronal en la clasificación de los patrones formados en la primera parte y verificar correctamente la identidad de uno [17].</p>

<p><b>Reconocimiento del Iris usando la Hiperesfera de Fuzzy Modificada de una Red Neuronal con diferentes Distancias</b></p>	<p>India</p> <p>2011</p>	<p>En este trabajo se describe el reconocimiento del iris usando la Hiperesfera de Fuzzy Modificada de una Red Neuronal (MFHSNN) con su algoritmo de aprendizaje, que es una extensión de Hiperesfera de Fuzzy de una Red Neuronal (FHSNN) propuesto por Kulkarni [18].</p> <p>Se evaluó el rendimiento del clasificador MFHSNN utilizando diferentes medidas de distancia. Se observa que la distancia Bhattacharyya es superior en términos de formación y el tiempo de recuperación en comparación con euclidiana y las medidas de Manhattan [18].</p> <p>La viabilidad de la MFHSNN ha sido exitosamente al evaluarse sobre la base de datos CASIA con 756 imágenes y se encontró superior en términos de generalización y el tiempo de formación con el tiempo de rellamada equivalente [18].</p>
---	--------------------------	--

**Tabla 2. Estado del Arte: Proyectos de Investigación.**

### 1.7.3. Proyectos Comerciales

Finalmente nos encontramos con los proyectos comerciales, por diferentes cuestiones no podemos conocer mas a fondo el desarrollo de estos, simplemente podemos encontrar la descripción de su funcionamiento y pequeños detalles de su desarrollo.

Proyecto	País	Año	Características
Iris Access 3000 (LG)	España	2001	<p>Unidad Óptica, EOU300, Unidad de Control ICU300.</p> <p>Es un sistema de seguridad basado en el reconocimiento del iris que puede almacenar millones de registros en un sólo dispositivo, éste comprueba que el iris que se analiza sea un tejido humano y realiza una captura del ojo en un código de 516 kb.</p>
Automatic Border Passage (IBM)	Holanda	2001	<p>Es un sistema para el control de acceso en aeropuertos, este sistema trabaja para mejorar la seguridad biométrica, no sólo para la identificación de pasajeros sino también para el etiquetado, comprobación de los pasajes.</p> <p>El sistema procesa los datos de 4 o 5 personas por minuto, tiene una alta fiabilidad y puede tomar decisiones rápidas sobre si la persona es quien dice ser o no.</p> <p>Está basado en una cámara LG220 que incluye un software que permite intercambiar datos biométricos encriptados con una tarjeta inteligente.</p>

Tabla 3. Estado del Arte: Proyectos Comerciales.

---

## CAPÍTULO 2

### PROBLEMÁTICA

#### 2.1. Planteamiento del problema

La problemática constante del robo de información, pertenencias personales, depósitos de cuentas bancarias, así como la falsificación de pasaportes o personas que intenten acceder a sistemas falsificando la identidad de alguien más se ha convertido en un tema de suma importancia. Es por ello que ha surgido la necesidad de identificar personas mediante la biometría, la cual es infinitamente más confiable que una firma, un nip (número de identificación personal) o contraseña.

#### 2.2. Objetivos

##### 2.2.1. Objetivo General

Implementar un sistema capaz de identificar personas en función de la imagen del iris, haciendo uso de tratamiento digital de imágenes y reconocimiento de patrones.

##### 2.2.2. Objetivos Particulares

- Investigar y analizar la teoría de análisis de imágenes.
- Investigar y analizar los métodos para la segmentación de imágenes.
- Investigar y analizar el estado del arte de los sistemas biométricos.
- Recopilar imágenes del iris de personas.
- Realizar el tratamiento de las imágenes obtenidas en el punto anterior (segmentación).
- Buscar las características de las imágenes segmentadas del punto anterior para formar los patrones de cada imagen.
- Implementar el clasificador K-NN a partir de los patrones obtenidos en el punto anterior para realizar el reconocimiento de patrones.
- Validar el modelo con el método de validación k-fold cross validation.

#### 2.3. Justificación

En la actualidad es de suma importancia tomar en cuenta los niveles de seguridad, principalmente el control del acceso a lugares o sistemas, y a la protección de información con la finalidad de evitar el mal uso de los mismos, evitando fugas de información o acceso a personas externas con fines malintencionados.

Dado los avances recientes en seguridad y a los costos relativamente bajos de las Tecnologías de Autenticación Biométrica, podemos encontrar sistemas basados en reconocimiento facial, de manos, huellas dactilares, iris y voz, que representan soluciones atractivas para restringir el acceso a información, computadoras y redes.

---

En las últimas décadas ha surgido el tema de reconocer a las personas por medio del iris. Aunque para un individuo común no es nada sencillo, gracias al desarrollo tecnológico se ha podido lograr.

La particularidad que tiene este órgano es que no solo es único para cada individuo, sino que debido a la riqueza que presenta la textura del iris, nos permite identificar a un individuo por las múltiples entidades anatómicas que contiene, de esta manera el reconocimiento de iris representa una técnica confiable y precisa, pues ya se han desarrollado diversos sistemas de reconocimiento de iris que confirman su fiabilidad.

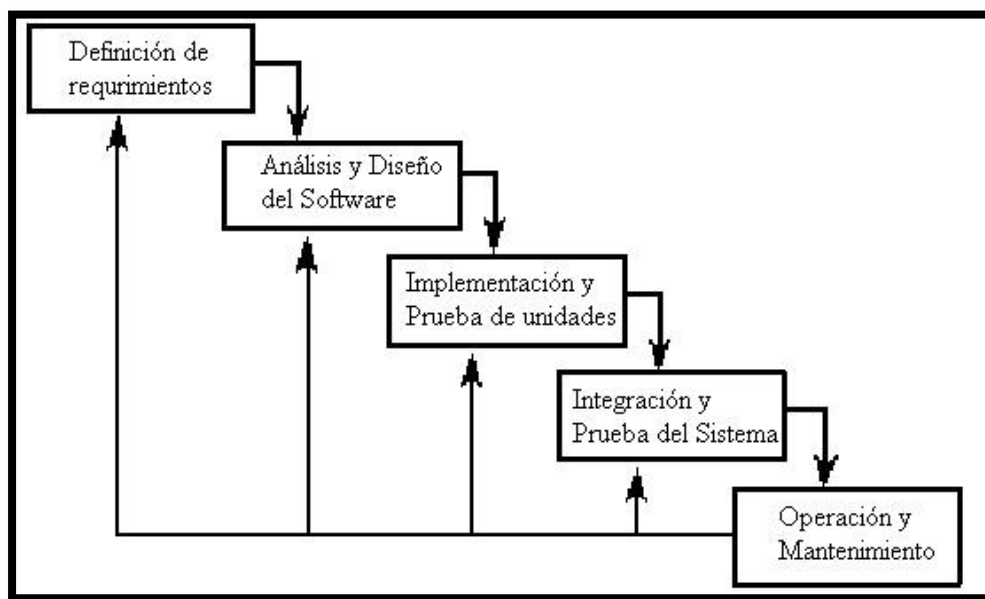
Es por ello que se propone el desarrollo de un sistema que permita lograr la identificación de personas mediante el reconocimiento del iris.

---

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología con la que se desarrolla el sistema es la de Cascada con retroalimentación, ya que nos permite ir desarrollando el sistema en conjunto con la documentación e ir desarrollando por etapas el sistema y en caso de que se presenten problemas o errores nos permite regresar a etapas anteriores y replantearlos y así mejorarlos.



**Figura 11. Diagrama de la metodología en Cascada.**

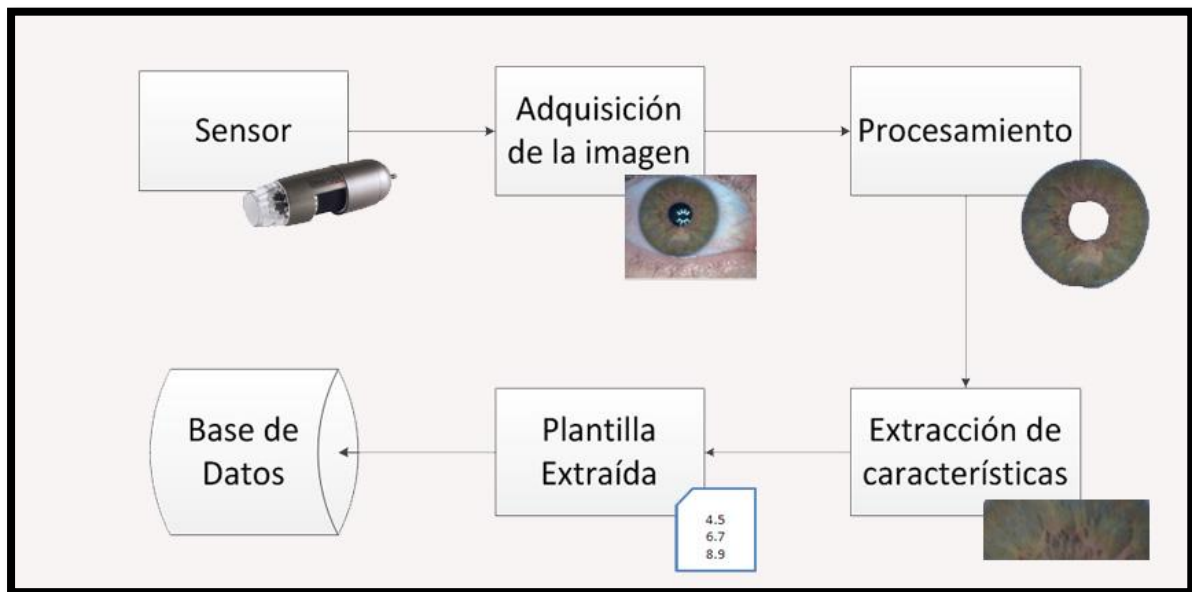
El sistema de reconocimiento de iris, constará de 2 fases esenciales. La primera de ellas es denominada “Inscripción”, donde a partir de la imagen del iris de una persona se le llevará a cabo un procesamiento y se obtendrá una plantilla de las características extraídas, éstas se almacenarán en una base de datos, siendo éstos los usuarios inscritos en el sistema.

La segunda fase es llamada “Identificación” en ésta, la entrada biométrica del usuario (plantilla de características), será clasificada con las plantillas que se han almacenado con anterioridad (Inscripción) y con base en un módulo de clasificación, el sistema identificará si la persona es usuario inscrito o no del sistema.

### 3.1. Fase de Inscripción (Enrollment)

En la fase de inscripción el sensor se conformará por la cámara con la cual tomaremos la imagen del ojo del usuario, una vez adquirida ésta, pasará por un filtro de pre-procesamiento que quitará el ruido en la imagen y quedará como se puede observar en el diagrama, es decir sólo el iris.

Posteriormente se hará la extracción de características de la imagen que se convertirá a lo que se conoce como “Iris Code” (código de iris) dando como resultado una plantilla de características que será almacenada en la base de datos.



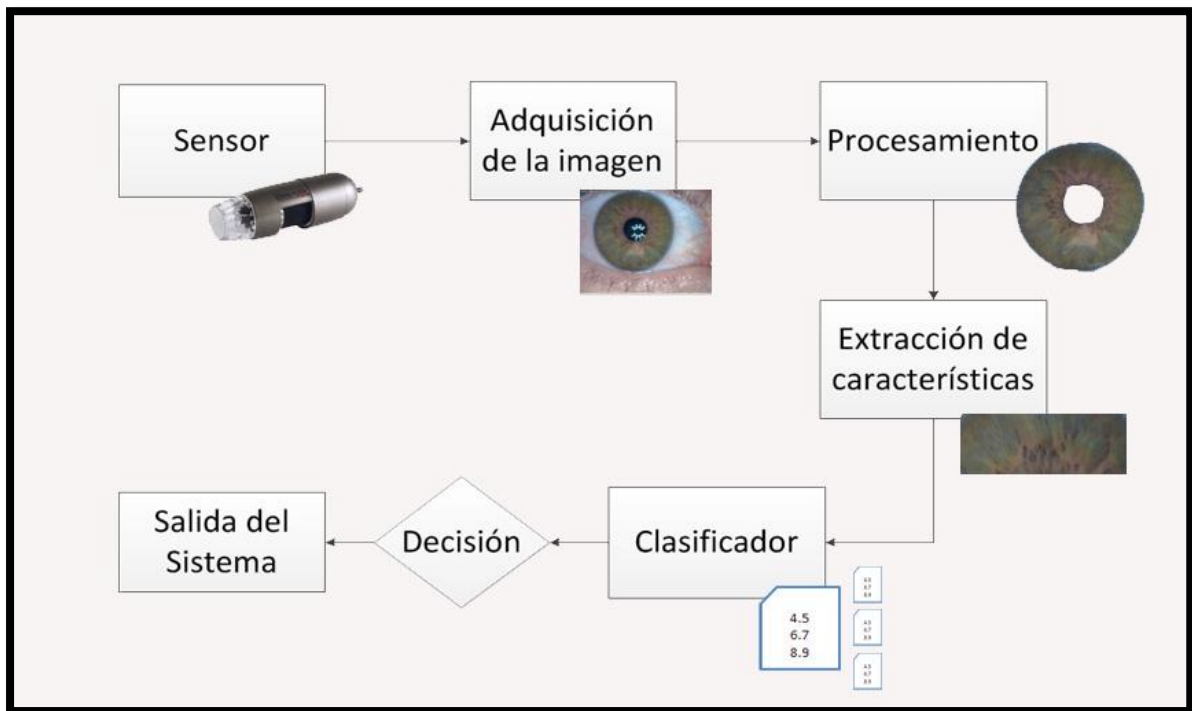
**Figura 12. Modelo del sistema de identificación por medio del iris. Inscripción (Enrollment).**



### 3.2. Fase de Identificación

La fase de identificación ocurre cuando ya existen usuarios inscritos en el sistema, es decir que la fase de inscripción ha finalizado.

Para llevar a cabo la fase de Identificación se seguirá el procedimiento anterior (sensor, adquisición del iris, procesamiento, extracción de características), añadiendo en esta fase un módulo de Clasificación( $k$ -nn), que se encargará de calcular las distancias de la entrada biométrica del usuario (plantilla), con las plantillas de todos los usuarios inscritos, es decir que se encuentran almacenados en la base de datos, la salida del sistema deberá indicar la identidad de la persona cuya plantilla cuenta con la menor distancia con la entrada del usuario, y con base en un módulo de decisión se indicará si la persona es usuario inscrito o no del sistema.



**Figura 13. Modulo del Sistema de identificación de personas mediante el reconocimiento del iris. Identificación.**

### 3.3. Módulos del sistema

#### 3.3.1. Sensor

Microscopio Digital AM411T Dino-Lite Pro



Figura 14. Dispositivo mediante el cual se realiza la adquisición de la imagen.

