

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

**SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA  
EL CONTROL DE INGRESO DE  
PERSONAS A LA UNJBG**

**TESIS**

Presentada por:

**Bach. Gunar Elias Cruz Sucasaca**

Para optar el Título Profesional de:





**INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS**

TACNA - PERÚ

2022

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS**  
**SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA EL CONTROL DE INGRESO**  
**DE PERSONAS A LA UNJBG**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 30 DE SEPTIEMBRE DEL 2022  
ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Presidente	:	 _____
		Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta
Secretario	:	 _____
		Dr. Erbert Francisco Osco Mamani
Vocal	:	 _____
		Mgr. Gianfranco Alexey Málaga Tejada
Asesor	:	 _____
		Dr. Edwin Antonio Hinojosa Ramos

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**JURADO CALIFICADOR Y CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**TESIS N° \_\_\_\_\_**

**TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero en Informática y Sistemas**

La Secretaría Académica Administrativa de la Facultad de Ingeniería, por Resolución de Facultad N° 07267-2022-FAIN/UNJBG, designó jurado para la sustentación oral de la Tesis titulada: SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA EL CONTROL DE INGRESO DE PERSONAS A LA UNJBG.

**El mismo que está conformado por:**

Presidente: Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta

Secretario: Dr. Erbert Francisco Osco Mamani

Vocal: Mgtr. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

Para calificar la sustentación de la tesis en acto público el día 30 de setiembre del 2022, presentado por el Bachiller Gunar Elias Cruz Sucasaca, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Informática Y Sistemas.

El jurado calificador en forma secreta e individual emitió su opinión sobre el tema de la tesis expuesta y procedió a obtener el promedio que arrojó el calificativo de aprobado con la nota de Doce (12).

Para ratificar lo detallado firman:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Edgar Aurelio Taya Acosta  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Erbert Francisco Osco Mamani  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Mgtr. Gianfranco Alexey Málaga Tejada  
Vocal

## CERTIFICADO DE SIMILITUD N° 001-2023-EAHR

Yo, **EDWIN ANTONIO HINOJOSA RAMOS**, en mi condición de asesor de tesis acreditado por la Resolución de Facultad N° 04431-2017-FAIN/UNJBG de la tesis titulada: *“SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA EL CONTROL DE INGRESO DE PERSONAS A LA UNJBG”* presentado por el BACH. GUNAR ELIAS CRUZ SUCASACA para optar el Título Profesional de Ingeniero en Informática y Sistemas. Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 9%; por lo que **CERTIFICO QUE LA SIMILARIDAD** de la tesis está de acuerdo al nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio Institucional**. Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del Título Profesional.

*Tacna, 30 de enero del 2023*



DR. EDWIN ANTONIO HINOJOSA RAMOS  
DNI 00488610  
CIP 69908

NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis Gunar Cruz - Ortografía revisada.docx**

AUTOR

**Gunar Cruz**

RECUENTO DE PALABRAS

**16568 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**95774 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**129 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 30, 2023 7:14 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 30, 2023 7:16 PM GMT-5****● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Fuentes excluidas manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente



DR. EDWIN ANTONIO HINOJOSA RAMOS  
ASESOR

## ***Dedicatoria***

*A Dios, por mostrarnos día a día  
que, con humildad, paciencia y  
sabiduría, todo es posible.*

## **Agradecimientos**

*A los docentes de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por quienes he llegado a obtener los conocimientos necesarios para poder desarrollar la tesis, por sus acertadas orientaciones para la realización de la presente investigación.*

*A mi familia que en todo momento me estuvieron dando ánimos para continuar, con sólo el propósito de poder brindarme su apoyo e incentivar me a que siga hasta terminar con mi objetivo, el logro de mi titulación.*

## ÍNDICE TEMÁTICO

ÍNDICE TEMÁTICO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1 Antecedentes del problema a investigar .....	19
1.2 Descripción del problema.....	24
1.3 Formulación del problema .....	25
1.3.1 Problema general .....	25
1.3.2 Problemas específicos .....	25
1.4 Objetivos de la investigación.....	26
1.4.1 Objetivo general .....	26
1.4.2 Objetivos específicos.....	26
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	26
1.6 Alcances y limitaciones .....	26
1.6.1 Alcance .....	26
1.6.2 Limitaciones .....	27
1.7 Viabilidad del estudio.....	27
1.8 Formulación de hipótesis .....	27
1.8.1 Hipótesis general.....	27
1.8.2 Hipótesis específicas .....	28
1.9 Variables de estudio .....	28
1.9.1 Definición de variables .....	28
1.10 Operacionalización de variables .....	29
1.11 Clasificación de las variables .....	29
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	30

2.1	Antecedentes de trabajo de investigación.....	30
2.2	Bases teóricas .....	31
2.3	Definiciones conceptuales .....	38
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....		42
3.1	Planteamiento metodológico .....	42
3.2	Población y muestra .....	43
3.3	Equipos y materiales .....	43
3.4	Procesamiento de las pruebas experimentales .....	44
3.5	Técnicas de recolección de datos .....	44
3.5.1	Diseño del Instrumento.....	45
3.6	Técnicas para el procesamiento de datos.....	46
3.6.1	Fase de análisis de requisitos.....	46
3.6.2	Fase de análisis y diseño preliminar .....	51
3.6.3	Fase de diseño .....	56
3.6.4	Fase de implementación .....	61
CAPÍTULO IV RESULTADOS.....		74
4.1	Descripción de las pruebas experimentales .....	74
4.1.1	Indicador 1: Eficiencia en el control de ingreso de personas.....	74
4.1.2	Indicador 2: Ecuanimidad entre Autovectores y autovalores. ....	76
4.1.3	Indicador 3: Cantidad de reconocimientos correctos .....	80
4.2	Presentación y análisis de los resultados .....	82
4.2.1	Prueba de normalidad .....	82
4.3	Contrastación de hipótesis.....	83
4.3.1	Hipótesis general.....	83
4.3.2	Prueba de hipótesis específica 1 .....	84
4.3.3	Prueba de hipótesis específica 2.....	85
4.3.4	Prueba de hipótesis específica 3.....	86
CAPÍTULO V DISCUSIÓN .....		88

5.1	Análisis de resultados del indicador grado actual de eficiencia en el control de ingreso .....	88
5.2	Análisis de resultados del indicador matriz de proyección óptimo. ....	89
5.3	Análisis de resultados del indicador cantidad de resultados correctos. ....	90
	CAPÍTULO VI CONCLUSIONES .....	91
	RECOMENDACIONES.....	92
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
	ANEXO 1. Ficha de Campo .....	100
	ANEXO 2. Validación del Instrumento .....	101
	ANEXO 3. FICHA DE CAMPO CON DATOS OBTENIDOS .....	104
	ANEXO 4. Tabla de distribución “Z” .....	105
	ANEXO 5. Matriz de Consistencia .....	106
	ANEXO 6. Manual de Usuario del Sistema de Reconocimiento .....	107
	ANEXO 7. Código Fuente del Sistema de Reconocimiento.....	111

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	29
Tabla 2. Correspondencia entre los indicadores del control de ingreso de personas e ítems del cuestionario.....	46
Tabla 3. Tabla de actores .....	49
Tabla 4. Descripción del caso de uso de registrar datos.....	51
Tabla 5. Descripción del caso de uso de capturar imagen.....	52
Tabla 6. Descripción del caso de uso de detectar rostro.....	52
Tabla 7. Descripción del caso de uso de extraer características .....	53
Tabla 8. Descripción del caso de uso de calcular eigenfaces. ....	53
Tabla 9. Descripción del caso de uso de entrenar red neuronal .....	54
Tabla 10. Descripción del caso de uso de capturar imagen a reconocer .....	54
Tabla 11. Descripción del caso de uso de identificar personaje.....	55
Tabla 12. Descripción del caso de uso de mostrar reporte .....	55
Tabla 13. Pre-test y post-test para el indicador eficiencia en el control de ingreso de personas .....	74
Tabla 14. Pre-test y post-test para el indicador cantidad de reconocimientos correctos .....	80
Tabla 15. Prueba de normalidad del indicador eficiencia .....	82
Tabla 16. Prueba de normalidad del indicador ecuanimidad .....	82
Tabla 17. Prueba de normalidad del indicador eficacia del sistema .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen y píxeles.....	33
Figura 2. Fases del proceso de desarrollo ágil ICONIX.....	37
Figura 3. Modelo de dominio.....	48
Figura 4. Caso de uso del administrador.....	50
Figura 5. Caso de uso del vigilante.....	50
Figura 6. Interfaz del sistema de reconocimiento.....	51
Figura 7. Diagrama de robustez para el reconocimiento facial.....	56
Figura 8. Diagrama de secuencia registros datos.....	56
Figura 9. Diagrama de secuencia capturar imagen.....	57
Figura 10. Diagrama de secuencia detectar rostro.....	57
Figura 11. Diagrama de secuencia extraer características.....	58
Figura 12. Diagrama de secuencia calcular eigenfaces.....	58
Figura 13. Diagrama de secuencia entrenar red neuronal.....	59
Figura 14. Diagrama de secuencia capturar imagen a reconocer.....	59
Figura 15. Diagrama de secuencia identificar personaje.....	60
Figura 16. Diagrama de secuencia mostrar reporte.....	60
Figura 17. Arquitectura del sistema.....	61
Figura 18. Funcionamiento del filtrado de mediana.....	62
Figura 19. Ejemplo detección píxeles de piel a imagen binaria.....	63
Figura 20. Geometría del triángulo ojos-boca.....	66
Figura 21. Ejemplo de ojos y boca encontrados en una región candidata a rostro .....	67
Figura 22. Ejemplo de imagen promedio.....	70
Figura 23. Entrenamiento de una red neuronal.....	72
Figura 24. Comparación de la eficiencia en el control de ingreso a la UNJBG....	75
Figura 25. Matriz de inicial 108000x147.....	77
Figura 26. Matriz de autovalores y autovectores 147x147.....	77
Figura 27. Evolución de valores asociados de los autovalores.....	78

Figura 28. Varianza según número de autovalores.....	79
Figura 29. Matriz de proyección optimizada .....	79
Figura 30. Comparación de cantidad de reconocimientos correctos.....	81
Figura 31. Prueba de hipótesis general.....	84
Figura 32. Prueba de hipótesis específica 1.....	85
Figura 33. Prueba de hipótesis específica 2.....	86
Figura 34. Prueba de hipótesis específica 3.....	87

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar su desempeño como una alternativa de mejorar el control de ingreso de personas a la UNJBG, y a su vez abarca el tema de seguridad de los bienes y de las personas que integran la UNJBG.

Para ello se utilizó una muestra de 20 estudiantes de la promoción 2018 que cursaban el cuarto año de la carrera profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas, las cuales representarán a toda la población basadrina de ambos géneros y con rasgos faciales normales.