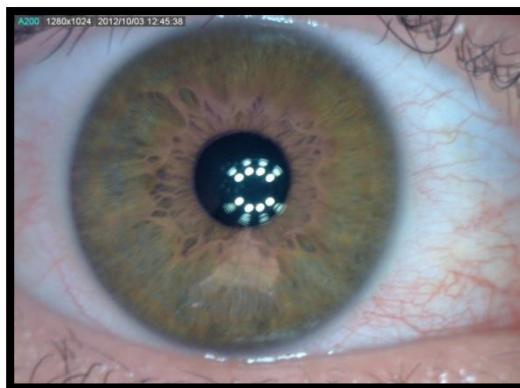
#### Características

Modelo	AM411T Dino-Lite Pro
Interface	USB 2.0
Resolución del producto	1.3M píxeles. (SXGA)
Tasa de aumento	10x~50x, 200x
Sensor	Color CMOS
Velocidad de cuadro	Up to 30fps
Formatos	Imagen:  DinoCapture1.0: BMP ,JPG DinoCapture2.0: BMP ,GIF ,PNG ,MNG ,TIF ,TGA ,PCX ,WBMP ,JP2 ,JPC ,JPG ,PGX ,RAS ,PNM DinoXcope: PNG ,JPEG  Video: DinoCapture1.0: AVI DinoCapture2.0: WMV, FLV ,SWF DinXscope: MOV
Micro Touch	Gatillo sensible en el microscopio para tomar fotografías
Iluminación del LED	8 luces LED blancas encendido/apgado
Sistema Operativo Soportado	Windows 7 ,Vista ,XP

	MAC OS 10.4 or later
<b>Peso de la unidad</b>	100(g)
<b>Dimensión de la unidad</b>	10.5cm (H) x 3.2cm (D)

**Tabla 4. Características del Sensor**

### 3.3.2. Adquisición del iris



**Figura 15. Imagen del iris adquirida de una persona.**

En esta parte del sistema, mediante el sensor seleccionado, en este caso el microscopio Digital AM411T Dino-Lite Pro, realizaremos la captura de la imagen del ojo, la cual deberá verse como la Figura 15, en otras palabras el iris debe de verse de manera clara, nítida y enfocada para poder realizar de manera más sencilla el procesamiento de ésta.

Es importante contar con un buen sensor para esta fase del procedimiento, esto permite dos grandes ventajas:

- El aumento de la longitud de onda de la fuente luminosa ayuda en la mejor penetración de la porción anterior del iris de color oscuro, con lo que la divulgación de estos complejos patrones.
- Típicamente, la fuente de iluminación está en la proximidad del sujeto para asegurar que la potencia de iluminación no es indebidamente grande como para ser perjudicial para el ojo.

La imagen deberá tomarse en un ambiente controlado, es decir, donde no haya demasiada luz que pudiera afectar la calidad de la imagen, así como tener la mejor toma, haciendo que factores como las pestañas intervengan en la visibilidad del iris, así como centrar perfectamente el flash del microscopio para poder visualizar de una mejor manera y así el procesamiento de esta no sea complicado o tardado.

**El tamaño de la imagen capturada por el sensor deberá tener una dimensión de 640x480 (ancho x alto) y una resolución de 96dpi.**

---

### 3.3.3. Procesamiento

El principal objetivo de este proceso, es que la imagen esté en buenas condiciones para la segmentación y extracción de características. Todo esto es realizado gracias a una serie de filtros, también conocidos como algoritmos, los cuales se encargan de efectuar todo este proceso.

#### *Segmentación*

El 1er proceso consiste en la “**segmentación**” de la imagen capturada, en el cuál se aísla el iris de otras estructuras presentes en la imagen como lo son: pupila, esclerótica, pestañas, párpados y cejas.

Los algoritmos a utilizar para la segmentación del iris son:

- Escala de Grises

Cada píxel de una imagen en escala de grises puede ser uno de los 256 valores distintos de gris, del negro (cero) al blanco (255). Este tipo de datos muestra suaves cambios de tono utilizando tonos intermedios de gris. La resolución de una imagen en escala de grises determina el tamaño de los píxeles y, en consecuencia, el número de píxeles de una imagen. Cuanto mayor sea la resolución, los cambios de tono de gris serán más suaves y por tanto más exacta la representación de la imagen (las imágenes de alta resolución también utilizan más memoria). [21]

- Filtro Canny

Uno de los métodos más importantes para realizar una detección global de bordes sobre una imagen es el conocido como método de Canny.

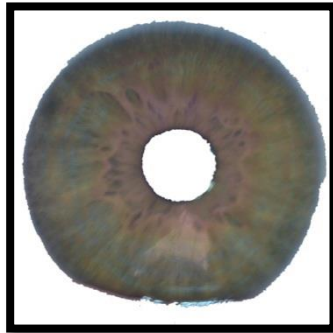
Esta técnica, que se caracteriza por estar optimizada para la detección de bordes diferenciales, consta de tres etapas principales: filtrado, decisión inicial, e histéresis.[22]

- Filtro Smooth

Algoritmo que realiza mejoramientos locales o espaciales considerando las condiciones de la imagen.

- Transformada de Hough

La transformada de Hough fue propuesta y patentada en 1962, por Paul Hough, inicialmente esta técnica solo se aplicaba a la detección de rectas en una imagen, más tarde se extendió para identificar cualquier figura que se pudiera describir con unos cuantos parámetros; El objetivo principal de este algoritmo es encontrar todo tipo de figuras que puedan ser expresadas matemáticamente, tales como rectas, circunferencias o elipses.[23]



**Figura 16. Segmentación de la imagen del iris.**

Estos algoritmos nos ayudan a localizar el iris, que es la parte de interés de la imagen adquirida, ahora que lo hemos localizado es necesario excluirlo de todo lo que no nos es relevante.

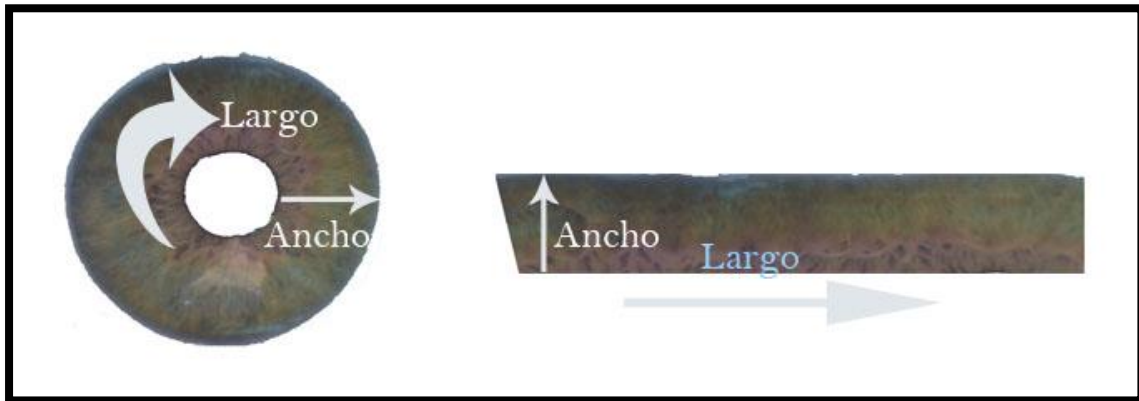
La cantidad de la textura del iris (es decir, su extensión espacial) que se revela en una imagen puede verse afectada por varios factores. El principal de ellos es la dilatación y la contracción de la pupila en respuesta a la iluminación ambiente.

El tamaño del iris (es decir, el número de píxeles válidos del iris) se incrementa cuando la pupila se contrae en respuesta a la luz brillante y disminuye cuando la pupila se dilata cuando hay poca luz.

Aparte de esto, los factores tales como la resolución del sensor y la distancia de formación de imágenes también repercute en el número de píxeles de iris que se puede extraer de una imagen del ojo. Además, el tamaño de la pupila puede variar entre individuos.

### Normalización

Para hacer frente a estas variaciones en el tamaño, el iris segmentado se desenvuelve y se convierte de coordenadas pseudo-polares a un sistema de coordenadas normalizado cartesianas. Esta operación de normalización se realiza mediante la representación del iris segmentado como una imagen rectangular, las filas de los cuales corresponden a las regiones céntricas del iris.



**Figura 17. Normalización de la imagen del iris. Conversión de coordenadas cartesianas a pseudo-polares.**

#### 3.3.4. Extracción de características

Una vez que la imagen fue procesada por los algoritmos mencionados anteriormente, continuamos con el proceso del sistema siendo la extracción de características la siguiente etapa, es decir, lo que va a identificar de manera única cada imagen. En esta parte del sistema, también nos encontramos con diferentes algoritmos para la realización de este proceso, estos son variados, ya que de acuerdo a cada proyecto se seleccionan las características más convenientes para el sistema y por ende el método de extracción.

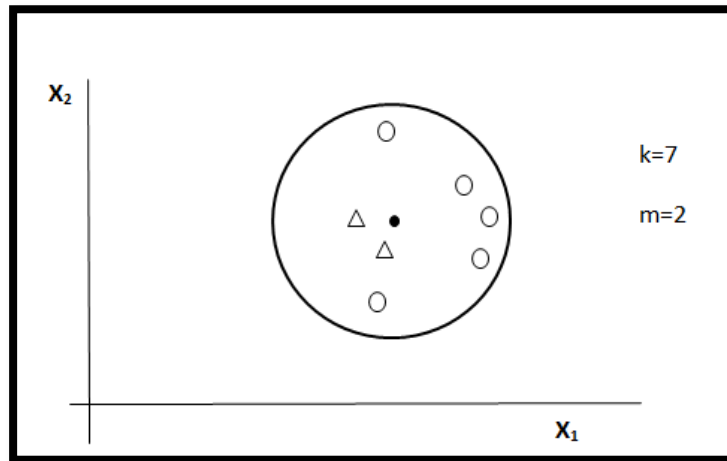
#### 3.3.5. Clasificación y Decisión

Este módulo es el que se encargará, como su nombre lo dice, de clasificar la muestra por medio de un algoritmo y de acuerdo al resultado obtenido por este, tomar una decisión, es decir, definir si la muestra se clasificará dentro de un grupo o no.

El algoritmo que se ha seleccionado para realizar esta tarea es el K-NN (*K-Nearest Neighbour*). El fundamento de este clasificador se basa en un análisis local de una nube de puntos. La vecindad estará determinada por el número de vecinos próximos. En nuestro caso, con los vecinos nos referimos a las muestras, también conocidas como imágenes del iris. La tendencia es buscar vecinos. La manera en la que se aplicara este algoritmo, será el de tomar cada imagen del iris, como una clase, cada clase pertenecerá a un individuo, es decir, cada persona que esté inscrita dentro del sistema será una clase.

---

En cuanto a la identificación tomaremos la imagen a clasificar y calcularemos su distancia con respecto a las demás almacenadas anteriormente, la clase resultante será la que más se acerque a la muestra ingresada, deberá existir además un umbral, calculado por medio de la desviación estándar, o algún otro algoritmo que nos ayude a tener una distancia promedio ya que existirán muestras que no se encuentren registradas y por lo tanto no serán identificadas.



**Figura 18. Algoritmo K-NN.**

# CAPÍTULO 4

## ANÁLISIS

### 4.1. Análisis de Factibilidad

A continuación se realiza el análisis de factibilidad del sistema “Identificación de Personas mediante el Reconocimiento del Iris”, desde el punto de vista de la Ingeniería de Software. Con esto se pretende determinar el tipo de tecnología a usar, el costo total y el tiempo necesario para el desarrollo del mismo.

#### 4.1.1. Estudio de Factibilidad Técnica

El estudio de factibilidad técnica se refiere a todos aquellos recursos que sean necesarios para desarrollar el sistema, como lo son las herramientas de desarrollo, habilidades, y conocimientos.

- Sistema Operativo

Características	SO Windows 7	Mac Os	SO Linux
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesador de 32 bits (x86) o 64 bits (x64) a 1 gigahercio (GHz) o más.</li><li>• Memoria RAM de 1 gigabyte (GB) (32 bits) o memoria RAM de 2 GB (64 bits).</li><li>• Espacio disponible en disco rígido de 16 GB (32 bits) o 20 GB (64 bits).</li><li>• Dispositivo gráfico DirectX 9 con controlador WDDM 1.0 o superior.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ordenador Mac con procesador Intel, PowerPC G5 o PowerPC G4 (a 867 MHz o superior)</li><li>• 512 MB de memoria.</li><li>• Unidad de DVD para la instalación</li><li>• 9 GB de espacio libre en disco</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Computadora personal con un procesador Intel Pentium III a 500 MHz o superior</li><li>• 1 GB de memoria RAM física</li><li>• 3 GB de espacio libre en el disco duro</li><li>• Pantalla con resolución 800 x 600</li></ul>



Licencia	Microsoft	Apple	Libre
----------	-----------	-------	-------

Tabla 5. Estudio de Factibilidad: Sistema Operativo

- Entorno de Desarrollo

Características	IDE Netbeans	QT Creator IDE and Tools	Visual Studio 2010 (.NET)
Especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>NetBeans IDE proporciona soporte de primera clase completo para las últimas tecnologías Java y las mejoras más recientes de Java antes de otros IDE. Es el primer IDE que proporciona soporte para JDK 7, Java EE 6 y 2,0 JavaFX.</li> <li>El editor soporta muchos lenguajes de Java, C / C + +, XML y HTML, de PHP, Groovy, Javadoc,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Qt Creator IDE es un entorno multi-plataforma de desarrollo integrado. Es la base para el SDK Qt.</li> <li>Apoyo a los objetivos de escritorio y móviles.</li> <li>Editor de código C++ y JavaScript.</li> <li>Diseñador integrado de interfaz de usuario.</li> <li>Proyecta y construye herramientas de gestión gdb y depuradores CDB.</li> <li>Simulador para interfaces de usuario móviles.</li> <li>Soporte para control de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compatibilidad con Windows 8.</li> <li>Web DEV actualizado; ofrece plantillas, herramientas de publicación y soporte integral para estándares emergentes, como HTML5 y CSS3, así como para los últimos avances en ASP.NET.</li> <li>Compatible con la nube; tiene acceso rápido a servidores virtuales ilimitados en la nube con la posibilidad de agregar más almacenamiento y capacidad informática.</li> </ul>

<b>Licencia</b>	<p>JavaScript y JSP. Debido a que el editor es extensible, se puede conectar en el apoyo a muchos otros idiomas.</p>	<p>versiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Te permite diseñar y construir rápidamente aplicaciones Qt Quick y componentes desde cero.</li> </ul>	
		Digia	Microsoft

**Tabla 6. Estudio de Factibilidad: Entorno de Desarrollo.**

- Sistema Gestor de Base de Datos

Características	MySQL	SQL Server	Oracle
<b>Especificaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multiplataforma</li> <li>• API disponible para C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Ruby y Tcl.</li> <li>• Proporciona sistemas del almacenamiento transaccionales y no transaccionales.</li> <li>• Puede usarse fácilmente en múltiples CPU disponibles.</li> <li>• El servidor está disponible como un programa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento crítico, escalabilidad y alta disponibilidad.</li> <li>• Herramientas de autoservicio de inteligencia de negocios.</li> <li>• Implementación flexible a través de la hostelería, la nube privada y pública.</li> <li>• La integración nativa con Microsoft SharePoint y Microsoft Office.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento crítico, escalabilidad y alta disponibilidad.</li> <li>• Ha demostrado ser rápido, fiable, seguro y fácil de manejar para todos los tipos de cargas de trabajo de bases de datos, incluyendo aplicaciones empresariales, almacenes de datos y análisis de datos grande.</li> <li>• Compatibilidad</li> </ul>

	<p>separado para usar en un entorno de red cliente/servidor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las contraseñas son seguras porque todo el tráfico de contraseñas está cifrado cuando se conecta con un servidor.</li> <li>• Soporta grandes bases de datos (50 millones de registros).</li> <li>• Los clientes se pueden conectar con el servidor MySQL usando sockets TCP/IP en cualquier plataforma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más seguro (menos vulnerable).</li> <li>• Productividad de los desarrolladores con las herramientas de desarrollo líderes de la industria.</li> <li>• Es el más seguro que cualquiera de las plataformas existentes.</li> <li>•</li> </ul>	<p>con .NET, Java, PHP, Oracle Call Interface (OCI), PL/SQL y Oracle Application Express.</p>
<b>Licencia</b>	Sun Microsystems	Microsoft	Oracle

**Tabla 7. Estudio de Factibilidad: Sistema Gestor de Base de Datos**

#### 4.1.2. Estudio de Factibilidad Económica

El estudio de factibilidad económica toma en cuenta el tipo de aplicación a desarrollar, costos y beneficios y los recursos disponibles para el desarrollo e implementación del sistema.