La investigación, de acuerdo al libro de Hernández Sampieri y el estadista José Supo, pertenece al tipo de investigación aplicada ya que busca resolver problemas, para la recolección de datos se usó la técnica de la observación pasiva, dónde el investigador sólo mide y registra acontecimientos regulares del dominio y como instrumento a usar fueron las fichas de campo, y a su vez reportes propios del sistema desarrollado.

Se determinó que la eficiencia de los controles físicos de entrada a la UNJBG e implementación de las políticas de seguridad actualmente es de tan sólo 68,08 %.

Se mostró gráficamente la importancia de reducir considerablemente los procesos computacionales y sus recursos, al proyectar una gigantesca matriz a un sub espacio vectorial de dimensión reducida y hallar su punto ecuánime entre autovalores y autovectores, y que para este caso es necesario trabajar con el 91,77 % de varianza y los 50 últimos autovalores.

Los resultados obtenidos al finalizar la investigación mostraron el correcto funcionamiento del sistema, los cuales se pueden contemplar en la Figura 30 y Tabla 14, donde se determinó un 85 % como nivel de eficacia del sistema de reconocimiento facial para la identificación de personas como alumnos de la UNJBG, los cuales determinan que existe una mejora significativa de 50 % al implementar un sistema de reconocimiento facial para el ingreso de personas a la UNJBG.

**Palabras claves:** Reconocimiento facial, Control de ingreso

## **ABSTRACT**

The main objective of this research work is to develop a facial recognition system and evaluate its performance as an alternative to improve the control of people entering the UNJBG, and in turn covers the issue of security of goods and people. that make up the UNJBG.

For this, a sample of 20 students from the 2018 promotion who were in the fourth year of the professional career in Computer Science and Systems Engineering was used, which will represent the entire Basadrina population of both genders and with normal facial features.

The investigation, according to the book by Hernández Sampieri and the statesman José Supo, belongs to the type of Applicative investigation since it seeks to solve problems, for the collection of data the technique of Passive Observation was used, where the investigator only measures and records events domain and as an instrument to use were the Field Files, and in turn reports of the developed system.

It was determined that the efficiency of physical entry controls to the UNJBG and implementation of security policies is currently only 68,08%.

The importance of considerably reducing the computational processes and their resources was shown graphically, by projecting a gigantic matrix to a reduced-dimensional vector subspace and finding its equal point between eigenvalues and eigenvectors, and that for this case it is necessary to work with 91, 77% variance and the last 50 eigenvalues.

The results obtained at the end of the investigation showed the correct functioning of the system, which we can see in Figure N° 30 and Table 14, where 85% was determined as the level of effectiveness of the facial recognition system for the identification of people as students. of the UNJBG, which determine that there is a significant improvement of 50% by implementing a facial recognition system for the entry of people to the UNJBG.

**Keywords:** Facial recognition, Entry control.

## INTRODUCCIÓN

Hoy la importancia de los avances tecnológicos en nuestras vidas ha dado un giro sorprendente, un ejemplo es el uso creciente de cámaras de seguridad instaladas en todo el país, para proteger hogares, negocios e incluso en la vía pública.

El Perú ha tenido un índice de criminalidad muy alto en los últimos años, por lo que existen muchas formas de protegerse, una de ellas es el reconocimiento, pero al momento del estudio no se puede dar el hecho de que existen malas certificaciones adecuadas. Debido a que el brillo y la posición del rostro a menudo conducen a un reconocimiento inexacto, los algoritmos existentes deben probarse en diferentes condiciones de iluminación y poses faciales para determinar cuál es más efectivo en el reconocimiento facial.

La presente tesis tiene como objetivo desarrollar un sistema de reconocimiento facial para el control de acceso de personas a la UNJBG.

La tesis está estructurada de la siguiente manera:

El capítulo uno describe y define el problema a estudiar, se brindan sus antecedentes, se justifica la necesidad de la investigación y se

determina su alcance. Luego se establecen objetivos e hipótesis. Se define el tipo de estudio utilizado junto con las técnicas y herramientas utilizadas para el análisis de datos.

El capítulo dos presenta un marco teórico definiendo los fundamentos teóricos y los conceptos de los términos utilizados. El capítulo tres desarrolla el trabajo, comenzando con un análisis de los conceptos y algoritmos básicos. Luego se exponen los métodos y las implementaciones para terminar el capítulo de pruebas.

El capítulo cuatro muestra los resultados obtenidos luego de las pruebas que se han realizado, y concluye el capítulo cinco con las conclusiones a las que se llegó al finalizar el desarrollo de este trabajo de investigación.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes del problema a investigar**

El tema principal de todo el trabajo conlleva al control, la seguridad, precaución y estadísticas del flujo de personas en la UNJBG. Para ello se pudo encontrar temas relacionados con el interés de la presente investigación a nivel nacional e internacional:

En Lima - Perú, Julio C. Molina (2018), en su Tesis titulada: "Reconocimiento Facial basado en FPGA", nos habla del estudio y análisis de imágenes con la finalidad de identificar parámetros, datos, características visuales en la imagen que proporciona datos del entorno que está representado en la imagen, pero sin la intervención de la persona. Un FPGA (Field Programmable Gate Array) es un dispositivo semiconductor que posee bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad se pueden programar y su mayor ventaja es el de procesos paralelos. Su propósito principal es la implementación del sistema de reconocimiento, ya no sobre una computadora, sino que sobre un hardware. Los resultados obtenidos demuestran que al incrementar el

número de iteraciones el error disminuye, para 100 iteraciones, el error de clasificación es de 2 %.

En Pimentel - Perú, Vejarano Campos (2018), en su Tesis titulada: "Reconocimiento facial mediante imágenes estereoscópicas", expone del reconocimiento de rostros en imágenes estereoscópicas mediante un sistema computacional que emplea algoritmos de modelos faciales con la finalidad de obtener mejores resultados de clasificación de rostros, hace uso de 348 muestras, las cuales son imágenes RGB que cuentan con una resolución de 720 x 576 pixeles, para esto hace el uso del algoritmo de Análisis de Componentes Principales (PCA). Después de realizar las pruebas se obtuvieron resultados como nivel de eficacia del 94,54 % en el reconocimiento de rostros, el sistema computacional presentó un nivel de especificidad del 93,78 % y un nivel de sensibilidad del 95,32 %.

En el Callao - Perú, Yañez Neyra (2019), en su tesis titulada: "Sistema de reconocimiento facial para el control de acceso de estudiantes a los laboratorios de la FIIS-UNAC, 2019", expone de la influencia de un sistema de reconocimiento facial en el control de Acceso de estudiantes a los laboratorios de la FIISUNAC, el tipo de estudio usado fue aplicado, nivel experimental y de diseño pre-experimental. La metodología empleada en el desarrollo del sistema informático fue RUP mediante la herramienta Rational Rose, el sistema fue desarrollado con el lenguaje de programación

PHP y el gestor de base de datos MYSQL. La población fue de 93 tomando como muestra 75 alumnos, y concluye mencionando que el nivel de accesos al momento de acceder los estudiantes en los laboratorios de la FIISUNAC, en el mes de setiembre alcanzaba el promedio de 97 % en base a la cantidad de accesos autorizados. Por lo tanto, se puede afirmar que aumenta el nivel de accesos autorizados, por lo que resulta que en el mes de octubre al 100 %, por lo que se confirma que aumenta el nivel de accesos.

Otro autor en Puyo - Ecuador, Calles Carrasco (2019), en su tesis titulada: "Sistema informático de reconocimiento facial para el registro y control de asistencia de los socios de la cooperativa de taxis y camionetas". Puyo menciona que el problema planteado en la investigación es la dificultad que se toman los socios de la cooperativa de taxis al momento de registrar su asistencia a los diversos evento que éste realiza, el nivel de accesos y a la pérdida de tiempo al buscar gestionar el informe de asistencia al evento. Su principal objetivo fue realizar un sistema de reconocimiento facial de los socios; asimismo, el nivel de accesos a los diversos eventos que realizan. Tomó una población de 79 socios de la cooperativa aplicando el control de accesos, antes fue de 70 % y después de su implementación del mismo llegó a 90 % en base al nivel de accesos de los socios de la cooperativa, por lo que se concluye que el sistema

cumple con todos los requerimientos del sistema de manera eficiente el registro de asistencia y control de accesos de los socios de la cooperativa.

En Tulcán – Ecuador, Ayala Goyes (2018), en su investigación previa titulada: “Sistema biométrico de reconocimiento facial para el control de asistencia del personal docente y administrativo de la UNIANDES - Tulcán” de la Universidad Nacional de Informática los Andes del Ecuador, el problema que presenta la investigación es de que todos los docentes y administrativos usan un lector de huella y digitan su código para el ingreso y salida, lo que conlleva a la pérdida de tiempo al momento de realizar el procedimiento y emitir el informe final de todos los miembros involucrados. El objetivo fue implementar un sistema informático que tenga dispositivo biométrico facial para mejorar el control de ingreso de los docentes y administrativos de la universidad. Se obtuvo una población de 50 docentes y personal administrativo, el cual sería el 100 % de la muestra, el resultado es que existe un control deficiente de los diversos trabajadores de la institución y actualmente no cuentan con un sistema biométrico por lo que es necesario e imprescindible la implementación y mayoría del personal acepta la implementación del sistema para mejorar la calidad del proceso de asistencia. La conclusión de la investigación es apta para mejorar la eficacia y eficiencia del proceso.

En Guayaquil - Ecuador, Basantes Verdugo (2018) en su tesis titulada: "Desarrollo de una plataforma tecnológica para la gestión de seguridad en una institución educativa de grado inicial mediante el uso de sistemas móviles, reconocimiento facial y sistemas de alertas", manifiesta que el problema principal es la falta de autenticación al momento de recoger al alumno de la institución debido a que éste se realiza de forma visual y con dificultad de haber suplantación de identidad al momento de recoger al docente, su objetivo general fue implementar un aplicativo móvil para el reconocimiento facial de los alumnos y los apoderados para el recojo de los estudiantes y emitir una señal de alerta al momento de que el alumno fue retirado de la institución. Propuso la metodología SCRUM para el desarrollo de tecnologías ágiles y facilitó el trabajo en equipo. Se tomó como población 10 docentes de la institución lo que concluyó que la muestra es igual a la población y se obtuvo que el 90 % de los docentes indicaron que se necesitaba un sistema de seguridad para la institución y el 80 % consideraría utilizar el uso de esta aplicación. En lo que resulta que la implementación del aplicativo móvil sería de gran ayuda para institución. Por lo que concluye que el sistema se notificará mediante mensaje o WhatsApp el recojo de un alumno de la institución mediante el uso de herramientas de Open Source.

## **1.2 Descripción del problema**

La importancia de los avances tecnológicos en nuestra vida diaria ha dado un giro sorprendente en la actualidad, un ejemplo es el uso cada vez mayor de la biometría junto con las cámaras de seguridad para proteger hogares, negocios e incluso la vía pública.