El equipo de trabajo cuenta con las herramientas necesarias para el desarrollo e implantación del sistema por lo cual el desarrollo de la propuesta no requiere de una inversión inicial en infraestructura informática.

#### Costos del material de desarrollo:

Dispositivo	Cantidad	Precio	Subtotal
Microscopio Digital AM411T Dino-Lite Pro	1	\$ 4, 232, 550.00	\$ 4, 232.550 MN + I.V.A.
1 trípode para cámara profesional	1	\$1,999.00	\$1,999.00 MN + I.V.A.
<b>Total</b>			<b>\$6,231.55 MN + I.V.A</b>

Tabla 8. Costos del material de desarrollo

#### Gastos Generales:

Son todos los gastos realizados en accesorios y material de oficina y de uso diario, necesarios para los procesos, tales como, papeles, plumas, cartuchos de impresora, marcadores, etc. En la tabla se representan estos gastos.

Gasto	Costo Mensual
Material de Oficina	\$60 MN + I.V.A
Impresiones	\$60 MN + I.V.A
Consumibles	\$100 MN + I.V.A
<b>Total</b>	<b>\$220 MN + I.V.A</b>

Tabla 9. Gastos Generales 1

---

Dado que el área asignada para el desarrollo de este trabajo cuenta con la infraestructura necesaria y la ambientación adecuada no se necesita realizar un gasto en este ámbito.

Concepto de Pago	Costo	Costo por 6 meses
Costos de Material	\$6,231.55	\$6,231.55
Gastos Generales	\$220.00	\$1,320.00
Sub-Total	\$6,451.55	\$7,551.55
I.V.A.	\$1,032.25	\$1,208.25
<b>Total</b>	<b>\$7,483.80</b>	<b>\$8,759.80</b>

**Tabla 10. Gastos Generales 2.**

## 4.2. Análisis de requerimientos

En este apartado del documento se realiza el análisis de requerimientos, por medio de tablas se describe cada requerimiento y en caso de ser funcional se le asigna un nombre.

El funcionamiento se basa básicamente en la necesidad de un sistema el cual por medio de la adquisición de una imagen del iris, realice una serie de procedimientos para lograr identificar a una persona. Dicho sistema deberá almacenar la información personal de cada usuario, esta al menos deberá contener el nombre, edad, sexo y fecha de nacimiento. Por otra parte el sistema será utilizado o administrado por un solo usuario el cual se encargará de dar de alta a las personas o realizar el proceso de identificarlas, según sea el caso, para esto el administrador debe de poder elegir entre alguna de las dos tareas, ya sea por medio de un botón o algo que logre hacer la distinción entre estas dos en la interfaz del sistema.

### 4.2.1. Requerimientos Funcionales

A continuación se realiza el desglose de los requerimientos funcionales del sistema, es decir todo aquello que es necesario para el funcionamiento del sistema.

Id	Nombre	Descripción
RF 1	Registro	El sistema deberá almacenar la información básica de cada usuario, es decir que al menos contenga, el nombre, edad, sexo y fecha de nacimiento.
RF 2	Entrenamiento	El sistema deberá contar con una fase en la cual únicamente se realice la captura de las imágenes de los usuarios, es decir que registre a cada uno.
RF 3	Clasificación	El sistema deberá identificar a una persona mediante la fase de Clasificación, es decir que en caso de que ya se haya registrado dicho usuario aparecerá su información dando como entendido que la persona es quien dice ser, en caso contrario deberá mostrar algo alusivo de que la persona no se encuentra registrada.
RF 4	Decidir qué hacer	El sistema deberá de tener la opción de poder tanto inscribir como comparar, es decir que el usuario puede elegir lo que desea hacer.
RF 5	Administrar	El sistema será manejado tan solo por una persona, es decir el administrador, quien será el encargado de realizar las altas, bajas y modificaciones de usuarios.
RF 6	Obtención de la imagen	El sistema deberá tomar la imagen del ojo mediante un dispositivo el cual no cause daños o efectos secundarios en las personas.
RF 7	Salida	El sistema deberá mostrar en pantalla si la persona ha sido autenticada o no.

**Tabla 11. Requerimientos Funcionales.**

## 4.2.2 Requerimientos No Funcionales

En la siguiente tabla se muestran los requerimientos no funcionales, aquellas necesidades del sistema que no son necesarias para el funcionamiento del sistema, pero es deseable que las satisfaga.

Id	Descripción
RNF 1	El sistema solo aceptará imágenes en formato JPEG.
RNF 2	El sistema contará con una interfaz gráfica.
RNF 3	Se requiere que el dispositivo de captura (sensor) se encuentre ubicado correctamente, sin obstáculos. Iluminación adecuada. El usuario posicionará su ojo en el microscopio.
RNF 4	Plataforma Windows.
RNF 5	El equipo que soporta el sistema deberá contar mínimo con 1GB de memoria RAM.
RNF 6	El sistema no deberá obtener imágenes de ambos ojos del usuario, ya que el sistema se basa en el reconocimiento del ojo derecho.
RNF 7	Para la fase de Inscripción (almacenamiento en la base de datos) el sistema no rebasará la cantidad de X personas.
RNF 8	El sistema no podrá determinar si la imagen obtenida cuenta con las condiciones de calidad necesarias para la identificación.
RNF 9	La interfaz del sistema no deberá utilizar colores extravagantes y debe de ser fácil de usar para cualquier clase de persona.

**Tabla 12. Requerimientos No Funcionales.**

## 4.3 Análisis y Gestión de Riesgos

Una parte muy importante dentro del análisis de factibilidad es la gestión de riesgos. Esta tarea permitirá anticipar los riesgos que podrían afectar durante todo el desarrollo del sistema, así como, emprender las acciones correspondientes para evitar estos riesgos. Un riesgo se puede entender como una probabilidad de que una circunstancia adversa ocurra.

### 4.3.1 Objetivo del Análisis de Riesgos

Contribuir al manejo y comprensión de los problemas o riesgos que se puedan desbordar de un proyecto software, debido a que los riesgos son problemas potenciales que pueden ocurrir o no, sin importar el resultado, el equipo software debe tener la capacidad de identificarlos, evaluar las probabilidades de que ocurran, estimar su impacto y establecer planes de contingencia en caso de que se presenten.

### 4.3.2 Identificación de Riesgos

▪ Lista de riesgos potenciales
Los componentes del software contienen defectos
Falta de recursos monetarios
Personal inexperto
Bajo rendimiento de las herramientas de desarrollo
Fallas técnicas del hardware
Falta de integración en las herramientas software y hardware
Cambios de la tecnología
LÍNEA DE CORTE
Diseño deficiente en el software
Cambios en los requerimientos del sistema
Competencia del producto
Falta de comunicación en el equipo de trabajo
Atraso en la fecha de entrega del sistema
Aumento de costos en la tecnología biométrica
El tiempo requerido para desarrollar el sistema está subestimado
El mercado no lo considera necesario
Modificaciones en el software
Disminución de integrantes en el equipo de trabajo
La capacitación al personal no está disponible

Tabla 13. Identificación de Riesgos.

### 4.3.3 Análisis de riesgos

✓ Categoría	✓ La probabilidad del riesgo se puede valorar como:
Riesgos del Proyectto	▪ Muy bajo (< 10%)
	▪ Bajo (10-25%)
✓ Valores de Impacto	✓ ER Exposición al riesgo
1: Catastrófico	ER= PxC
2: Crítico	donde P es la probabilidad de que ocurra un riesgo,
3: Marginal	y C, el costo del proyecto en caso de que ocurra el
4: Despreciable	riesgo.



#	Riesgo	Categoría	Probabilidad	Impacto	ER
1	Los componentes del software contienen defectos	Producto	Moderado	1	
2	Falta de recursos monetarios	Proyecto	Alto	2	
3	Personal Inexperto	Producto	Moderado	3	
4	Bajo rendimiento de las herramientas de desarrollo	Producto	Muy alto	2	
5	Fallas técnicas del hardware	Producto	Muy alto	1	
6	Falta de integración en las herramientas software y hardware	Producto	Alto	2	
7	Cambios de la tecnología	Negocio	Muy bajo	3	

**Tabla 14. Análisis de Riesgos.**

#### 4.3.4 Planeación y Supervisión de riesgos

ID Riesgo: idr1	Fecha:	Probabilidad: 25-50%	Impacto:1
<b>Descripción</b>	Los componentes del software tienen defectos		
<b>Refinamiento/ Contexto</b>	Existe alguna falla en los algoritmos de identificación del iris.		
<b>Reducción/ Supervisión</b>	Verificar el funcionamiento del sistema de reconocimiento de iris cada semana, para identificar posibles errores en el funcionamiento del sistema.		
<b>Gestión/ Plan de contingencia/ Acción</b>	Se contará con un software alternativo que se pueda implementar de forma rápida en el sistema y así reducir el impacto de la falla.		
<b>Estado Actual</b>	Inactivo		
<b>Autor</b>	Analista de Sistemas		

**Tabla 15. Planeación y Supervisión de riesgos 1.**

ID Riesgo: idr2	Fecha:	Probabilidad: 50-75%	Impacto:2
<b>Descripción</b>	Falta de recursos monetarios		
<b>Refinamiento/ Contexto</b>	Los recursos monetarios son insuficientes para la implementación o mantenimiento del sistema.		
<b>Reducción/ Supervisión</b>	Contar con una cuenta de ahorro para los recursos que requiera el sistema.		
<b>Gestión/ Plan de contingencia/ Acción</b>	Obtener un financiamiento o préstamos para cubrir los gastos inmediatos del sistema.		
<b>Estado Actual</b>	Inactivo		
<b>Autor</b>	Analista de Sistemas		

**Tabla 16. Planeación y Supervisión de riesgos 2.**

ID Riesgo: idr3	Fecha:	Probabilidad: 25-35%	Impacto:3
<b>Descripción</b>	Personal Inexperto		
<b>Refinamiento/ Contexto</b>	El personal no cuenta con los conocimientos necesarios para el análisis y desarrollo del sistema.		
<b>Reducción/ Supervisión</b>	Trabajar sobre herramientas ya conocidas por el personal para facilitar el trabajo.  Designar roles dentro del equipo del trabajo de acuerdo a las habilidades de cada uno.		
<b>Gestión/ Plan de contingencia/ Acción</b>	Capacitación mediante tutoriales, o cursos cortos.		
<b>Estado Actual</b>	Inactivo		
<b>Autor</b>	Analista de Sistemas		

**Tabla 17. Planeación y Supervisión de riesgos 3.**

ID Riesgo: idr4	Fecha:	Probabilidad: 76%	Impacto:2
<b>Descripción</b>	Bajo rendimiento de las herramientas de desarrollo		
<b>Refinamiento/ Contexto</b>	El software, hardware tienen bajo rendimiento, lo que ocasiona errores y deficiencia en el acceso a los datos.		
<b>Reducción/ Supervisión</b>	Mantener actualizado el software con el que se trabaja, cuidando que sea compatible con las demás herramientas de desarrollo. Dar mantenimiento al hardware y equipo.		
<b>Gestión/ Plan de contingencia/ Acción</b>	Reinstalación de programas y software.		
<b>Estado Actual</b>	Inactivo		
<b>Autor</b>	Analista de Sistemas		

**Tabla 18. Planeación y Supervisión de riesgos 4.**

ID Riesgo: idr5	Fecha:	Probabilidad: 80%	Impacto:1
<b>Descripción</b>	Fallas técnicas del hardware		
<b>Refinamiento/ Contexto</b>			
<b>Reducción/ Supervisión</b>	Hacer revisión del funcionamiento del equipo físico cada semana.		
<b>Gestión/ Plan de contingencia/ Acción</b>	Contar con de adquirir aquel que es el indicado para tu equipo y no cree conflictos con otro elemento.		
<b>Estado Actual</b>	Inactivo		
<b>Autor</b>			

**Tabla 19. Planeación y Supervisión de riesgos 5.**

ID Riesgo: <b>idr6</b>	Fecha:	Probabilidad: <b>1-9%</b>	Impacto: <b>3</b>
<b>Descripción</b>	Cambios de la tecnología		
<b>Refinamiento/ Contexto</b>	Existan nuevas y mejores tecnologías en el mercado.		
<b>Reducción/ Supervisión</b>	Mantener actualizado software y equipo.		
<b>Gestión/ Plan de contingencia/ Acción</b>	Mantener el equipo de trabajo actual, al menos que la velocidad y rendimiento de éste se vea afectado, o se requiera de un mejor funcionamiento.		
<b>Estado Actual</b>	Inactivo		
<b>Autor</b>			

**Tabla 20. Planeación y Supervisión de riesgos 6.**

# CAPÍTULO 5

## DISEÑO

### 5.1 Diagrama de Casos de Uso

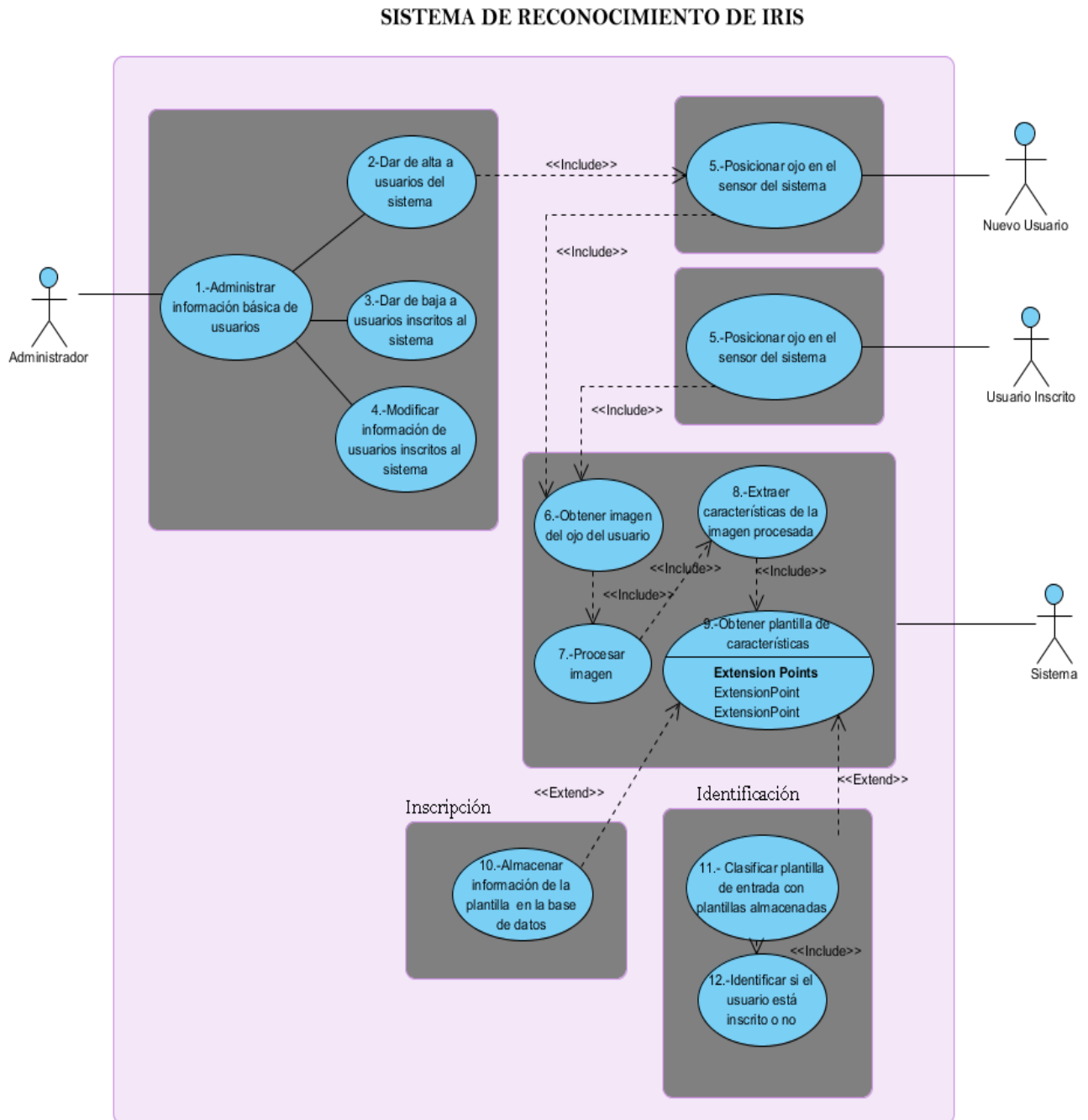


Diagrama 1. Casos de Uso

## 5.2 Descripción de Casos

### 5.2.1 Descripción detallada de los Actores del Sistema

#### Descripción del actor Administrador:

El Administrador se define como aquella persona que se encarga de la gestión de la información de los usuarios, puede realizar altas, bajas y modificaciones de la información básica de los usuarios.