Así mismo, en diferentes países incluyendo el nuestro se ha incrementado enormemente la tasa de delincuencia e inseguridad ciudadana debido a los altos índices de desocupación. Algunos ataques a nivel internacional sucedieron en Chile el 23 de mayo del presente año, donde sujetos encapuchados detonaron el cajero automático ubicado al interior del campus Andrés Bello de la Universidad de la Frontera en Temuco, región de La Araucanía (La Tercera, 2017).

A nivel nacional, el tema de inseguridad es un tema que va creciendo, como claro ejemplo lo vimos recientemente ante sucesos delictivo en la Universidad Nacional de San Marcos de Lima, donde un estudiante de economía fue baleado por un delincuente tras resistirse al robo de su celular, y una posterior denuncia de los estudiantes que manifiestan que, no solo son víctimas de asaltos a mano armada fuera de la universidad, si no dentro de la misma (La República, 2016).

La UNJBG no es ajena a estos ataques delincuenciales, y fui testigo de primera mano de asaltos dentro del mismo recinto, una de ellas de la

carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas fue interceptado el día 11 de mayo de 2014 a las 19 horas a inmediaciones de la Facultad de Ciencias por tres personas, quienes con armas punzocortantes y palabras groseras le quitaron su equipo móvil y su laptop de marca Toshiba; la segunda alumna, de la carrera de Ingeniería Química fue interceptado por un delincuente el día 3 de mayo de 2016 a las 18 horas frente a la Biblioteca Central, quién le quitó su equipo móvil.

Este trabajo se enfoca como propuesta al desarrollo de un sistema de reconocimiento facial y por ende el control de ingresos y la prevención de actos delictivos dentro del recinto universitario.

### **1.3 Formulación del problema**

#### **1.3.1 Problema general**

¿Es factible desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar su desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG?

#### **1.3.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo es actualmente el sistema de control de ingreso a la UNJBG?
- b) ¿Cómo se realiza la extracción de características esenciales de un rostro aplicando el algoritmo de análisis de componentes principales?
- c) ¿Cuán eficaz es el sistema de reconocimiento facial para la identificación de personas?

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

**O:** Desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar el desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

**O1:** Analizar el sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG.

**O2:** Extraer características esenciales de un rostro mediante la aplicación del algoritmo de análisis de componentes principales.

**O3:** Identificar el nivel de eficacia del sistema de reconocimiento facial para la identificación de personas.

## **1.5 Justificación e importancia de la investigación**

El desarrollo de un sistema de reconocimiento facial, primeramente, ampliará conocimientos sobre el desarrollo, uso y evaluación de la biometría como un instrumento de seguridad en el control de ingreso de personas. Por otro lado, es el de fomentar la innovación tecnológica que debe ir de la mano en el aumento de su competitividad y servicio.

## **1.6 Alcances y limitaciones**

### **1.6.1 Alcance**

El trabajo de investigación pretende describir el desempeño de un sistema de reconocimiento facial y a nivel de propuesta, elaborar el sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas a la UNJBG.

## **1.6.2 Limitaciones**

Una limitación es la falta de una base de datos de fotografías de todos los integrantes de la UNJBG tomadas en ambiente controlado, es por este motivo que para aminorar esta limitación se procedió a crear una base de datos de fotografías de un grupo de 21 estudiantes de la carrera profesional en ingeniería en informática y sistemas de la UNJBG.

## **1.7 Viabilidad del estudio**

Para la realización del estudio se cuenta con recurso humano, tanto para la muestra como para el desarrollo del software, y respecto al recurso teórico existe suficiente información en libros, trabajos de investigación publicadas en internet y repositorios. Sobre el recurso de financiación, se utilizará los equipos y materiales de mi persona como investigador, de manera que el estudio no requiere de un financiamiento mayor. Con todo esto se puede decir que el estudio sí es viable.

## **1.8 Formulación de hipótesis**

### **1.8.1 Hipótesis general**

**H:** Si la teoría del reconocimiento de patrones en imágenes permite identificar elementos específicos, entonces es posible desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar el desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG.

## 1.8.2 Hipótesis específicas

**H1:** Existe ineficacia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG.

**H2:** Es posible extraer una serie de rasgos esenciales de los rostros mediante el análisis de componentes principales.

**H3:** El desempeño del sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas es eficaz.

## 1.9 Variables de estudio

**Variable independiente:** SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL

**Variable dependiente:** CONTROL DEL INGRESO DE PERSONAS

### 1.9.1 Definición de variables

#### **A. *Sistema de reconocimiento facial***

Es un sistema compuesto de software y hardware, con el propósito detectar rostros humanos dentro de imagen capturada por cámaras de vigilancia, reconocer y clasificar rostros desde una base de datos.

#### **B. *Control del ingreso de personas a la UNJBG***

El control de acceso de las personas es una actividad que actualmente realiza el personal de la UNJBG, quienes permiten el ingreso de las personas al recinto presentando su carnet de ingreso o credencial universitaria si son estudiantes, y personal docente de la UNJBG para identificación visual directa de directivos o empleados.

## 1.10 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>				
Sistema de reconocimiento facial	Conformidad	Porcentaje del cumplimiento del sistema	Reporte del sistema	Cuantitativo
	Eficiencia	Eficiencia en el control de ingreso	Ficha de campo	Cuantitativo
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
Control de ingreso de personas	Ecuanimidad	Matriz de proyección óptimo	Reporte del sistema	Cuantitativo
	Eficacia	Cantidad de Resultados correctos	Reporte del sistema	Cuantitativo

Fuente: Elaboración Propia

## 1.11 Clasificación de las variables

### A. Sistema de reconocimiento facial

- Por la función que cumple: Independiente
- Por su naturaleza: Cuantitativa
- Por la posesión de la característica: Discreto
- Por el método de medición: Descriptiva

### B. Control del ingreso de personas

- Por la función que cumple: Dependiente
- Por su naturaleza: Cuantitativa
- Por la posesión de la característica: Discreto
- Por el método de medición: Descriptiva

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de trabajo de investigación**

Varias investigaciones internacionales y nacionales se enfocan con el tema de reconocimiento facial y son implementadas a diversos campos. A continuación, se muestran las investigaciones más relevantes.

La investigación de Yañez Neyra (2019): “Sistema de reconocimiento facial para el control de acceso de estudiantes a los laboratorios de la FIIS-UNAC, 2019”, desarrolla el sistema de reconocimiento sobre el lenguaje de programación PHP, usando como gestor de base de datos MYSQL, los cuales permiten un aumento considerable de accesos correctos a los laboratorios de la FIIS-UNAC.

La investigación de Castaño Saavedra (2019): “Sistema de reconocimiento facial para control de acceso a viviendas”, llegó a implementar el sistema de reconocimiento utilizando el lenguaje de programación Python junto a OpenCV para la manipulación de imágenes, la técnica utilizada para el reconociendo facial fue Eigen-faces junto al PCA, debido a su baja complejidad computacional y su poca utilización de

recursos de imagen, hicieron que tenga un tiempo de respuesta muy aceptable, logrando que el reconocimiento sea de un 97 % preciso.

La investigación de Briones Gárate (2020): “Sistema web de reconocimiento facial para control de acceso biométrico, utilizando inteligencia artificial”, aborda sobre la solución automatizada de controles de acceso utilizando IA, con diversas aplicaciones sea esta para un control de ingreso a un establecimiento determinado, seguridad, biométricos, entre otros, los cuales han optimizado un 50 % del tiempo promedio en lo que respecta a verificaciones y seguridades implementadas.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Reconocimiento facial**

El reconocimiento facial es un tema que está dentro de lo que es el reconocimiento biométrico o la biometría, enfocado en la captura, análisis y comparación del rostro humano y de sus rasgos faciales, con el fin de identificarlos como únicos y parte o no de una base de datos.

El reconocimiento biométrico, se refiere al uso de diferentes características anatómicas (como huellas dactilares, cara o iris) y de comportamiento. Estas características se denominan identificadores biométricos o rasgos biométricos y sirven para reconocer automáticamente a los individuos. (Vilda, 2006).

### **2.2.2 Sistemas biométricos**

Definimos la biometría como la parte de la biología que estudia en forma cuantitativa la variabilidad individual de los seres vivos utilizando métodos estadísticos. La forma de identificación consiste en la comparación de características físicas de cada persona con un patrón conocido y almacenamiento en una base de datos, de esta forma permitirá el control de acceso físico, incluso es aplicable como método de identificación y acceso a sistemas operativos y aplicaciones. (Santos, Seguridad y Alta Seguridad, 2000)

### **2.2.3 Píxeles e imágenes digitales**

Una fotografía o cualquier imagen en informática es representado por numeración binaria y la electrónica se encarga de mostrarla en pantalla mediante la agrupación de píxeles en distintas intensidades de brillo, y estas a su vez están organizadas mediante una matriz bidimensional, donde cada coordenada de la matriz representa a un píxel, en el caso que sea una imagen monocromática (un color: negro) solo bastará controlar la intensidad de fuente de luz, mientras que en las imágenes de color se tendrá que controlar tres colores (Rojo, Verde y Azul) que representan un solo píxel, de esta manera cualquier imagen que observemos de cerca solo se verá puntos de un solo color y con una intensidad determinada.

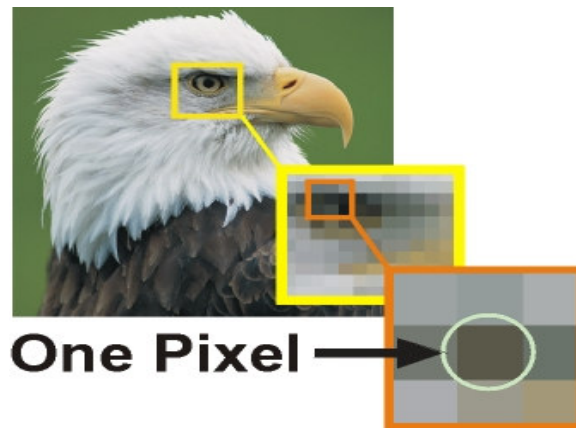


Figura 1. Imagen y píxeles  
Fuente: <https://wiresharklabs.wordpress.com>

#### 2.2.4 Procesamiento de imágenes

El principal objetivo de las técnicas de mejoramiento de imagen es procesar una imagen con el fin de hacerla más adecuada para una determinada aplicación o procesamiento posterior. Depende por tanto del problema específico a resolver el que se emplee una u otra técnica. Los métodos de mejora de imagen se pueden dividir en dos campos diferentes: métodos en el dominio de frecuencia y métodos en el dominio espacial. Los primeros se basan en modificar la transformada de Fourier de la imagen, mientras que los segundos se basan en manipulaciones directas de los píxeles. (INNOVANET, 2016)

- Pre-procesado de imágenes. Las técnicas de pre-procesado pretenden mejorar o realzar las propiedades de la imagen para facilitar las siguientes operaciones, tales como la etapa de detección, extracción de características y la clasificación. (Madrid, 2016)

- Detección de caras en la imagen basadas en rasgos. Las técnicas explotan propiedades aparentes de la cara tal como el color de la piel y la geometría facial. La detección de la cara se resuelve manipulando medidas de distancia, ángulos y áreas de los rasgos visuales en la imagen. Lo más importante en este tipo de técnicas es decidir qué rasgos de la cara interesan para su estudio. El problema de detectar caras en una imagen tiene diferentes aspectos problemáticos. Una de ellas es el análisis de bajo nivel (Aguerreberre Otegui, Capdehourat Longres, Delbracio Bentancor, & Mateu Graside, 2006)

### **2.2.5 Funcionalidad**

Según (Pressman Roger, 2010) indica que la funcionalidad “es el grado en que el software satisface las necesidades que indican los siguientes sub atributos: idoneidad, exactitud, interoperabilidad, cumplimiento y seguridad”. Siendo un factor de calidad de software según ISO 9126.