Actor	Administrador
Casos de Uso Relacionados	Administrar información básica de usuarios, Dar de alta a usuarios del sistema, Dar de baja a usuarios inscritos al sistema, Modificar
Tipo Descripción	El Administrador se encarga de realizar las altas, bajas y modificaciones de la información básica de los usuarios.

Tabla 21. Descripción del actor Administrador.

#### Descripción del actor Nuevo Usuario:

El Nuevo Usuario se define como aquella persona que apenas se va a registrar en el sistema, y se le toma imagen de su ojo para almacenarlo.

Actor	Nuevo Usuario
Casos de Uso Relacionados	Posicionar ojo en el sensor del sistema.
Tipo Descripción	El Nuevo Usuario no cuenta con un registro en el sistema. Se crea un registro en el cual se guarda la información básica del usuario, se le toma imagen de su ojo y quedan almacenadas las características de la imagen de su iris.

Tabla 22. Descripción del actor Nuevo Usuario.

### Descripción del actor Usuario Inscrito:

El Usuario Inscrito se define como aquella persona que ya cuenta con un registro en el sistema.

Actor	Usuario Inscrito
Casos de Uso Relacionados	Posicionar ojo en el sensor del sistema.
Tipo	
Descripción	El Usuario Inscrito persona que ya cuenta con un registro en el sistema.

Tabla 23. Descripción del actor Usuario Inscrito.

### Descripción del actor Sistema:

El sistema es el que realiza todo el procesamiento de la imagen del usuario desde la obtención de esta, hasta los algoritmos de tratamiento de imagen para almacenar solo las características de la imagen del iris. Un administrador la maneja, y contiene información básica del usuario.

Actor	Sistema
Casos de Uso Relacionados	Obtener imagen del ojo del usuario, Procesar imagen del ojo, Extraer características de la imagen procesada, Obtener plantilla de características, Almacenar información en la base de datos, Comparar plantilla de entrada con plantillas almacenadas, Identificar si el usuario está inscrito o no
Tipo	
Descripción	<p>El sistema es el que realiza el reconocimiento del iris, guarda datos de los usuarios y es manejado por un administrador. Consta de 2 fases esenciales.</p> <p>La primera fase es la de “Inscripción”, donde a partir de la imagen del iris de una persona se le llevará a cabo un procesamiento y se obtiene una plantilla de características extraídas las cuales se almacenarán en una base de datos, dejando a los usuarios inscritos.</p> <p>La segunda fase es llamada</p>

	“Identificación”, en ésta la entrada biométrica del usuario (plantilla de características), se compara con las plantillas ya existentes (generadas en la fase de Inscripción), y con base en un módulo de comparación, el sistema identifica si la persona es usuario inscrito o no del sistema.
--	--

**Tabla 24. Descripción del actor Sistema.**

## 5.2.2 Descripción detallada de los Casos de Uso

### 5.2.2.1 Caso de Uso 1: Administrar Información.

El administrador se encarga de dar de alta, baja y modificación de la información de los usuarios del sistema, es el que más interacción tendrá con el sistema.

Identificador	Caso de Uso 1
Nombre	Administrar información básica de usuarios
Actor	Administrador
Descripción	El administrador maneja la información de los usuarios del sistema (alta, baja, modificación).
Objetivo	Gestionar la información de los usuarios del sistema.
Entradas	Información del usuario.
Errores	Información inválida.
Tipo	Primario

**Tabla 25. Descripción de Caso de Uso Administrar Información.**

### 5.2.2.2 Caso de Uso 2: Alta de Usuario

El administrador se encarga de ingresar los datos necesarios del usuario para poder darlo de alta en el sistema, esto se realiza cada vez que ingresa un nuevo usuario a este.

Identificador	Caso de Uso 2
Nombre	Dar de alta a usuarios del sistema
Actor	Administrador
Descripción	El administrador del sistema podrá registrar a un nuevo usuario, ingresando su información básica.
Objetivo	Almacenar información relevante de los usuarios.
Entradas	Nombre, apellido paterno, apellido materno, sexo, edad, fecha de



	nacimiento y dirección.
Salidas	Un nuevo registro de usuario en el sistema.
Precondiciones	-----
Postcondiciones	Un nuevo usuario queda registrado en el sistema.
Errores	Datos inválidos o datos sin ingresar.
Tipo	Secundario

**Tabla 26. Descripción de Caso de Uso Alta de Usuario.**

### 5.2.2.3 Caso de Uso 3: Baja de Usuario

El administrador elimina el registro de un usuario, es decir, suprime la información anteriormente almacenada de este para quitar cualquier información perteneciente.

Identificador	Caso de Uso 3
Nombre	Dar de baja a usuarios inscritos al sistema
Actor	Administrador
Descripción	El administrador da de baja a algún usuario del sistema, seleccionando el registro del mismo para suprimirlo.
Objetivo	Eliminar el registro de un usuario en el sistema.
Entradas	Id del registro del usuario a eliminar.
Salidas	Un registro menos de usuario en el sistema.
Precondiciones	Que exista el registro del usuario a dar de baja.
Postcondiciones	Registro del usuario eliminado.
Errores	Que no exista el usuario que se quiere dar de baja.
Tipo	Secundario

**Tabla 27. Descripción de Caso de Uso Baja de Usuario.**

#### 5.2.2.4 Caso de Uso 4: Modificar Usuario

El administrador modifica información del usuario, cualquiera que se desee, actualizando la información básica y así tener una mayor confiabilidad en esta.

Identificador	Caso de Uso 4
Nombre	Modificar información de usuarios inscritos al sistema
Actor	Administrador
Descripción	El administrador podrá cambiar la información básica de los usuarios del sistema.
Objetivo	Mantener la base de datos con los datos actualizados de los usuarios.
Entradas	Registro del usuario a modificar.
Salidas	Actualización del registro del usuario.
Precondiciones	Que exista el registro del usuario a modificar.
Postcondiciones	Registro del usuario actualizado.
Errores	Datos inválidos o datos sin ingresar.
Tipo	Secundario

Tabla 28. Descripción de Caso de Uso Modificar Usuario.

#### 5.2.2.5 Caso de Uso 5: Posicionar Ojo

El usuario posiciona su ojo en la cámara para poder adquirir la imagen de este y así poder realizar el proceso necesario para poder realizar el registro de este.

Identificador	Caso de Uso 5
Nombre	Posicionar ojo en el sensor del sistema.
Actor	Usuario Nuevo y Usuario Inscrito
Descripción	El usuario debe colocarse lo suficientemente cerca del dispositivo de captura (sensor) para obtener una imagen apropiada del ojo.
Objetivo	Que el usuario se coloque de manera correcta frente al sensor para tomar la imagen del ojo.
Precondiciones	El sistema debe estar funcionando.
Errores	El usuario no se colocó correctamente.
Tipo	Primario

Tabla 29. Descripción de Caso de Uso Posicionar Ojo.

### 5.2.2.6 Caso de Uso 6: Obtención de Imagen

Ya que el ojo se encuentra posicionado y con la cámara se obtiene la imagen y se prepara para el procesamiento de la misma.

Identificador	Caso de Uso 6
Nombre	Obtener imagen del ojo del usuario
Actor	Sistema
Descripción	El sistema obtiene la imagen del ojo del usuario.
Objetivo	Obtener la imagen del ojo del usuario con el sensor.
Entradas	Imagen del ojo.
Precondiciones	El usuario debe estar registrado y colocado frente al sensor para capturar la imagen.
Postcondiciones	Los vectores de características de la imagen del ojo quedan almacenados en la base de datos.
Errores	Fallas en la captura de la imagen
Tipo	Primario

Tabla 30. Descripción de Caso de Uso Obtención de la Imagen.

### 5.2.2.7 Caso de Uso 7: Procesamiento de la Imagen

La imagen comienza su procesamiento, pasando por una serie de algoritmos para eliminar el ruido que se encuentre en la imagen y quitar todas aquellas áreas que no son de nuestro interés así obteniendo solo la parte del iris.

Identificador	Caso de Uso 7
Nombre	Procesar imagen del ojo
Actor	Sistema
Descripción	La imagen obtenida pasa por un filtro de pre-procesamiento, en el cual a la imagen se le quita el ruido y queda solamente la parte del iris del ojo.
Objetivo	Procesar la imagen mediante filtros para eliminar las áreas no deseadas del ojo, y dejar solo el iris.
Entradas	Imagen del ojo.
Salidas	Imagen solo del iris.
Precondiciones	La imagen del ojo ya ha sido capturada.

<b>Postcondiciones</b>	Imagen del iris
<b>Errores</b>	Que el algoritmo de procesamiento falle.
<b>Tipo</b>	Primario

**Tabla 31. Descripción de Caso de Uso Procesamiento de la Imagen.**

#### 5.2.2.8 Caso de Uso 8: Extracción de Características

El sistema recibe la imagen ya procesada en términos generales la imagen del iris, esta pasa por una serie de procesos y algoritmos para poder extraer las características deseadas y necesarias.

<b>Identificador</b>	Caso de Uso 8
<b>Nombre</b>	Extraer características de la imagen procesada.
<b>Actor</b>	Sistema
<b>Descripción</b>	El sistema obtiene las características principales de la imagen del iris.
<b>Objetivo</b>	Adquirir las particularidades más importantes del iris del usuario.
<b>Entradas</b>	Imagen procesada del iris.
<b>Salidas</b>	Vector de características del iris de un usuario.
<b>Precondiciones</b>	Que exista la imagen cargada y procesada en el sistema.
<b>Postcondiciones</b>	Plantilla de características del usuario.
<b>Errores</b>	Mala calidad en la imagen., fallas en los algoritmos de extracción.
<b>Tipo</b>	Primario

**Tabla 32. Descripción de Caso de Uso Extracción de Características.**

#### 5.2.2.9 Caso de Uso 9: Plantilla de Características

Una vez realizada la extracción de características de la imagen, obtenemos un vector de características para así poder generar una plantilla de características ya que este será el formato que se manejará de manera general y evitar conflictos entre la información.

<b>Identificador</b>	Caso de Uso 9
<b>Nombre</b>	Obtener plantilla de características.
<b>Actor</b>	Sistema

<b>Descripción</b>	El sistema almacena las características extraídas del iris en una plantilla.
<b>Objetivo</b>	Recopilar la plantilla de características y almacenarla en la base de datos.
<b>Entradas</b>	Vector de características.
<b>Salidas</b>	Plantilla de características.
<b>Precondiciones</b>	Que las características extraídas posean el formato correcto para el almacenamiento.
<b>Postcondiciones</b>	Plantilla de características almacenada en el repositorio del sistema.
<b>Errores</b>	Fallas de la inserción en la base de datos.
<b>Tipo</b>	Primario

**Tabla 33. Descripción de Caso de Uso Plantilla de Características.**

#### **5.2.2.10 Caso de Uso 10: Almacenar Información**

Ya que la información quedo en el formato debido, es necesario realizar el almacenaje de esta para poder consultarla posteriormente, esto se realiza en una base de datos.

<b>Identificador</b>	Caso de Uso 10
<b>Nombre</b>	Almacenar información en la base de datos
<b>Actor</b>	Sistema
<b>Descripción</b>	Después de que el sistema ha realizado todo el procedimiento del proceso de imagen y obtención de características, almacena toda la información en una base de datos.
<b>Objetivo</b>	Almacenar las características.
<b>Entradas</b>	Características de la imagen procesada.
<b>Salidas</b>	Ninguna.
<b>Precondiciones</b>	Las características que se almacenan deben contar con el formato necesario.
<b>Postcondiciones</b>	Características almacenadas.
<b>Errores</b>	Formato de la información incompatible.
<b>Tipo</b>	Primario

**Tabla 34. Descripción de Caso de Uso Almacenar Información.**

### 5.2.2.11 Caso de Uso 11: Comparar Plantilla

Después del proceso que lleva la imagen obtenido, tenemos la alternativa de realizar una identificación en la cual la plantilla obtenida en el proceso se compara con las ya almacenadas en la base de datos, obteniendo las distancias de la plantilla con las almacenadas.

Identificador	Caso de Uso 11
Nombre	Comparar plantilla de entrada con plantillas almacenadas
Actor	Sistema
Descripción	El sistema compara la plantilla que se obtiene a partir del proceso realizado anteriormente contra las demás plantillas almacenadas en la base de datos.
Objetivo	Comparar la plantilla de características contra las ya almacenadas.
Entradas	Plantilla de características.
Salidas	Vector de distancias de las características.
Precondiciones	La plantilla de características debe tener el formato debido.
Postcondiciones	Salida del vector de distancias.
Errores	Calculo de distancias.
Tipo	Primario

Tabla 35. Descripción de Caso de Uso Comparar Plantilla.

### 5.2.2.3 Caso de Uso 12: Identificar Usuario

Con base a las distancias obtenidas en la comparación, se toma la decisión sobre si la plantilla se identifico o en caso contrario.

Identificador	Caso de Uso 12
Nombre	Identificar si el usuario está inscrito o no
Actor	Sistema
Descripción	Después de realizar la comparación de plantillas el sistema decide si es que la plantilla se encontró o no dentro de la base de datos almacenadas con anterioridad.
Objetivo	Decidir si la muestra corresponde a alguna de las almacenadas en la base de datos.
Entradas	Vector de distancias.
Salidas	Decisión

<b>Precondiciones</b>	El vector de características debe tener el formato correcto.
<b>Postcondiciones</b>	Decisión, la plantilla fue identificada.
<b>Errores</b>	La plantilla no se encontró.
<b>Tipo</b>	Primario

Tabla 36. Descripción de Caso de Uso Modificar Usuario.