### **2.2.6 Control de ingreso**

Se trata de un sistema de control de acceso peatonal que la mayoría de las instituciones poseen a través de personas contratadas por las mismas instituciones quienes vigilan y controlan el tránsito de las personas en un espacio público o privado, asegurando el paso de personas que

cuentan con un libre tránsito y restringiendo el paso de personas no autorizadas en áreas específicas.

Otra forma de controlar estos accesos, es la automatización que ofrece soluciones estandarizadas o personalizadas para todos los lugares donde un gran número de personas frecuentan, trabajan o acceden a través tarjetas, lectura de huellas dactilares, etc. (DOINTECH, 2017)

### **2.2.7 Sistema**

Según (Sommerville, 2005) “Un sistema es la colección de componentes interrelacionados que trabajan conjuntamente para cumplir algún objetivo”. También (Horacio Saroka, 2002) define “Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados de modo tal que producen como resultado algo superior y distinto a la simple agregación de los elementos

### **2.2.8 Información**

De esta manera (Horacio Saroka, 2002) señaló que “La información es un dato o un conjunto de datos evaluados por un individuo concreto que trabaja, en un momento dado, sobre un problema específico, para alcanzar un objetivo determinado”

### **2.2.9 Base de datos**

Según (Sábana Mendoza, 2006) indica que una base de datos es “una colección de datos estructurados según un modelo que refleje las relaciones y restricciones existentes en el mundo real. Los datos son

compartidos por diferentes usuarios y aplicaciones. Deben mantenerse independientemente en estas. Asimismo, los tratamientos que sufran estos datos tendrán que conservar la integridad y seguridad”.

#### **2.2.10 Metodología ICONIX**

ICONIX es un proceso simplificado en comparación con otros procesos más tradicionales que unifica un conjunto de orientación a objetos con el objetivo de abarcar todo el ciclo de vida de un proyecto. Fue elaborado por Doug Rosenberg y Kendall Scott a partir de una síntesis del proceso unificado de Boochm, Rumbaugh y Jacobson y que ha dado soporte y exhibe una secuencia de pasos que deben ser seguidos. Además, ICONIX se adapta a los patrones que ofrece el soporte de UML. (De San Martin Oliva, 1999).

**Fases del proceso ICONIX:** La metodología está formada por cuatro fases principales que son:

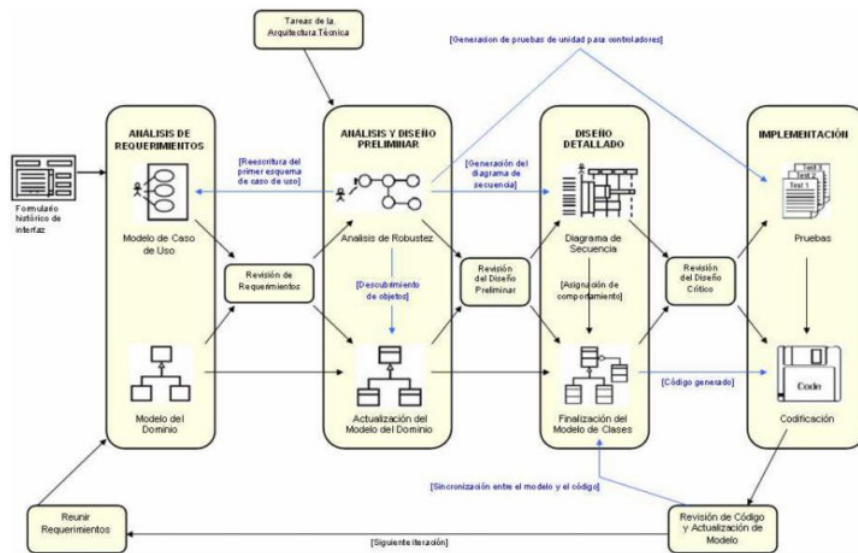


Figura 2. Fases del proceso de desarrollo ágil ICONIX  
Fuente: Elaboración propia

**Fase 1. Análisis de requisitos:** La primera fase de ICONIX, tiene como finalidad la revisión de requerimientos, con lo que luego se iniciará el modelo del dominio y la forma inicial del modelo de casos de uso.

**Fase 2. Análisis y diseño preliminar:** Con el diseño preliminar es más fácil reconocer muchas propiedades visiblemente lo que algunos logran reconocer tácitamente. Generalmente, no es muy fácil comprender en su totalidad los requerimientos a no ser que se haga un diseño de exploración.

**Fase 3. Diseño:** Para realizar esta fase se requieren realizar dos actividades, una de ellas es la utilización de un diagrama de secuencia y la otra tener el modelo.

**Fase 4. Implementación.** Dentro de esta etapa se considera lo que concierne a los procesos, tanto aquellos que requieren de codificación como los que son netamente de prueba, entre estos procesos se encuentran los siguientes: Escribir y generar código, y pruebas modulares e integración, están fundamentadas en los casos de uso.

## **2.3 Definiciones conceptuales**

### **2.3.1 Algoritmo**

Un algoritmo informático es un conjunto de instrucciones definidas, ordenadas y acotadas para resolver un problema, realizar un cálculo o desarrollar una tarea. Es decir, un algoritmo es un procedimiento paso a paso para conseguir un fin.

### **2.3.2 RUP**

Es una metodología que tiene como objetivo ordenar y estructurar el desarrollo de software, en la cual se tienen un conjunto de actividades necesarias para transformar los requisitos del usuario en un sistema.

### **2.3.3 PHP**

PHP es un lenguaje de programación interpretado del lado del servidor y de uso general que se adapta especialmente al desarrollo web. Fue creado inicialmente por el programador danés-canadiense Rasmus Lerdorf en 1994.

### **2.3.4 MYSQL**

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado bajo licencia dual: Licencia pública general/Licencia comercial por Oracle Corporation y está considerada como la base de datos de código abierto más popular del mundo.

### **2.3.5 SCRUM**

Scrum es un marco de trabajo ágil a través del cual las personas pueden abordar problemas complejos adaptativos a la vez que se entregan productos de forma eficiente y creativa con el máximo valor. Es una metodología que ayuda a los equipos a colaborar y realizar un trabajo de alto impacto

### **2.3.6 Open Source**

El software de código abierto es el software cuyo código fuente y otros derechos que, normalmente son exclusivos para quienes poseen los derechos de autor, son publicados bajo una licencia de código abierto o forman parte del dominio público

### **2.3.7 MatLab**

MATLAB es una plataforma de programación y cálculo numérico utilizado por millones de ingenieros y científicos para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos MATLAB, ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio.

### **2.3.8 Redes neuronales**

Las redes neuronales se usan generalmente para la clasificación de imágenes según patrones establecidos, por ejemplo, conseguir averiguar qué representa una imagen borrosa o incompleta. La red neuronal se entrena usando un conjunto de imágenes que representan caras de todo tipo y otro conjunto de imágenes que no representan caras, de forma que la red neuronal pueda establecer el criterio adecuado acerca de lo que es una cara y lo que no lo es. La respuesta de la red neuronal ante una imagen de entrada es la de decidir si dicha imagen corresponde o no a una cara, es decir, una respuesta binaria. (Hjelmås, 2017)

### **2.3.9 Aprendizaje**

Proceso por el cual los parámetros libres de una red neuronal artificial son ajustados a través de un proceso continuo de estimulación por parte del entorno donde se sitúa el sistema.

### **2.3.10 CFNN**

La red neuronal de cascada hacia adelante (Cascade Forward Neural Networks) es una clase de red neuronal que es similar a las redes feed-forward, pero incluye una conexión desde la entrada y cada capa anterior a las capas siguientes. La ventaja de este método es que acomoda la relación no lineal entre la entrada y la salida al no eliminar la relación lineal entre los dos.

### **2.3.11 Backpropagation**

En aprendizaje de máquina, la propagación hacia atrás de errores o retro propagación (del inglés backpropagation) es un algoritmo de aprendizaje supervisado utilizado para entrenar redes neuronales pre-alimentados.

### **2.3.12 PCA**

El análisis de componentes principales es una técnica estadística que tiene como propósito reducir la dimensionalidad del espacio de datos originales manteniendo la mayor cantidad de información posible en el nuevo espacio.

En esta técnica, la varianza tiene gran importancia, ya que una mayor varianza en las características reducidas implica que hay mayor información retenida en los datos originales. (Palacios V. , 2008)

### **2.3.13 FPGA**

Field Programmable Gate Array es un dispositivo semiconductor que posee bloques de lógica cuya interconexión y funcionalidad se pueden programar y su mayor ventaja es el de procesos paralelos.

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Planteamiento metodológico

El tipo de investigación es Tecnológico - Aplicativo, ya que se planteó el problema y se dio la solución de aplicar un sistema el cual será evaluado y desarrollado en base a los conocimientos o teorías adquiridas (Supo José, 2015).

Zepeda Fernando menciona que el diseño de método pre - experimental es un control de las condiciones limitadas de la investigación que consisten en tratar de medir las diferencias de los cambios producidos por una variable experimental (Zepeda Fernando, 2003,p. 30).

Por lo que se utilizará este tipo de diseño pre- experimental ya que administrará el tratamiento de la variable independiente para ver cómo se maneja con la dependiente cuando se aplica el sistema y hacer unas pruebas del antes y después de la implementación.

El esquema del diseño es el siguiente:

**$G: O_1 X O_2$**

A un grupo se le aplica una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental, después se le administra el tratamiento y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo (Sampieri, 2010)

### **3.2 Población y muestra**

**Población.** Se ha de tomar las mediciones referenciales realizadas por la Unidad de Registros Central - URC, en su archivo de Cantidad de Matriculados del año 2018.

N1= 6971 (Número de alumnos matriculado)

N2= 563 (Número de docentes)

N3= 344 (Número de personal administrativo)

$N = N1 + N2 + N3 = 6971 + 563 + 344 = 7878.$

**Muestra.** Debido a que la población es grande, se ha tomado  $n = 20$  como muestra por conveniencia a los alumnos de la promoción 2018 de la carrera profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas.