### 5.2.3 Trayectorias de casos de uso

#### Caso de uso 1 “Administrar información básica de usuarios”

1. El administrador accede al sistema.
2. El sistema muestra la interfaz de administrador.
3. El administrador ingresa su usuario y contraseña.
4. El sistema valida los datos ingresados por el administrador.
5. El sistema busca registro del Administrador en la Base de Datos.
6. El sistema otorga acceso al sistema.
7. El sistema muestra la interfaz de opciones para el administrador.

#### Trayectoria Alternativa A Datos Incorrectos

1. El sistema indica el error de acceso.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria anterior.

#### Caso de uso 2 “Dar de alta a usuarios del sistema”

1. El administrador elige la opción “Dar de alta usuario”
2. El sistema pide los datos del usuario.
3. El administrador ingresa la información del nuevo usuario.
4. El sistema almacena la información en la Base de Datos.
5. El Nuevo Usuario posiciona su ojo en el sensor.
6. El sistema adquiere la imagen obtenida por el sensor.
7. El sistema procesa la imagen.
8. El sistema extrae las características de la imagen ya vez procesada.
9. El sistema manda la información extraída a la Base de Datos.
10. La Base de Datos regresa al sistema el registro del usuario.
11. El sistema muestra el registro del Nuevo Usuario.

#### Trayectoria Alternativa A Datos Incorrectos

1. El sistema manda error de datos.
2. Regresa al paso 3 de la trayectoria anterior.

---

### **Caso de uso 3 “Dar de baja a usuarios inscritos al sistema”**

1. El administrador elige la opción “Dar de baja usuario”.
2. El administrador solicita el registro de un usuario.
3. El sistema extrae el registro de la Base de Datos.
4. El administrador elimina el registro del usuario.
5. El sistema elimina el registro de la Base de Datos.
6. El sistema muestra un mensaje de Usuario Eliminado.

#### Trayectoria Alternativa A Registro Inexistente

1. El sistema indica que el registro del usuario solicitado no existe en la Base de Datos
2. Regresa al paso 2.

### **Caso de uso 4 “Modificar información de usuarios inscritos al sistema”**

1. El administrador elige la opción “Modificar usuario”.
2. El administrador solicita el registro de un usuario.
3. El sistema extrae el registro de un usuario de la Base de Datos.
4. El administrador actualiza la información del usuario.
5. El sistema almacena la información actualizada en la Base de Datos.
6. El sistema muestra el registro actualizado del usuario.

#### Trayectoria Alternativa A Datos Incorrectos

1. El sistema indica el error de datos.
2. Regresa al paso 4 de la trayectoria anterior.

### **Caso de uso 6 “Obtener imagen del ojo del usuario”**

1. El sistema adquiere la imagen del usuario obtenida por el sensor.

#### Trayectoria Alternativa A Imagen no obtenida correctamente

1. El sistema indica que la imagen no se pudo obtener correctamente.
2. Regresa al paso 1 de la trayectoria anterior.

### **Caso de uso 7 “Procesar imagen”**

1. El sistema realiza la segmentación de la imagen
2. El sistema realiza la normalización de la imagen.

#### Trayectoria Alternativa A Error en el Procesado de imagen.

1. El sistema no pudo completar el procesamiento de imagen.
2. Regresa al paso 1 de la trayectoria anterior.

### **Caso de uso 8 “Extraer características de la imagen procesada”**



- 
1. El sistema realiza la extracción de características de la imagen del usuario una vez procesada.

Trayectoria Alternativa A Error en la extracción de características.

1. El sistema no pudo realizar la extracción de características de la imagen debido a una falla en el algoritmo.
2. Regresa al paso 1 de la trayectoria anterior.

### **Caso de uso 9 “Obtener plantilla de características”**

1. El sistema coloca las características extraídas de la imagen procesada en una plantilla.

Trayectoria Alternativa A Error en la obtención de plantilla de características.

1. El sistema no obtiene la plantilla de características.
2. Regresa al paso 1 de la trayectoria anterior.

### **Caso de uso 10 “Almacenar información de la plantilla en la base de datos”**

1. El sistema accede a la base de datos
2. El sistema almacena la plantilla de características obtenidas en la base de datos
3. La base de datos regresa al sistema la información de los vectores almacenados.

Trayectoria Alternativa A No se almacena correctamente la información en la base de datos.

1. La base de datos manda mensaje de error al sistema de que no se almacenaron correctamente los datos.
2. Regresa al paso 1 de la trayectoria anterior.

### **Caso de uso 11 “Clasificar la plantilla de entrada con plantillas almacenadas”**

1. El sistema aplica el algoritmo k-nn para clasificar la plantilla que contiene los vectores de características.

Trayectoria Alternativa A Error de clasificación.

1. El sistema muestra un error indicando que la clasificación no se pudo realizar.
2. Regresa al paso 1 de la trayectoria anterior.

### **Caso de uso 12 “Identificar si el usuario está inscrito o no”**

1. El sistema, de acuerdo a los resultados del clasificador, identifica al usuario.

### 5.3 Diagrama de Clases

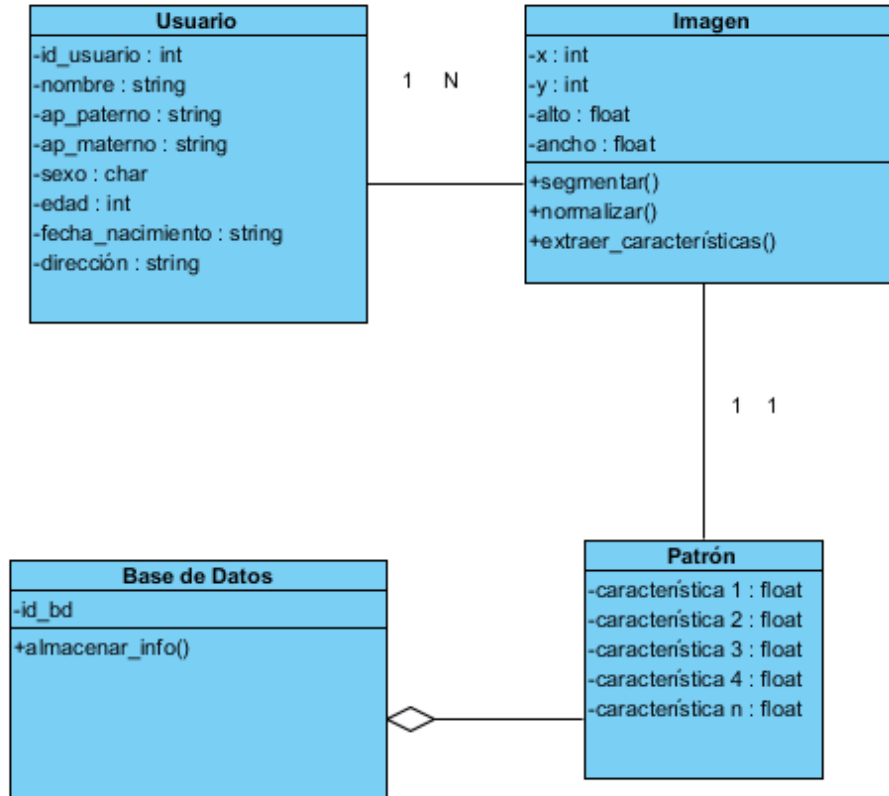


Diagrama 2. Clases.

## 5.4 Diagramas de Secuencia

### 5.4.1 Diagrama de Secuencia de Acceso al Sistema

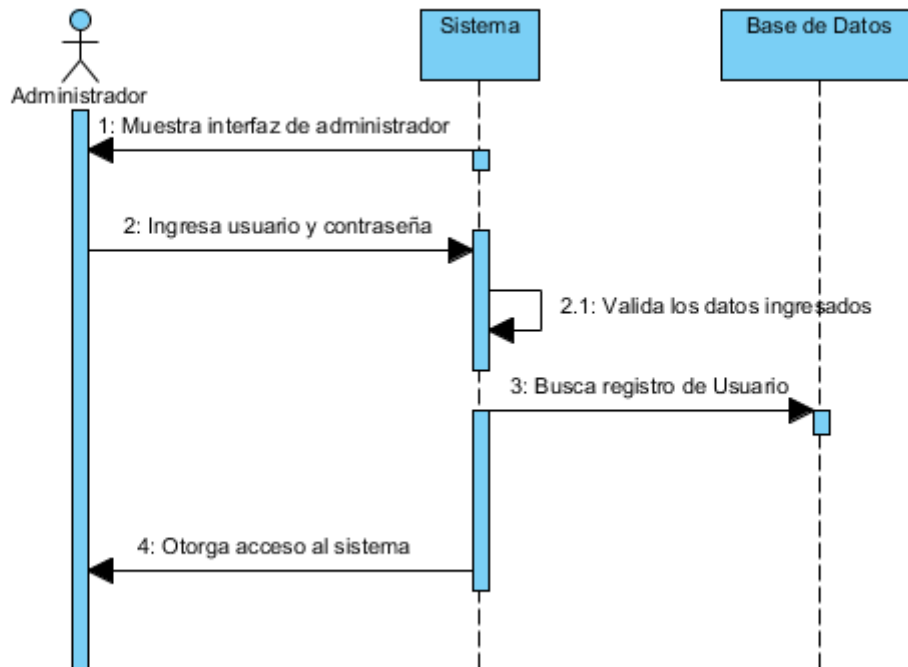


Diagrama 3. Secuencia Acceso al Sistema.

### 5.4.2 Diagrama de Secuencia de Alta de Usuario (fase de Inscripción)

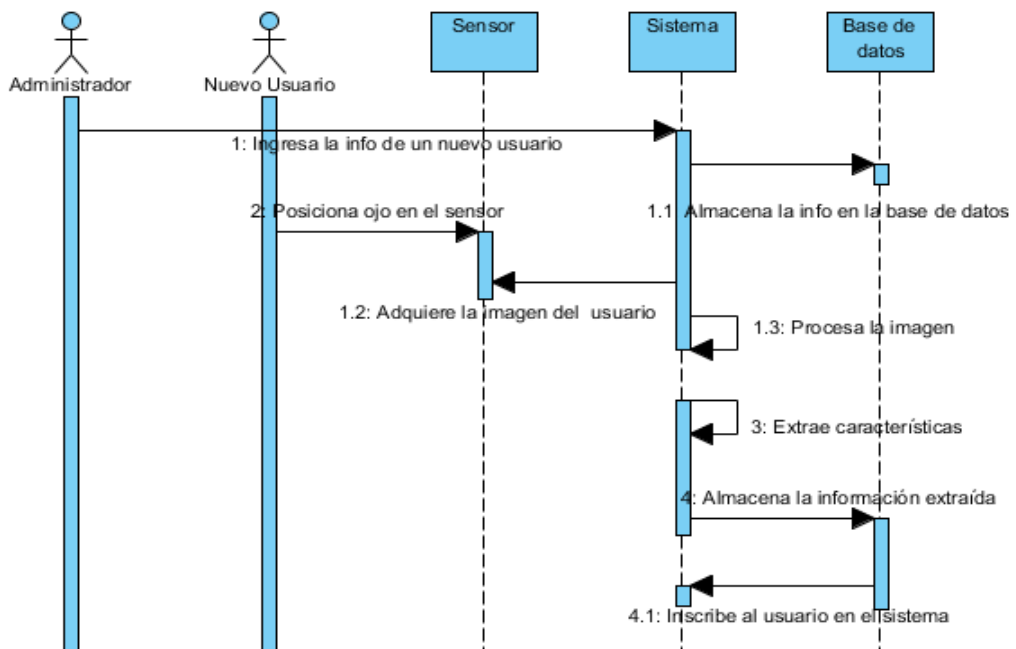


Diagrama 4. Secuencia Alta Usuario

### 5.4.3 Diagrama de Secuencia de Modificación de Usuario

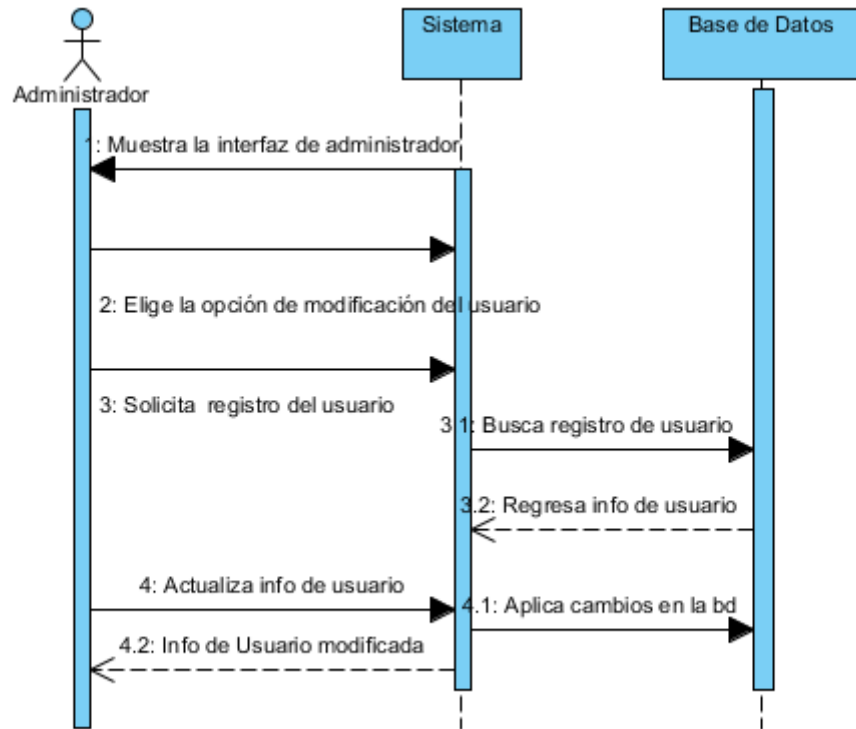
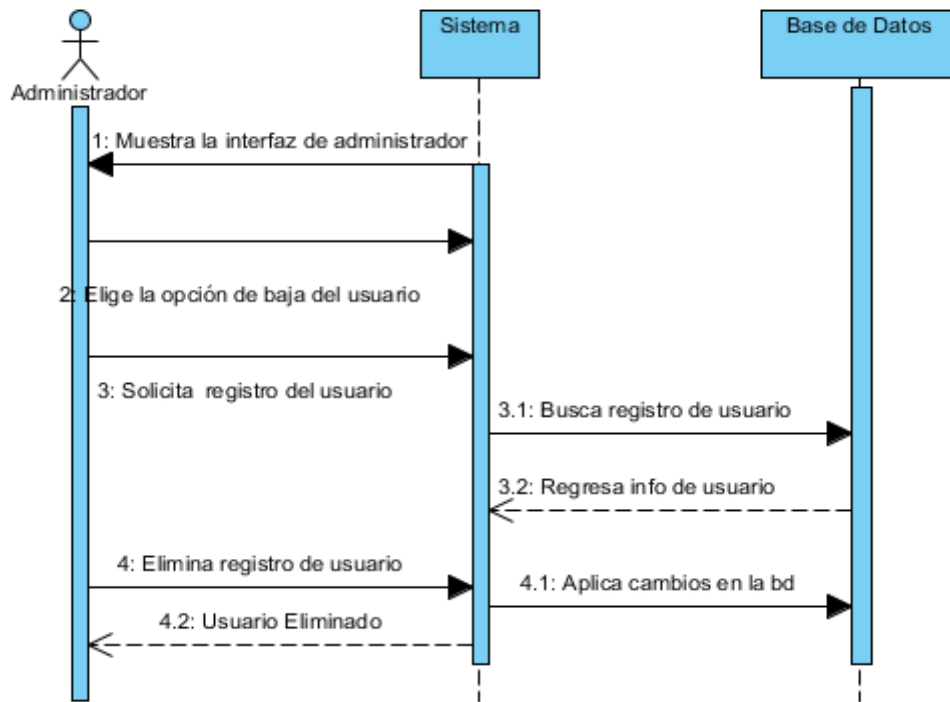