### **3.3 Equipos y materiales**

Equipos y software

- Un ordenador con tecnología de procesamiento alto: Core i3
- Una Impresora
- MatLab versión R2017a
- Software para procesamiento de cálculo
- Cámara fotográfica de 12 Megapíxeles

Materiales:

- 500 hojas bond A4,
- Lapiceros: azul, negro
- Lápiz
- Borrador

### **3.4 Procesamiento de las pruebas experimentales**

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva, para las pruebas de contrastación de hipótesis se utilizó el software estadístico SPSS donde se pudo realizar pruebas de comparación de medias. Para la generación de gráficos se usó el aplicativo de Microsoft Excel y MatLab.

Se desarrolló una aplicación computacional basada en las librerías de MatLab, y como fuente de datos, imágenes que ayudaron a la generación de funciones de captura, extracción de características y clasificación, y así lograr la identificación de la persona como miembro de la UNJBG.

### **3.5 Técnicas de recolección de datos**

En la recolección de datos, para el primer indicador, la técnica fue la observación pasiva, donde el investigador sólo mide y registra acontecimientos regulares del dominio y como instrumento a usar fueron las fichas de campo. Y para los dos indicadores siguientes, se usó reportes de datos generados por el mismo sistema.

### 3.5.1 Diseño del Instrumento

La ficha de campo está conformada por 6 ítems, a través de un cuestionario dicotómico, Corral Yadira (2010) menciona que son reactivos que brindan sólo dos alternativas de respuesta como son: verdadero-falso, sí-no, etc. La correspondencia entre la dimensión del indicador y los ítems se pueden apreciar en la Tabla 2.

Alternativas dicotómicas:

1 = NO

2 = SÍ

Puntuación (P):

$$P = \frac{PT}{NT}$$

Donde:

PT = Puntuación total.

NT = Número total de preguntas.

Evaluación:

Si el valor de P es mayor e igual a 1,5; entonces, se puede decir que existe eficiencia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG, de lo contrario si el valor de P es menor a 1,5 se puede decir que NO existe eficiencia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG.

*Tabla 2. Correspondencia entre los indicadores del control de ingreso de personas e ítems del cuestionario*

INDICADOR	CÓD ITEM	ITEM
	1	¿El vigilante está en la puerta?
	2	¿El vigilante reconoce a primera vista a la persona que pretende ingresar al recinto universitario?
	3	¿El vigilante pide algún documento al sujeto para identificarlo?
Eficiencia	4	¿El sujeto que pretende ingresar muestra algún documento?
	5	¿El vigilante verifica el documento presentado por el sujeto?
	6	¿El vigilante logra identificarlo?

*Fuente: Elaboración Propia*

### **3.6 Técnicas para el procesamiento de datos**

Para el procesamiento de datos se hará uso de una computadora a través del sistema de reconocimiento facial planteado, la metodología de desarrollo para este proyecto fue ICONIX, debido a su robustez y a su acoplamiento a las necesidades presentes, además de ser una metodología que acopla características principales de RUP y la simplicidad del XP, a continuación, se detalla todas las fases desarrolladas para la implementación del sistema de reconocimiento facial.

#### **3.6.1 Fase de análisis de requisitos**

Se realiza un análisis de requerimientos con el objetivo de identificar tanto las funcionalidades que se esperan del software como sus limitaciones.

### **Requerimientos funcionales:**

El sistema debe ser capaz de:

- Capturar una imagen
- Detectar un rostro dentro de la Imagen capturada
- Extraer características principales
- Clasificar características principales
- Identificar a una persona por medio de una imagen de su rostro.

### **Requerimientos no funcionales**

Son requisitos no relacionados directamente con la funcionalidad del sistema, están relacionados con propiedades emergentes del sistema, pueden describir restricciones al producto a desarrollar, describen restricciones externas del sistema (Sommerville, 2005).

- Requisitos ambientales: El sistema debe funcionar con luz artificial en el caso de las horas nocturnas.
- Requisitos operacionales: El sistema debe funcionar con una cámara estándar.
- Requisitos de rendimiento: El sistema debe ejecutarse en tiempo real, lo que implica que las operaciones computacionales deben procesarse en un tiempo aceptable.

- Requisitos de desarrollo: El sistema debe ser actualizado de manera manual, una vez al año y cada vez que exista nuevas personas.

Las herramientas usadas son:

- El modelo de dominio
- Los modelos de caso de uso
- El prototipo de interfaz de usuario.

**a. Modelo de dominio**

Diagrama de clases extremadamente simplificado. Este modelo contiene únicamente aquellos objetos de la vida real cuyo comportamiento intervienen con el sistema y los datos son almacenados en el sistema.

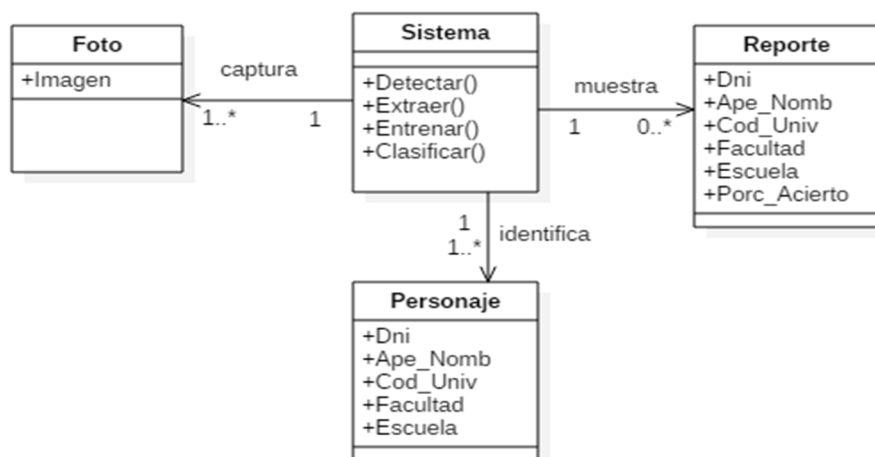


Figura 3. Modelo de dominio  
Fuente: Elaboración propia

**b. Modelo de casos de uso**

El sistema contará con dos tipos de actores los cuales son:

*Tabla 3. Tabla de actores*

<b>Actores</b>	<b>Descripción</b>
<b>Administrador</b>	Representa a la persona que registra, modifica o elimina el registro de una persona dentro de la base de datos, realiza la captura de imágenes, la extracción de características y el entrenamiento de la red neuronal del sistema de reconocimiento facial.
<b>Usuario</b>	Representa a la persona quien controla el ingreso de personas o individuos a la UNJBG haciendo uso del sistema de reconocimiento facial para identificarlo.

*Fuente: Elaboración propia*

Los requerimientos para la elaboración de la aplicación según los actores identificados son:

**Para el administrador**

- Registrar, modificar o eliminar los registros de fotos, nombres y apellidos, códigos universitarios de las personas (individuos), facultad y escuela a la que pertenece de la base de datos del sistema de reconocimiento facial.
- Realizar la extracción de características principales (PCA) y el entrenamiento de la red neuronal.

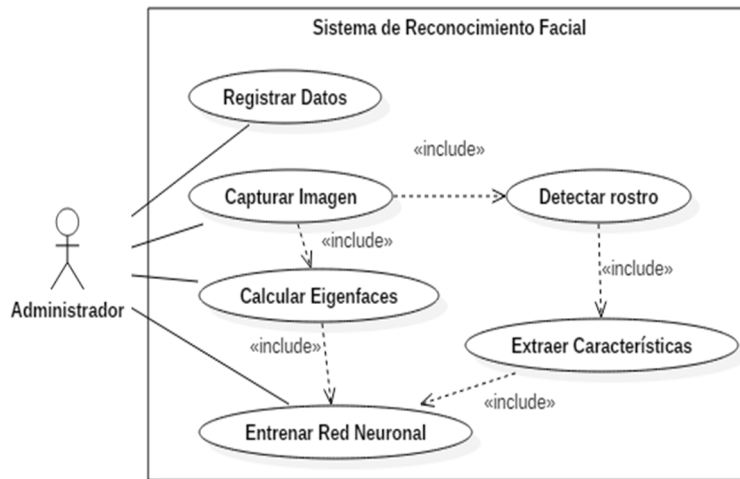


Figura 4. Caso de uso del administrador  
Fuente: Elaboración propia

### Para el usuario

- Controlar el ingreso de personas, con el apoyo del sistema de reconocimiento facial el cual autenticará su rostro y mandará un reporte de datos del individuo.

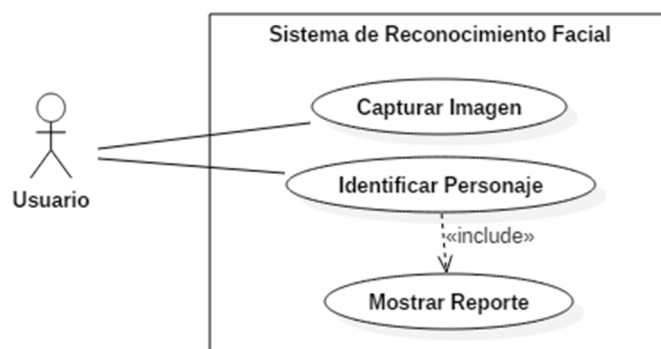


Figura 5. Caso de uso del vigilante  
Fuente: Elaboración propia

### c. Prototipo de interfaces

Se presenta el diseño de la interfaz para el usuario.



Figura 6. Interfaz del Sistema de Reconocimiento  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.2 Fase de análisis y diseño preliminar

En esta fase a partir de cada caso de uso se obtendrán una ficha de caso de uso, está formada por un nombre, una descripción, una precondición que debe cumplir antes de iniciarse y una pos-condición.

Tabla 4. Descripción del caso de uso de registrar datos

<b>Nombre de Caso de uso:</b> Registrar datos	
<b>Actor principal:</b> Administrador	
<b>Precondición:</b> Ninguna	
<b>Post-condición:</b> Registrar todos los datos correctamente.	
<b>Flujo Básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abrir la base de datos BD.mat</li> <li>2. Agregar DNI, apellidos y nombres, código universitario, facultad y escuela de cada alumno a registrar.</li> <li>3. Guardar cambios</li> <li>5. Escoger reemplazar.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Mostrar mensaje para actualizar la información registrada.</li> </ol>
<b>Flujo alternativo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Modificar y eliminar el registro de alumnos.</li> </ol>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Descripción del caso de uso de capturar Imagen

<b>Caso de uso:</b> Capturar Imagen	
<b>Actor principal:</b> Administrador	
<b>Precondición:</b> Registrar Individuo	
<b>Post-condición:</b> Capturar imagen	
<b>Flujo básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adquirir o tomar diez fotografías del alumno a través de cualquier medio de captura (cámara web, cámara de seguridad, etc.) en ambiente controlado.</li> <li>3. Almacenar todas las imágenes en una carpeta del sistema llamado BBDD.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Direccionar carpeta BBDD del sistema para almacenamiento de imágenes.</li> </ol>
<b>Flujo alternativo:</b> Ninguno	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Descripción del caso de uso de detectar rostro

<b>Caso de uso:</b> Detectar rostro	
<b>Actor principal:</b> Administrador	
<b>Precondición:</b> Capturar Imagen	
<b>Post-condición:</b> Detectar rostro	
<b>Flujo básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Iniciar la función de detección de rostro del sistema llamada "evaluación_detección"</li> <li>4. Verificar las existencias de por lo menos 10 imágenes de rostros detectados por persona en la carpeta "caras detectadas" y guardar las 10 imágenes en otra carpeta llamada "Train"</li> <li>5. Iniciar la función "ajustar_tamano" y así preparar las imágenes para la siguiente etapa.</li> <li>7. Seleccionar al azar 3 imágenes de la carpeta "TrainDataBase" y guardarlas en otra carpeta llamada "TestDataBase" para realizar pruebas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Guardar las zonas de cada imagen devueltas como cara en la carpeta "caras detectadas".</li> <li>3. Guardar con el mismo nombre las imágenes originales con las zonas en las que se ha detectado una cara recuadradas en rojo en otra carpeta llamada "imágenes con caras detectadas".</li> <li>6. Cambiar las imágenes con las dimensiones específicas y guardarlas en la carpeta "TrainDataBase", de las cuales solo 7 serán usadas para su entrenamiento.</li> </ol>

**Flujo alternativo:**  
 4. Si se obtiene menos de 10 imágenes de rostros, obtener más fotografías de las persona no detectadas correctamente.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Descripción del caso de uso de extraer características

<b>Caso de uso:</b> Extraer características	
<b>Actor principal:</b> Administrador	
<b>Precondición:</b> Detectar rostro	
<b>Post-condición:</b> Extraer características	
<b>Flujo Básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
1. Iniciar la función "load_database" con el parámetro 0 para generar otra base de datos. 3. Almacenar el resultado con el comando "Save TGR".	2. Transformar en vector columna y en escala de grises para cada uno de los canales de color según parámetro dado.
<b>Flujo alternativo:</b>	
1. Dar como parámetro 1 para el canal de color R, 2 para el canal de color G y 3 para el canal de color B. 3. Almacenar el resultado con el comando "Save TR" para canal R, "Save TG" para canal G y "Save TB" para canal B.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Descripción del caso de uso de calcular Eigenfaces.

<b>Caso de uso:</b> Calcular Eigenfaces	
<b>Actor principal:</b> Administrador	
<b>Precondición:</b> Capturar imagen	
<b>Post-condición:</b> Calcular Eigenfaces	
<b>Flujo básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
1. Iniciar el un código auxiliar del sistema para calcular los autovectores de la matriz de covarianza. 3. Escoger los N autovectores de la matriz de covarianza con mayores autovalores asociados.	2. Graficar las curvas de número de autovalores - varianza explicada.
<b>Flujo alternativo:</b> Ninguno	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Descripción del caso de uso de Entrenar Red Neuronal

<b>Caso de uso:</b> Entrenar red neuronal	
<b>Actor principal:</b> Administrador	
<b>Precondición:</b> Calcular Eigenfaces, Extracción de características	
<b>Post-condición:</b> Red neuronal entrenada	
<b>Flujo básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir el valor de autovectores para representar las imágenes (N).</li> <li>2. Iniciar la función "net_train" con el parámetro 0 para generar la red de las imágenes en escala de grises.</li> <li>5. Almacenar el resultado con el comando "Save netTGR".</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Creación de matrices de autovectores y autovalores.</li> <li>4. Entrenar Red Neuronal.</li> </ol>
<b>Flujo alternativo:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Dar como parámetro 1 para el canal de color R, 2 para el canal de color G y 3 para el canal de color B.</li> <li>5. Almacenar el resultado con el comando "Save netTR" para canal R, "Save netTG" para canal G y "Save netTB" para canal B.</li> </ol>	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Descripción del caso de uso de capturar imagen a reconocer

<b>Caso de uso:</b> Capturar imagen a reconocer	
<b>Actor principal:</b> Usuario	
<b>Precondición:</b> Entrenar red neuronal	
<b>Post-condición:</b> Capturar imagen	
<b>Flujo básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Iniciar el sistema y seleccionar la imagen a reconocer. (Botón CAPTURAR IMAGEN)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Mostrar rostro (cara) detectada dentro de la imagen usando la función.</li> </ol>
<b>Flujo alternativo:</b> Ninguno	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Descripción del caso de uso de identificar personaje

<b>Caso de uso:</b> Identificar personaje	
<b>Actor principal:</b> Usuario	
<b>Precondición:</b> Capturar imagen - usuario	
<b>Post-condición:</b> Identificar personaje	
<b>Flujo básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
1. Iniciar el reconocimiento. (Botón IDENTIFICAR).	2. Iniciar la función "reconocimiento". 3. Iniciar función de extracción de características. 4. Utilización de la red neuronal entrenada. 5. Iniciar función de clasificación.
<b>Flujo alternativo:</b> Ninguno	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Descripción del caso de uso de mostrar reporte

<b>Caso de uso:</b> Mostrar Reporte	
<b>Actor principal:</b> Usuario	
<b>Precondición:</b> Identificar personaje	
<b>Post-condición:</b> Mostrar reporte	
<b>Flujo básico</b>	
<b>Actor</b>	<b>Sistema</b>
2. Decidir el ingreso de individuo reconocido.	1. Mostrar DNI, nombres y apellidos, código universitario, facultad, escuela, el porcentaje de reconocimiento y la fotografía del personaje.
<b>Flujo alternativo:</b>	
1. Si no es reconocido, solo muestra el porcentaje de reconocimiento.	

Fuente: Elaboración propia

### **Diagrama de Robustez**

Facilita el reconocimiento de objetos y hace más sencilla la lectura del sistema.

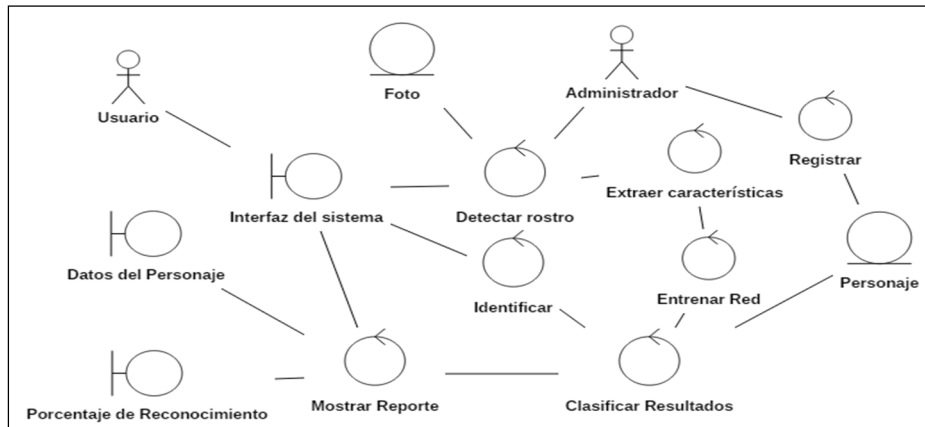


Figura 7. Diagrama de Robustez para el reconocimiento facial.  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.3 Fase de diseño

En esta fase se proceden a realizar los diagramas de secuencia, los cuales derivan directamente de las fichas de caso de uso.