Diagrama 5. Secuencia Modificación de Usuario

### 5.4.4 Diagrama de Secuencia de Baja de Usuario



**Diagrama 6. Secuencia Baja Usuario.**

### 5.4.2 Diagrama de Secuencia de la Fase de Identificación

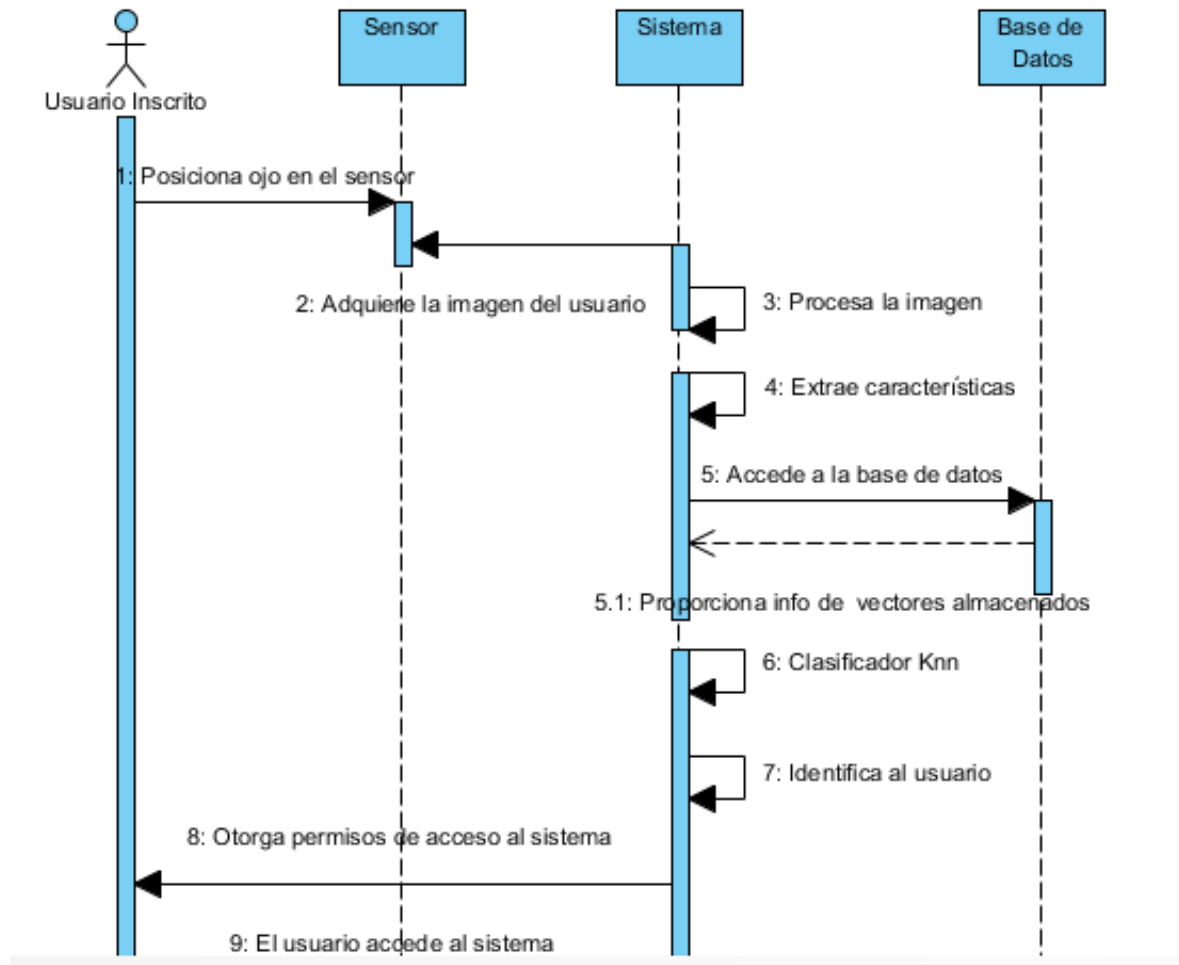


Diagrama 7. Secuencia Identificación.

## 5.5 Diagramas de diseño de Bases de Datos

### 5.5.1 Diagrama Entidad Relación

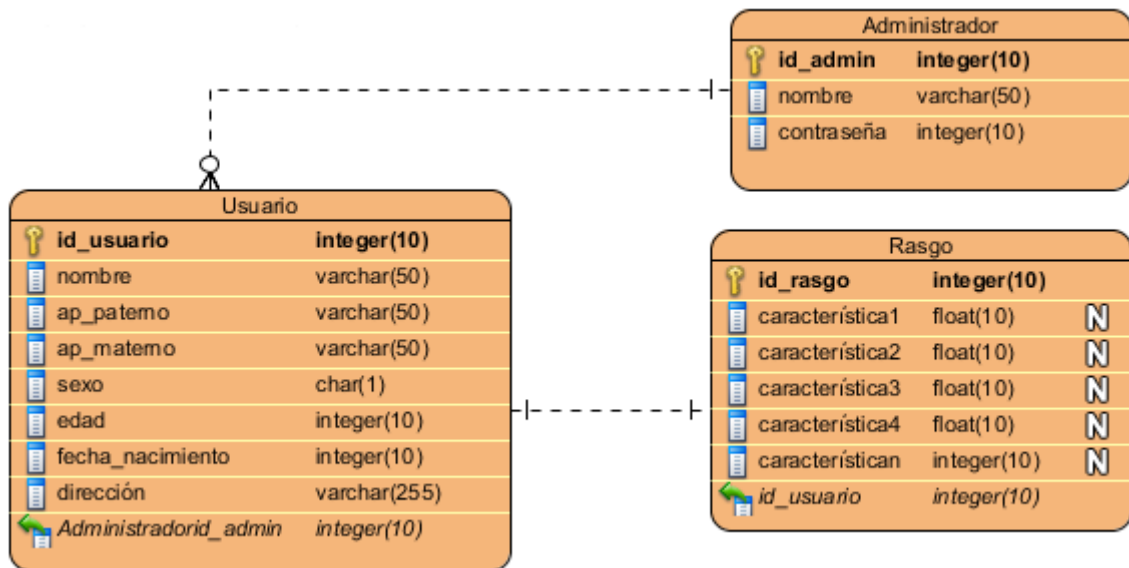


Diagrama 8. Entidad Relación.

---

# CAPÍTULO 6

## DESARROLLO

### 6.1 Herramientas

OpenCV (Open Source Computer Vision) es una librería de funciones de programación de la visión por ordenador en tiempo real. OpenCV es liberado bajo la licencia BSDI y por lo tanto es libre para uso académico y comercial. Cuenta con los lenguajes C + +, C, Python y Java interfaces (Android) y es compatible con los sistemas operativos Windows, Linux, Android y Mac OS.



#### 6.1.1 Aplicaciones

- Características 2D y 3D
- Sistemas de Reconocimiento Facial
- Reconocimiento de Gestos
- Interacción Humano-Computadora (HCI)
- Identificación de Objetos
- Segmentación y Reconocimiento
- Detección de Movimiento
- Realidad Aumentada

Para apoyar algunas de las áreas antes mencionadas, OpenCV incluye una librería de aprendizaje automático estadístico que contiene:

- Boosting (meta-algorithm)
- Árbol de decisiones de aprendizaje
- Árboles impulsar gradiente
- Expectativa de maximización algoritmo
- Algoritmo KNN (vecino más cercano)
- Clasificador Bayesiano
- Redes Neuronales Artificiales
- Máquina de vectores de soporte (SVM)



---

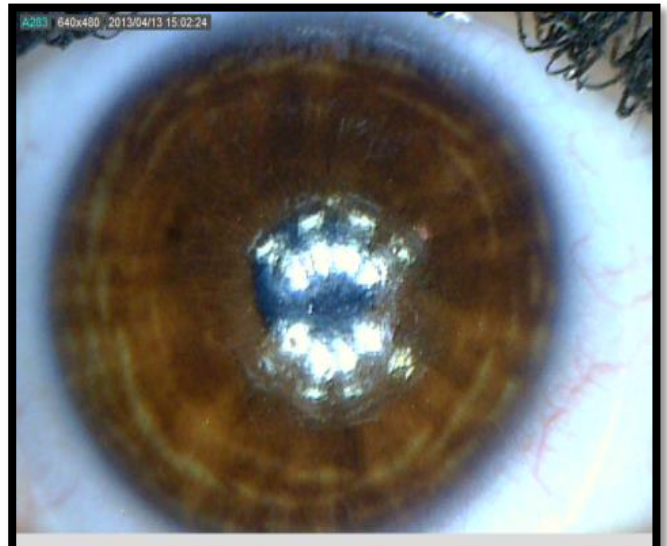
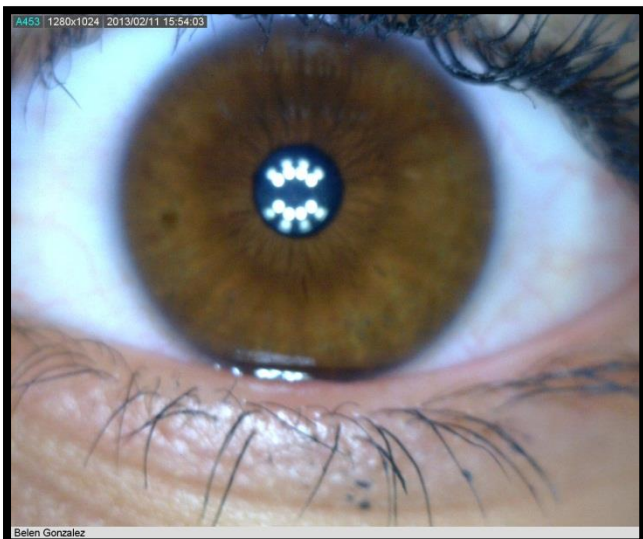
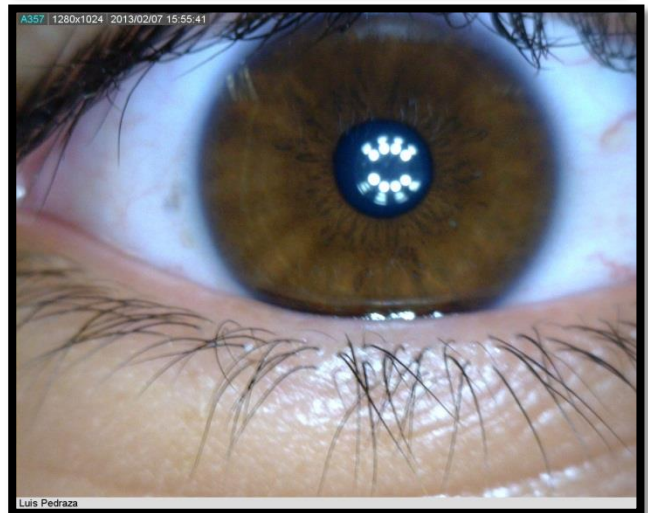
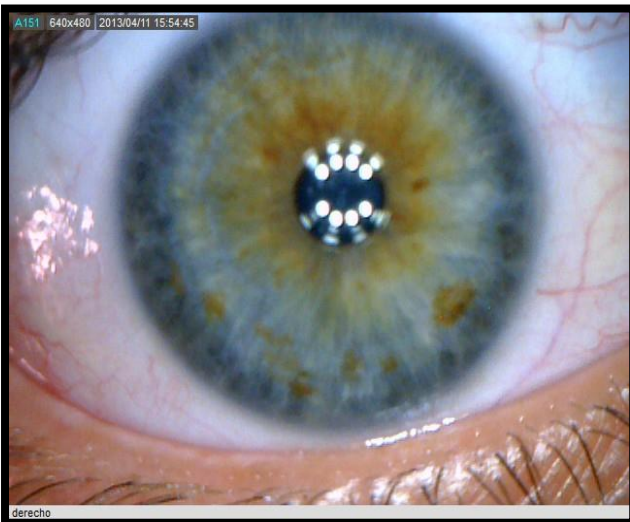
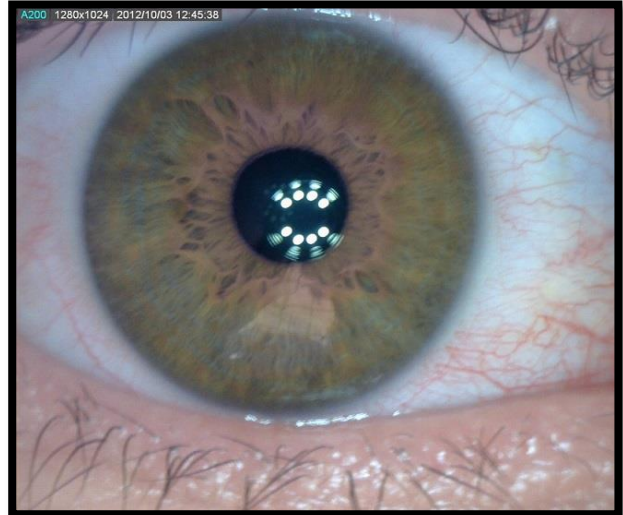
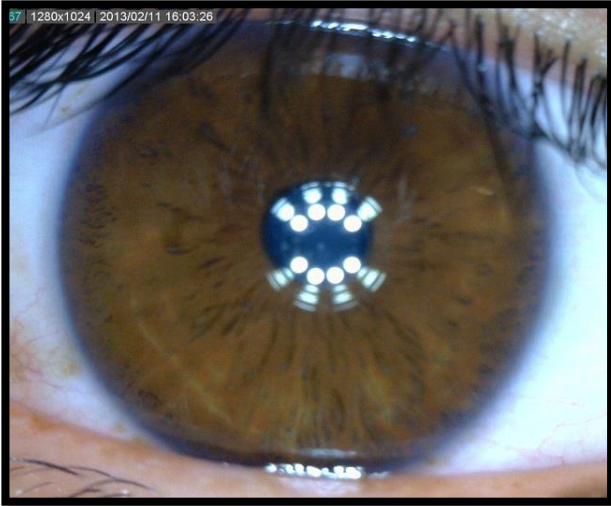
## 6.2 Construcción del sensor







### 6.3 Obtención del Banco de Imágenes



---

## 6.4 Procesamiento

### 6.4.1 Segmentación

#### *Escala de Grises*

Para comenzar con el procesamiento de la imagen, comenzamos con la aplicación del filtro Canny, el cual nos ayuda a la detección de bordes lo que a su vez nos ayudará para realizar la segmentación del iris, para esto utilizamos la función de openCV `cvCanny()`; pero para el funcionamiento de esta, es necesario pasar la imagen a una escala de grises, es por ello que cargamos la imagen en este formato, esto por medio de la función `cvLoadImage()`.

```
IplImage* gray_image = cvLoadImage("Pajarito.jpg", CV_LOAD_IMAGE_GRAYSCALE);
```



### *Filtro Canny*

```
cvCanny( gray_image, gray_image, 50, 50, 3);
```

La función busca los bordes en una imagen de entrada y los marca en la imagen de salida usando el algoritmo de Canny. El valor más pequeño entre el tercer y cuarto parámetro se utiliza para el borde de unión, el mayor valor se utiliza para encontrar los segmentos iniciales de bordes fuertes.[24]

Lista de Parámetros

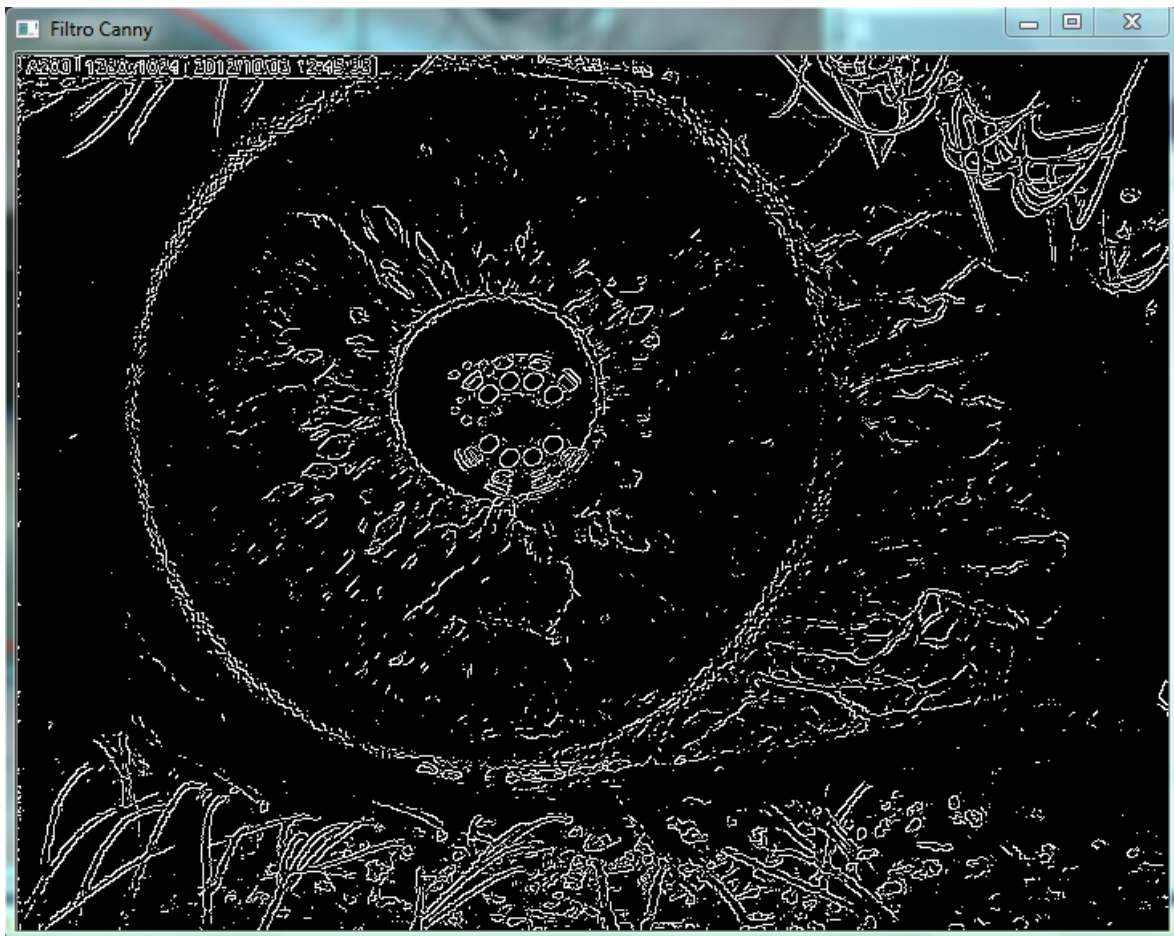
**Parámetro 1:** Imagen de entrada de un canal.

**Parámetro 2:** Imagen de salida de un solo canal para almacenar los bordes encontrados por la función.

**Parámetro 3:** Primer umbral.

**Parámetro 4:** Segundo umbral.

**Parámetro 5:** Tamaño de apertura para el operador Sobel.



### *Filtro Smooth*

```
cvSmooth( gray_image, gray_image, CV_GAUSSIAN, 11, 11 );
```

---

La función suaviza una imagen utilizando uno de varios métodos. Cada uno de los métodos tiene algunas de las características y restricciones que figuran a continuación

Trabaja con imágenes de un solo canal y sólo admite la acumulación de 8 bits a formato 16-bit (similar a Sobel y Laplace) y de punto flotante de 32 bits en formato de punto flotante de 32 bits.[25]

Lista de Parámetros

**Parámetro 1:** Imagen de entrada.

**Parámetro 2:** Imagen de salida.

**Parámetro 3:** Tipo de suavizado.

**CV\_GAUSSIAN** convolución lineal con param1 x param2 Gaussian kernel.

**Parámetro 4:** El primer parámetro de la operación de suavizado, la anchura de la abertura. Debe ser un número impar positivo (1, 3, 5, ...).

**Parámetro 5:** El segundo parámetro de la operación de suavizado, la altura de la abertura.



### *Transformada de Hough*

```
CvSeq* circles = cvHoughCircles( gray_image, storage, CV_HOUGH_GRADIENT, 1.3,  
gray_image->height/4, 200, 100);
```

En la transformada de Hough para círculos, la función utiliza tres parámetros a definir. [26]

C: (coordenada x, coordenada y, radio)

Lista de Parámetros

**Parámetro 1:** Imagen de entrada (escala de grises)

**Parámetro 2:** Un vector que almacena conjuntos de 3 valores: para cada círculo detectado.

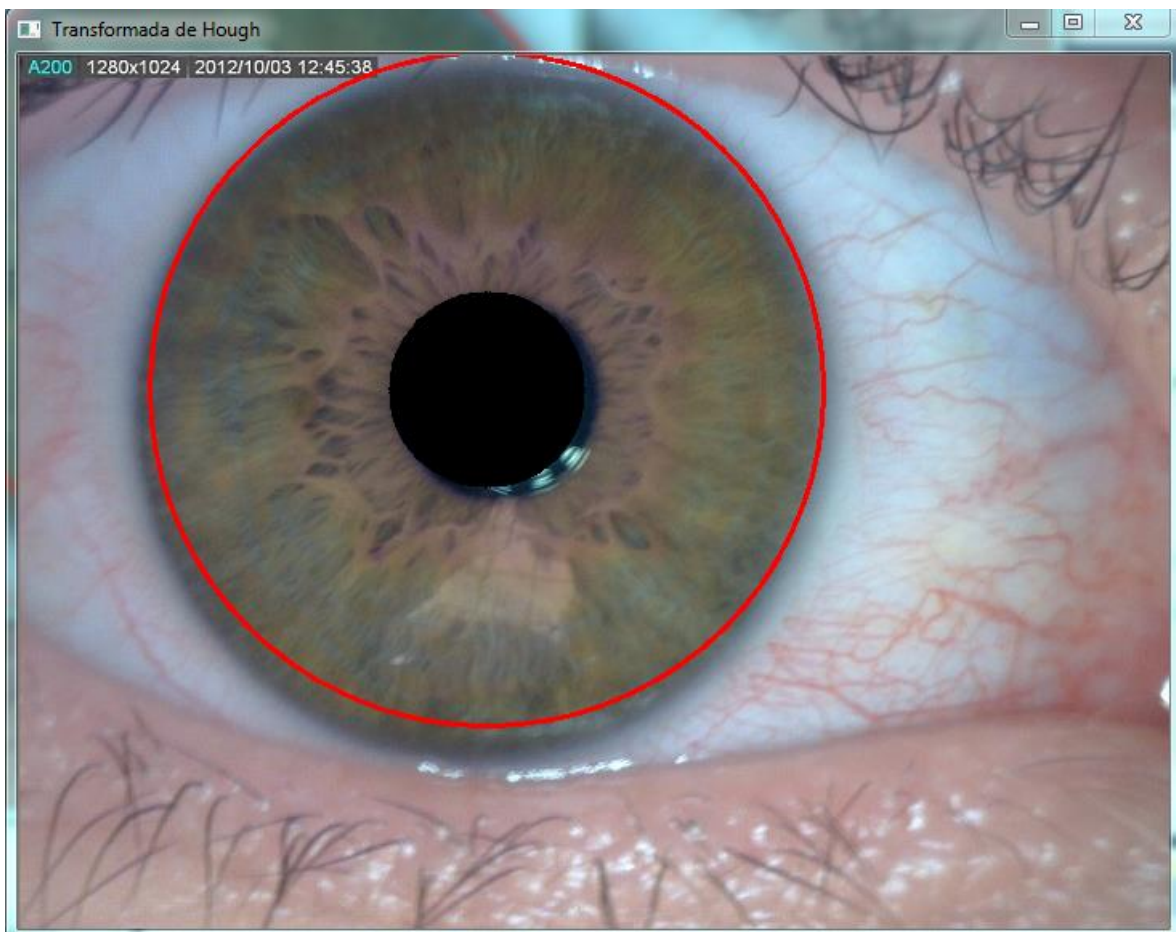
**CV\_HOUGH\_GRADIENT:** Definir el método de detección. Actualmente este es el único disponible en OpenCV

**Parámetro 3:** La relación inversa de la resolución

**Parámetro 4:**  $\text{src\_gray.rows} / 8$ : Distancia mínima entre ejes detectados

**Parámetro 5:** 200: Límite superior para el detector de bordes de Canny interna

**Parámetro 6:** 100 \*: Umbral de detección de centro.





---

### *Áreas de Interés ROI (Region Of Interest)*

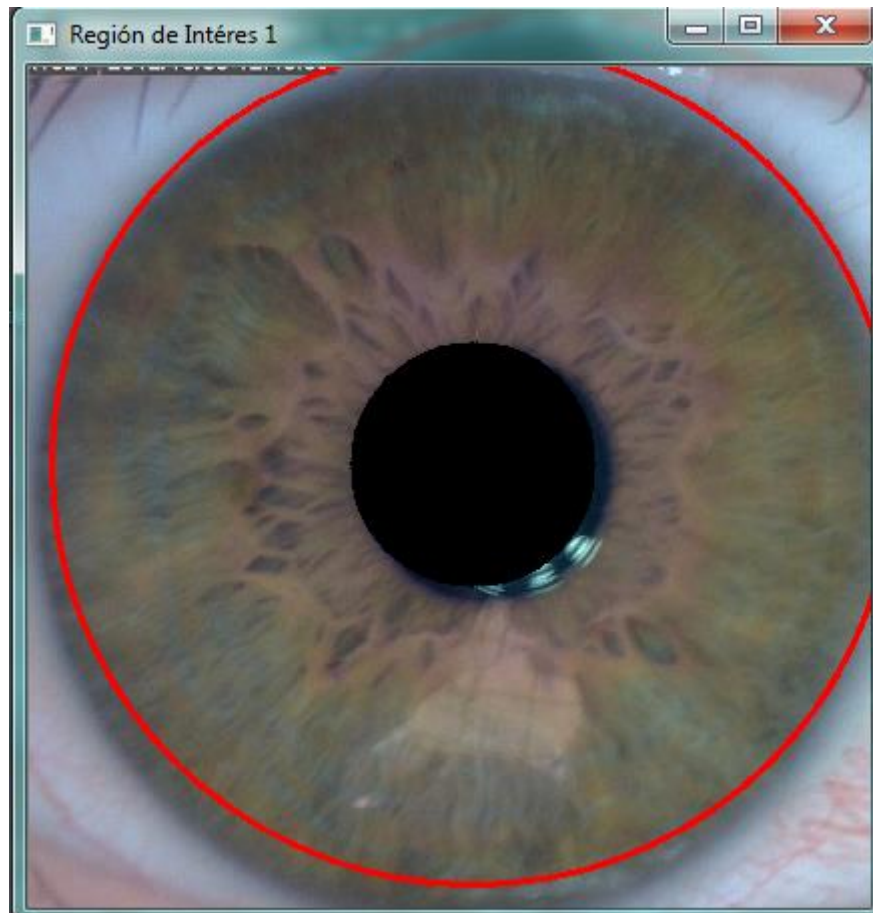
`cvSetImageROI(src, cvRect( pt1.x, pt1.y, width, height ));`

Establece la Región de interés (ROI) de una imagen en un rectángulo dado.[27]

Lista de Parámetros

**Parámetro 1:** Imagen de entrada..

**Parámetro 2:** Rectángulo ROI, CvRect (coordenada x, coordenada y, ancho, alto).



### 6.4.2 Normalización

```
cvLogPolar( src, normalizada, cvPoint2D32f(215,215), 40,  
CV_INTER_LINEAR+CV_WARP_FILL_OUTLIERS );
```

Esta función convierte una imagen a un espacio de coordenadas polares.[28]

Lista de Parámetros

**Parámetro 1:** Imagen de entrada.

**Parámetro 2:** imagen de salida.

**Parámetro 3:** El centro de transformación, donde la precisión de salida es máxima

**Parámetro 4:** parámetro de escala Magnitud.

**Parámetro 5:** CV\_WARP\_FILL\_OUTLIERS - llena todos los píxeles de la imagen de destino. Si algunos de ellos corresponden a los valores atípicos en la imagen de origen, que se establecen en cero.



### 6.4.3 Región de Interés 2

A la imagen resultante se le aplica una función ROI para delimitar nuevamente nuestra área de interés.



---

## 6.5 Extracción de Características

Para esta parte del sistema, se decidió hacer uso de los colores RGB de la imagen para tomarlos en cuenta cada canal como una característica, es decir que a partir de la imagen normalizada obtendremos 3 características, estas serán el promedio de los canales RGB de la imagen completa.

Más adelante notamos que existía una diferencia de colores en la imagen normalizada del iris, por ello decidimos dividir la imagen en 2 partes, 1 contiene la parte más cercana a la pupila y la segunda pertenece a partir del cambio de color de esta, es por ello que al final obtenemos 6 características en total de la imagen.

El proceso que se utiliza para la obtención de estas características es recorrer la imagen pixel por pixel, obteniendo así el promedio de cada pixel en su respectivo canal RGB.

## 6.6 Clasificación y Decisión

Para la parte de clasificación y decisión, hacemos uso del algoritmo K-NN, creamos una matriz que contiene todos los promedios almacenados en la base de datos de cada uno de los usuarios inscritos.

Posteriormente se obtiene el promedio de la imagen a clasificar para calcular las distancias de la imagen con cada una de las almacenadas, esto por medio de la distancia euclidiana, esto nos regresa una tabla con el identificador de cada clase y su respectiva distancia con respecto a la muestra en cuestión, por medio del algoritmo de burbuja, ordenamos las distancias de menor a mayor, obteniendo así la muestra más cercana.

Finalmente comparamos con el umbral y así se toma la decisión, si la distancia es menor a dicho umbral, nos regresa que dicha persona se encuentra inscrita en el sistema, en caso contrario regresa que el usuario no se encuentra almacenado.

## 6.7 Interfaz Gráfica de Usuario

- La primera pantalla del Sistema de Reconocimiento de Personas mediante el Reconocimiento de Iris (SIPRI-ULL) consiste en un login, donde el Administrador ingresará su nombre de usuario y su correspondiente contraseña para poder acceder al sistema.