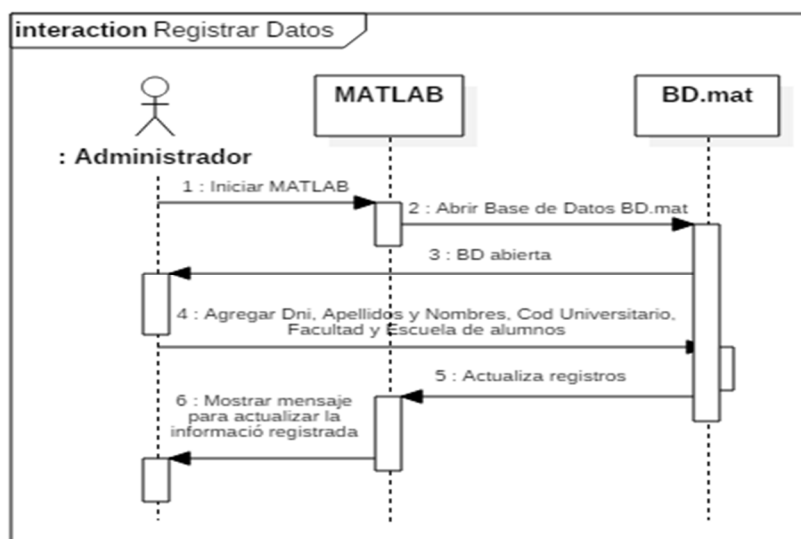


Figura 8. Diagrama de Secuencia Registros Datos  
Fuente: Elaboración propia

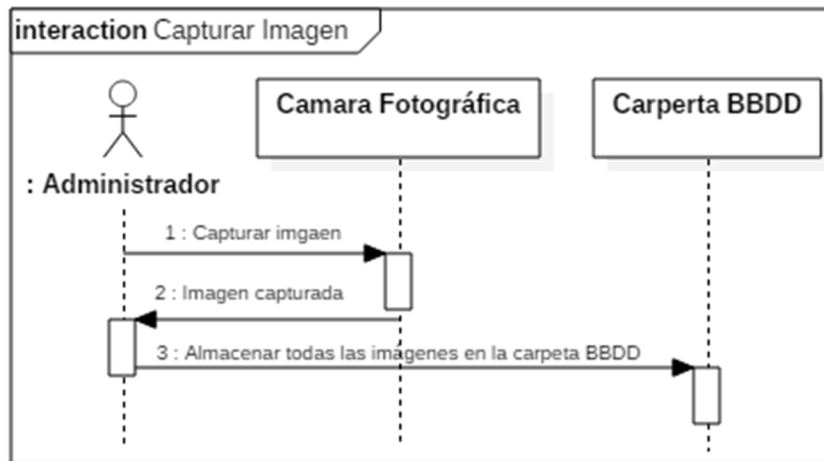


Figura 9. Diagrama de Secuencia Capturar Imagen  
Fuente: Elaboración propia

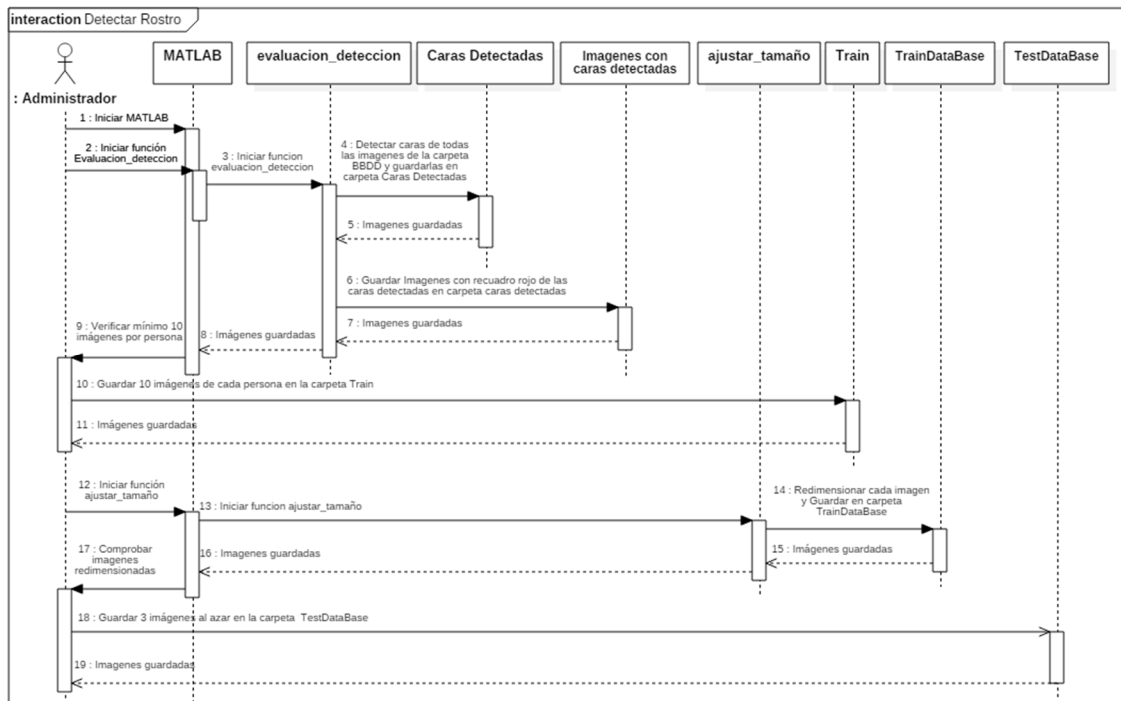


Figura 10. Diagrama de Secuencia Detectar Rostro  
Fuente: Elaboración propia

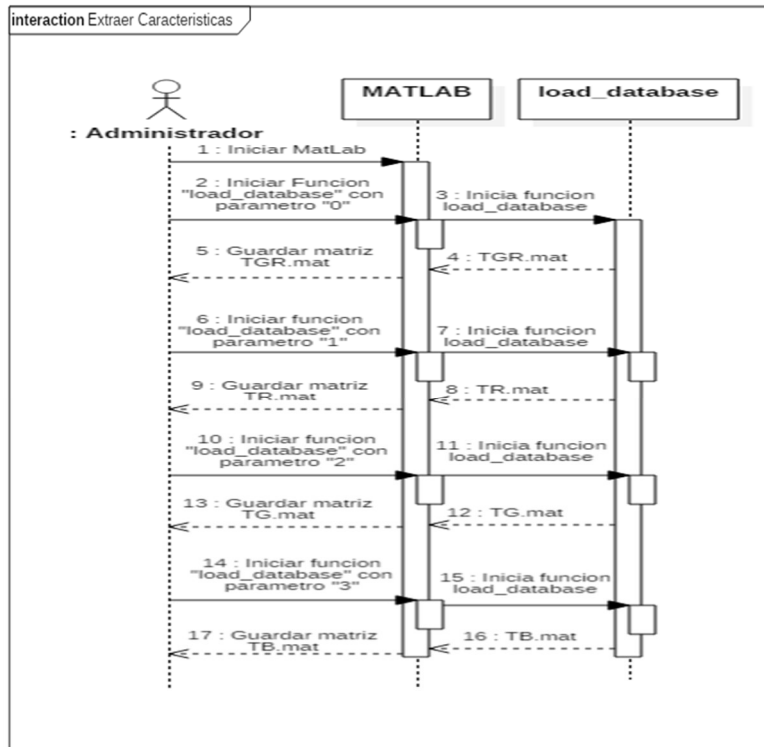


Figura 11. Diagrama de Secuencia Extraer Características  
Fuente: Elaboración propia

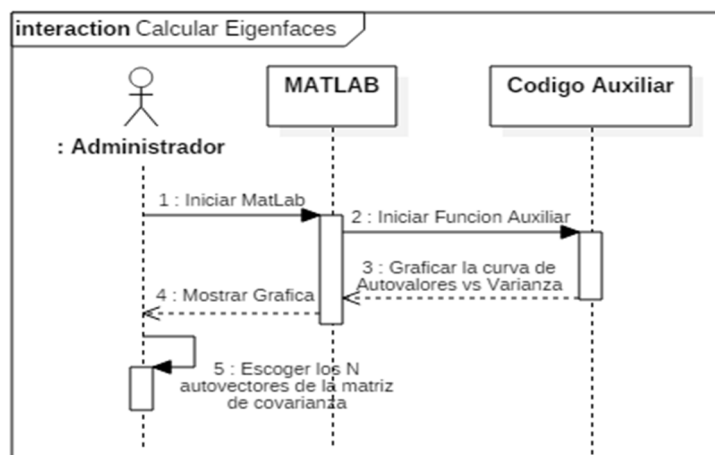


Figura 12. Diagrama de Secuencia Calcular Eigenfaces  
Fuente: Elaboración propia

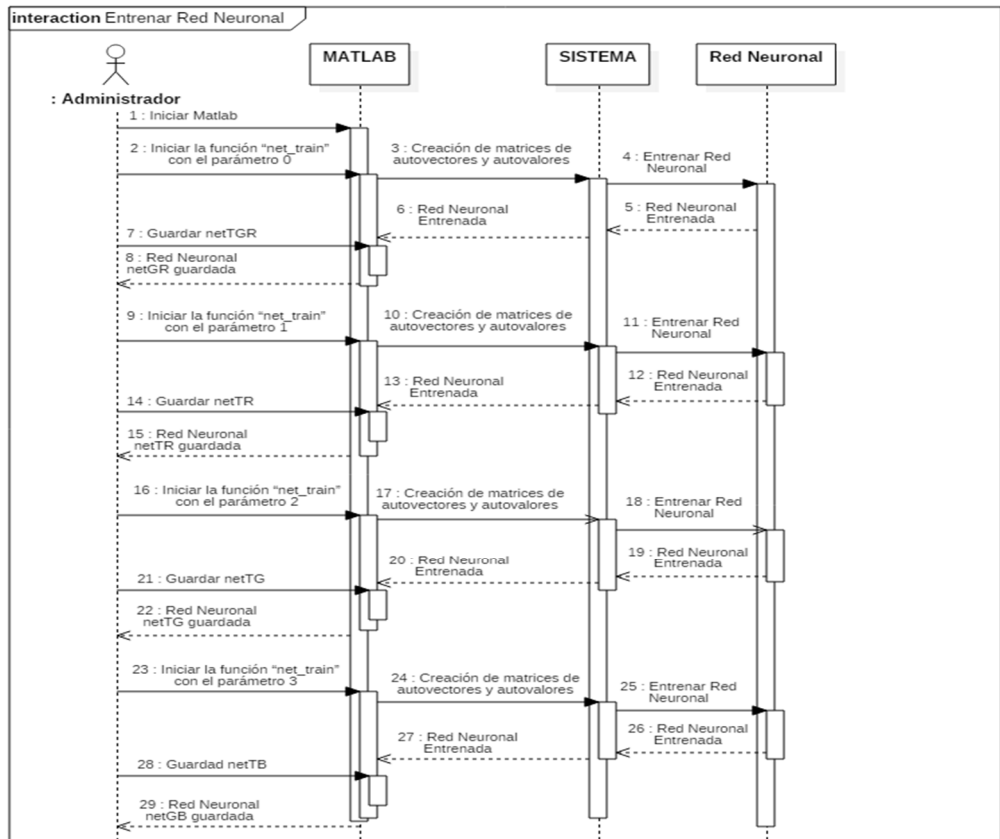


Figura 13. Diagrama de Secuencia Entrenar Red Neuronal  
Fuente: Elaboración propia

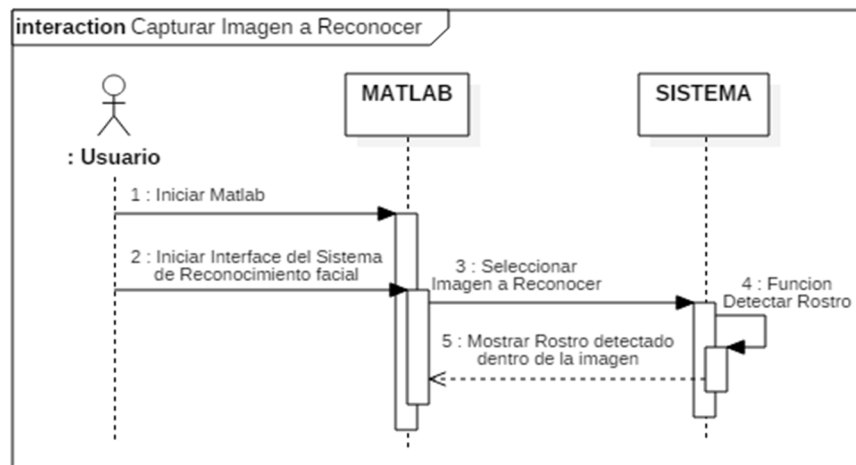


Figura 14. Diagrama de Secuencia Capturar Imagen a Reconocer  
Fuente: Elaboración propia

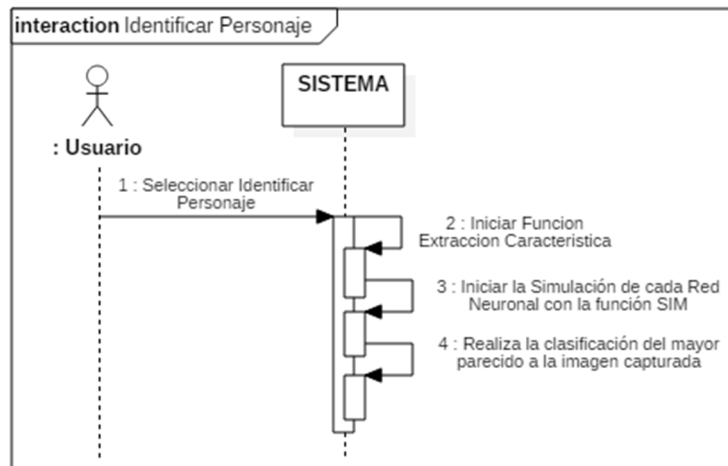


Figura 15. Diagrama de Secuencia Identificar Personaje  
Fuente: Elaboración propia