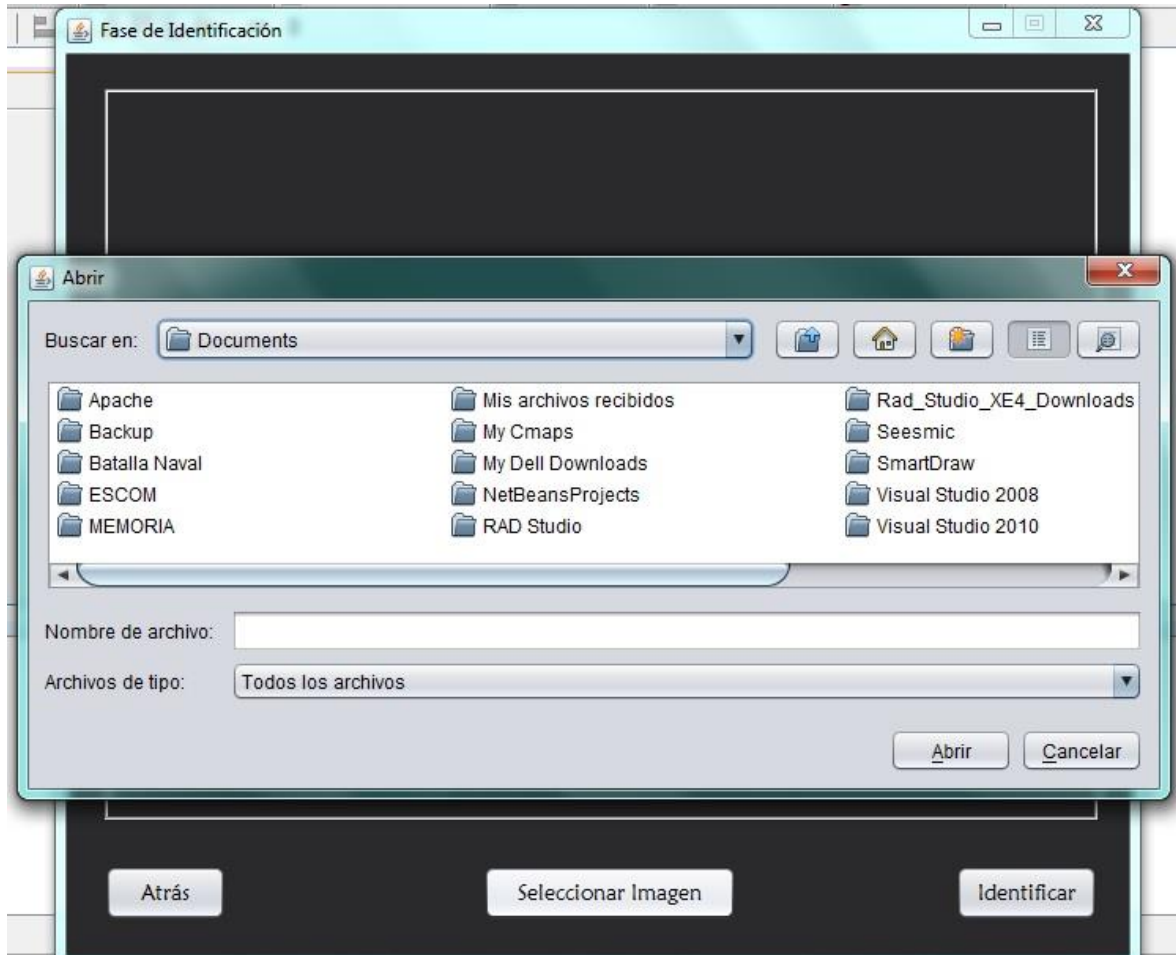
- Después de haber iniciado sesión, el Administrador podrá elegir entre dos opciones principales del Sistema, la primera de ellas es la fase de Inscripción dónde se registra a los usuarios, y la segunda opción es la Fase de Identificación, la cual permite reconocer la identidad de los usuarios que se han inscrito con anterioridad al sistema SIPRI-ULL.



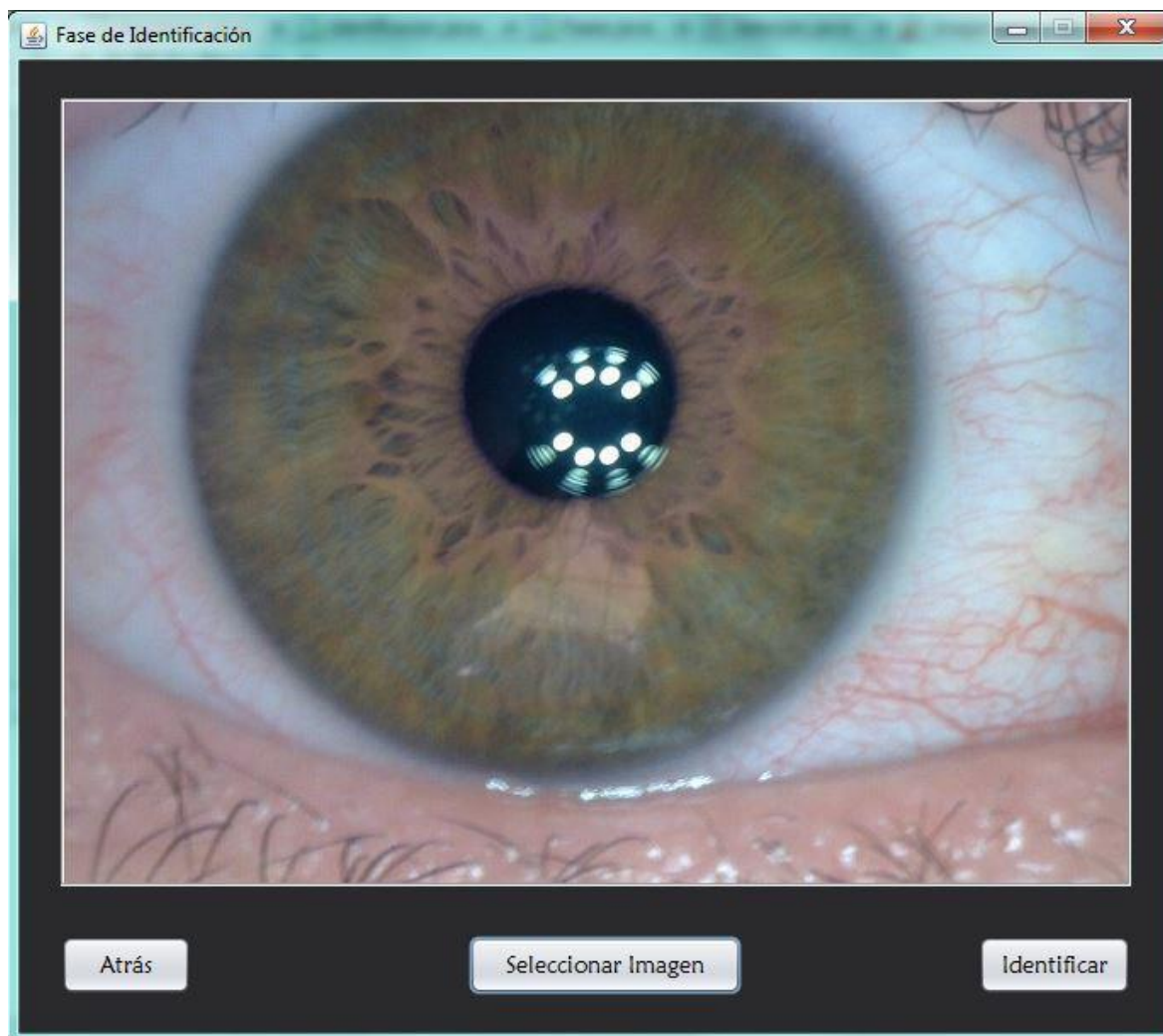
- Al elegir la fase de Inscripción, el Administrador podrá ingresar la información general del usuario, y ésta será almacenada en la base de datos.

The image shows a software window titled "Fase de Inscripción". The main heading is "Inscripción" followed by the sub-heading "Datos Generales". Below this, there are five input fields: "Nombres(s)", "Apellido Paterno", "Apellido Materno", "Sexo", and "Edad". The "Nombres(s)" field contains a single vertical bar. Below the "Datos Generales" section is the "Dirección" section, which contains four input fields: "Calle y No.", "Municipio/Delegación", "Colonia", and "Estado". At the bottom of the window, there are two buttons: "Atrás" on the left and "Siguiente" on the right.

- En la Fase de Identificación, al dar “clic “ sobre el botón “seleccionar imagen” se abrirá un explorador de archivos para importar la imagen del ojo de la persona que desea identificarse, en caso contrario dar “clic” al botón “atrás” para regresar a la pantalla anterior (registro de información personal).



- Con la imagen ya cargada en la pantalla, al dar “clic” sobre el botón “Identificar” y se llevará a cabo el proceso de identificación del iris.





---

## CONCLUSIONES

Con el Trabajo Terminal 2012-A036 se logró realizar la identificación de personas mediante la imagen del iris, sin embargo existen factores que puedan alterar o afectar los resultados, ejemplo de ellos son las condiciones de iluminación, posición, ángulo con que se adquiera la imagen.

En la parte de la extracción de características, a pesar que hay muchos trabajos de investigación sobre el reconocimiento de iris, se encontró poca información sobre la implementación de los algoritmos y es necesario que trabajos posteriores profundicen en este tema, sin embargo con las características del promedio de los canales RGB que se obtuvieron se logró el objetivo este trabajo.

## TRABAJO A FUTURO

Las mejoras que se pueden realizar al proyecto consisten en:

- ✓ Cambiar el dispositivo de adquisición de las imágenes para poder tener una mayor calidad en éstas y evitar de esta manera que factores externos como la iluminación, posición o ángulo alteren los resultados del sistema.
- ✓ Investigar más a fondo acerca de la extracción de características únicas en el iris, para poder garantizar una mayor precisión en el sistema.
- ✓ El cambio del módulo de clasificación, el cual permitirá el cálculo de distancias en menor tiempo y el aumento de muestras en el banco de imágenes.

---

## REFERENCIAS

- [1] Sergio Ochoa Ovalle, Omar Cervantes Sánchez. "SEGURIDAD INFORMATICA". Julio 2012. [Online]. Disponible: <http://www.eumed.net/rev/cccss/21/oocs.html>.
- [2] Anil K. Jain, Arun A. Roos, Karthik Nandakumar. "Introduction to Biometrics". Springer New York Dordrecht Heidelberg London, 2011.
- [3] Miguel Equihua Zamora, Mario Ojeda. Biometría: ¿Medir la vida? Julio 2009, [Online]. Disponible: <http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/233/Articulos/Biometria/Biometria2.html>.
- [4] Carlos Andrés Madrigal González, Jaime León Ramírez Madrigal, Juan Carlos Hoyos Arbeláez, David Stephen Fernaádez. Diseño de un sistema biométrico de identificación usando sensores capacitivos para huellas dactilares. Marzo 2007. [Online]. Disponible: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302007000100002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302007000100002&script=sci_arttext).
- [5] John Daugman. How Iris Recognition Works, IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, Vol. 14, No. 1, Enero 2004.
- [6] Adolfo Arreola García. Sistemas Biométricos y su aplicación. Enero 2012. [Online]. Disponible: <http://vinculando.org/salud/sistemas-biometricos-y-su-aplicacion.html>.
- [7] Paulina Alejandra Baldo Romero, Josué García Molina. "Autenticación Biométrica de Personas por medio del Reconocimiento del Iris", Tesis de licenciatura, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Instituto Politécnico Nacional), Distrito Federal, México, 2007.
- [8] Rafael Coomonte Belmonte. SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PERSONAS MEDIANTE SU PATRÓN DE IRIS BASADO EN LA TRANSFORMADA WAVELET. Proyecto de Fin de Carrera, E. T. S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, Departamento de Matemáticas Aplicada a las Tecnologías de la Información, Madrid, España, 2006.

- 
- [9] James Wayman, Anil Jain, Davide Maltoni y Dario Maio (Eds). *Biometric System*. Springer, Verlag London, 2005.
- [10] John R. Vacca. *Biometric Technologies and Verification System*. Elsevier. London 2007.
- [11] Nikolaos V. Boulgouris, Konstantinos N. Plataniotis, Evangelia Micheli-Tzanakou. *Biometrics Theory, Methods, and Applications*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2010.
- [12] Abdelmalik Moujahid, Iñaki Inza y Pedro Larrañaga. *Clasificadores K-NN*. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea
- [13] Marcos González Urbano. Reconocimiento de Iris. Tesis de licenciatura, Universidad de Barcelona, Barcelona, España.
- [14] Mojtaba Najafi, Sedigheh Ghofrani. Iris Recognition Based on Using Ridgelet and Curvelet Transform. Electrical Engineering Department, Azad University, Sout Tehran Branch, Tehtan, Iran.
- [15] Laura Florian Cruz, Fredy Carranza Athó. "Reconocimiento del Iris", Tópicos Especiales en Procesamiento Gráfico, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2006.
- [16] Patnala S.R. Chandra Murty, E.Sreenivasa Reddy, I. Ramesh Babu. Iris Recognition System Using Fractal Dimensions of Haar Patterns. Research Scholar, Department of Computer Science and Engineering, Jawaharlal Technological University, Vasireddy Venkatadri Institute of Technology, Acharya Nagarjuna University, Guntur, A.P., India.
- [17] Dr. Roman Swiniarski. Experiments on Human Iris Recognition using Error Backpropagation Artificial Neural Network. Prepared for Neural Network Class of Spring Semester, Paulo Eduardo Merloti (PADU), 2004.
- [18] S. S. Chowhan, U. V. Kulkarni, G. N. Shinde. Iris Recognition Using Modified Fuzzy Hypersphere Neural Network with different Distance Measures. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Dept. of Computer Science, Dept. of Elec. & Computer Science, Indira Gandhi College, Nanded, India.
- [19] Amadeo José Argüelles Cruz. REDES NEURONALES ALFA-BETA SIN PESOS: TEORÍA Y FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN. Tesis de Doctorado,

---

Centro de Investigación en Computación (Instituto Politécnico Nacional), Distrito Federal, México, 2007.

- [20] Luis M. Molinero. Métodos estadísticos de Clasificación. Asociación de la sociedad Española de Hipertensión, Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial. Diciembre 2002.  
The top ten algorithms in data mining xindong Wu Vipin Kumar CRC Press
- [21] “El color de una imagen digital”, Disponible en <http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE/tradiimg.htm>
- [22] “Implementación del Detector de Bordes de Canny sobre Redes Neuronales Celulares”, Disponible en: <http://eii.unex.es/profesores/jalvarof/pdf/canny00.pdf>
- [23] “Transformada de Hough”, Mayo 2013, Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Transformada\\_de\\_Hough](http://es.wikipedia.org/wiki/Transformada_de_Hough)
- [24] OpenCV 2.0 C Reference, “Feature Detection”, Disponible en [http://opencv.willowgarage.com/documentation/feature\\_detection.html](http://opencv.willowgarage.com/documentation/feature_detection.html)
- [25] Opencv v2.1 documentation, “Image Filtering”, Disponible en [http://opencv.willowgarage.com/documentation/c/image\\_filtering.html](http://opencv.willowgarage.com/documentation/c/image_filtering.html)
- [26] OpenCV 2.4.5.0 documentation, “Hough Circle Transform”, Abril 2013, Disponible en [http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/hough\\_circle/hough\\_circle.html](http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/hough_circle/hough_circle.html)
- [27] opencv v2.1 documentation, “Operations and Arrays” Disponible en [http://opencv.willowgarage.com/documentation/python/core\\_operations\\_on\\_arrays.html#index-5494](http://opencv.willowgarage.com/documentation/python/core_operations_on_arrays.html#index-5494)
- [28] OpenCV 2.0 C Reference, “Geometric Image Transformation”, Disponible en [http://opencv.willowgarage.com/documentation/geometric\\_image\\_transformations.html](http://opencv.willowgarage.com/documentation/geometric_image_transformations.html)