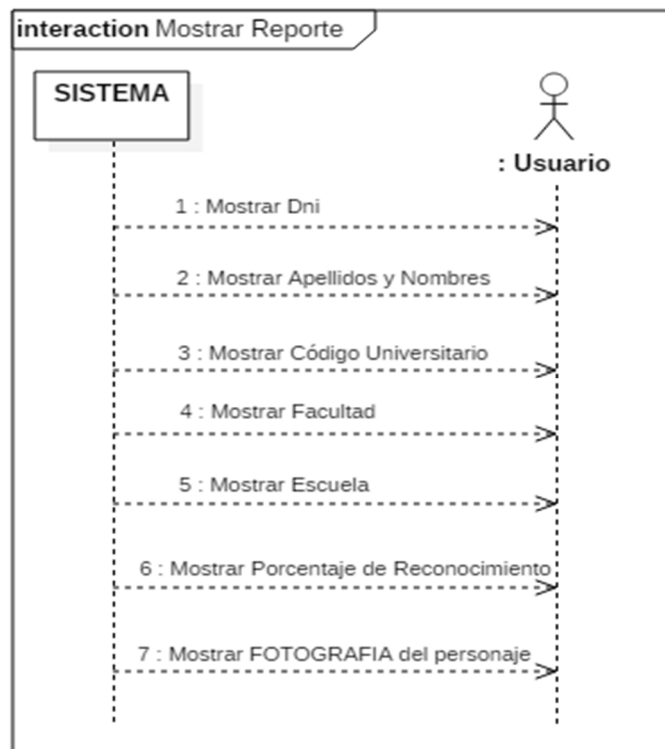


Figura 16. Diagrama de Secuencia Mostrar Reporte  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6.4 Fase de implementación

#### *Arquitectura del sistema*

El uso de imágenes fijas tiene la desventaja de que se usa una proyección bidimensional de un objeto inherentemente tridimensional. Esto significa una pérdida inevitable de información. En cambio, los algoritmos para el reconocimiento facial se simplifican enormemente. (Gamez, 2009).

El desarrollo del sistema seguirá el siguiente diagrama de bloques.

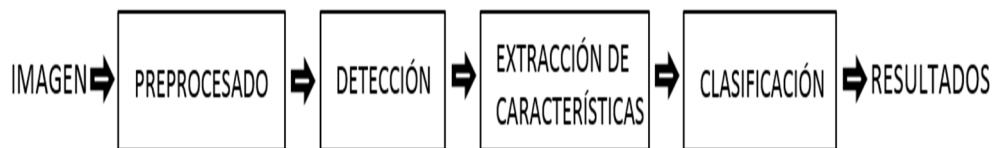


Figura 17. Arquitectura del Sistema

Fuente: Elaboración Propia

#### *Herramientas utilizadas*

El software utilizado es MatLab 7,5 MATLAB, es un software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M).

#### *Desarrollo del sistema*

- a. **Preprocesado.** Esta etapa pretende mejorar las propiedades de la imagen en formato, eliminación de ruido (Figura 18) y compensación de luz.



Figura 18. Funcionamiento del filtrado de mediana

Fuente: Elaboración propia

- b. **Detección de rostros.** Encontrar regiones de una imagen que contengan rostros humanos. La técnica utilizada para este trabajo es un análisis de bajo nivel basado en el color de la piel, es decir, el nivel de píxel.

*Detección de píxeles de piel:* Se utilizará el espacio de color RGB, debido a que varios investigadores consideran que el color de la piel está descrito por las crominancias y no depende de la luminancia (Pérez, 2003)

Se trata de comparar si cada uno de los píxeles de la imagen cumple determinadas condiciones y así concluir que se trata de piel humana según las ecuaciones del 1 al 7. (Kovac, 2003, 56).

$$R > 95 \quad (1)$$

$$G > 40 \quad (2)$$

$$B > 20 \quad (3)$$

$$\max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15 \quad (4)$$

$$|R - G| > 15 \quad (5)$$

$$R > G \quad (6)$$

$$R > B \quad (7)$$

El resultado de la detección de piel es una imagen binaria que consta de 0 y 1, donde cada píxel establecido en 1 es un píxel de piel detectado en la imagen original y el resto se establece en 0. A continuación, se muestra un ejemplo de la detección de píxeles de piel.



*Figura 19. Ejemplo detección píxeles de piel a imagen binaria.  
Fuente: Elaboración Propia*

*Filtrado y agrupamiento:* Excluye y agrupa áreas de piel para crear áreas de rostro candidatas.

*Selección de candidatos a rostros:* Esta se realiza en términos de dimensiones y circularidad de la región, en base a ciertas características mínimas que una región de la piel debe considerar como candidato a rostro.

*Validación de candidatos:* Una vez que se obtiene un rostro candidato, se valida buscando elementos distintivos como ojos y boca.

Para encontrar la ubicación de los ojos y la boca en un candidato se realizan *mapas* derivados directamente de la luminancia y las crominancias de la imagen. (Hsu, 2001, 98).

*Mapa de ojos:* La construcción del mapa de ojos se basa en dos aspectos: Los ojos presentan baja intensidad de rojo (bajo  $Cr$ ) y alta intensidad de azul (alto  $Cb$ ).

Tanto el mapa de ojos de crominancia como el de luminancia son normalizados al rango  $[0,255]$  antes de ser combinados mediante la operación AND. El resultado es nuevamente enmascarado y normalizado al rango  $[0,255]$ . Para decidir qué regiones son ojos se realiza un umbralizado. El umbral de decisión es una combinación lineal entre el promedio del mapa y el máximo valor del mapa, ecuación 8:

$$Umbral = \alpha * promedio (EyeMap) + (1 - \alpha) * max(EyeMap) \quad (8)$$

*Mapa de boca (MouthMap):* El color de la zona de la boca es más rojizo y menos azulado que el resto de la cara. Por lo tanto, el componente de crominancia  $Cr$  en la boca es mayor que el componente  $Cb$ . También se observa una menor respuesta para las propiedades  $Cr/Cb$  y una mayor respuesta para las propiedades  $Cr^2$ . Para decidir qué regiones son bocas se hace un umbralizado igual que el que se hace para el mapa de ojos, ecuación 9:

$$Umbral = \alpha * promedio (MouthMap) + (1 - \alpha) * max(MouthMap) \quad (9)$$

Similar al mapa de ojos, el resultado de este umbral es una imagen binaria en la que todos los píxeles por encima del umbral son 1 y los píxeles por debajo del umbral son 0.

*Validación:* Una vez que se generan los mapas de ojos y boca, se

deben combinarlos para determinar si las regiones candidatas son realmente caras. Para realizar esta comprobación se forman todas las combinaciones posibles entre ojos y bocas en cada mapa.

El primer requisito que debe cumplir una región de la piel candidata a ser rostro es que tenga al menos dos ojos y una boca. Para cada "candidato" formado por dos ojos y una boca, se crea un triángulo cuyo vértice es el baricentro de la región asociada a los ojos y la boca. Para que este triángulo sea considerado el rostro, se deben cumplir ciertas condiciones mínimas. (Aguerrebere, 2005).

- Los triángulos deben ser agudos. Es decir, todos los ángulos deben ser agudos y no pueden tener ángulos mayores que  $\pi/2$ .
- Un área triangular debe tener un número mínimo de píxeles. Este número de píxeles representa el tamaño mínimo de un rostro detectado. Para este trabajo, ese estableció arbitrariamente el área mínima en 100 píxeles.
- El ángulo menor del triángulo ojo – boca debe tener un valor elegido arbitrariamente de  $\pi/7$ .

Cuando se cumplen estas condiciones, se calculan puntos que recompensan triángulos simétricos y bien alineados, ojos con área similar y área triangular cercana a la décima parte de área de la máscara facial candidata.

*Score de simetría y orientación.* Para calcular este score se utiliza la siguiente fórmula:

$$ScoreSim = \prod_{k=1,2} e^{-3Sen^2(\theta_k)} \quad (10)$$

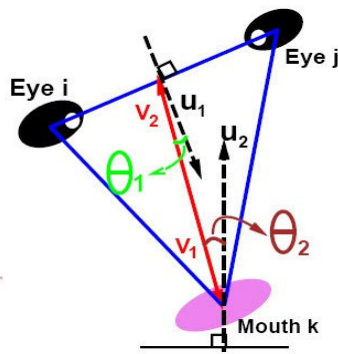


Figura 20. Geometría del triángulo ojos-boca  
Fuente: Elaboración propia

*Score ojos de área similar.* Se considera positivo el hecho de que las áreas que componen cada ojo tengan la misma superficie:

$$ScoreEyes = e^{-\frac{|area_i - area_j|}{\min\{area_i * area_j\}}} \quad (11)$$

*Score área del triángulo.* A través de un breve estudio estadístico se concluyó que el área del triángulo formado por los ojos y la boca es la décima parte del área total del rostro. Si el área de la cara está cerca de la máscara del área de la cara del candidato, es posible estimar triángulos que satisfagan esto:

$$ScoreEyes = e^{-\sqrt{\frac{area\ triángulo}{area\ mascara} - 0.1}} \quad (12)$$

Después de calcular todos los puntajes, se suman en un solo

puntaje, y el puntaje que mide la simetría y la dirección del triángulo recibe más peso que los demás.

$$Score = 0,5 * ScoreSim + 0,25 * ScoreEyes + 0,25 * ScoreArea \quad (13)$$

Esta puntuación se calcula para todos los triángulos ojo-boca posible, y se elige como cara posible el triángulo con la puntuación más alta. A continuación, se comprueba si la puntuación más alta supera un umbral mínimo, fijado arbitrariamente en 0, y en caso afirmativo, la región de la piel en cuestión se considera un rostro.



*Figura 21. Ejemplo de ojos y boca encontrados en una región candidata a rostro*

*Fuente: Elaboración propia*

**Normalización de tamaño:** El objetivo de este paso es estandarizar las imágenes de entrada para el paso de reconocimiento. En este proceso se aplica normalización de tamaño a las imágenes resultantes de la fase de reconocimiento para que todas tengan el mismo tamaño al entrar en la fase de extracción de características. El tamaño seleccionado para normalizarlas es de 360x300, elegidos arbitrariamente.

c. **Extracción de características:** En esta etapa se obtendrá una serie, información necesaria, de tal forma que, las imágenes similares a ella, puedan ser reconocidas y convenientemente clasificadas. En esta etapa, las imágenes con las que se va a trabajar contienen únicamente rostros y la metodología de extracción de características será el Método holístico, donde se utilizan toda la imagen del rostro como entrada al sistema de reconocimiento, siendo ésta la unidad básica de procesamiento.

PCA será el algoritmo a utilizar, dando así lugar al método llamado *Eigenfaces*, lo cual se utilizó sólo para extraer ciertas características de la imagen para posteriormente pasarlos a la etapa de clasificación, sumado a esto, la utilización de imágenes en color gris y para cada uno de los canales RGB, proporcionará mayor información de cada imagen.

*Algoritmo de Análisis de Componentes Principales – PCA:* PCA es una técnica de proyección sobre un subespacio para reconocimiento de rostros (Gámez Jiménez, Carmen, 2009).

Se tiene un conjunto de 10 imágenes por persona de los cuales, y de manera aleatoria, 7 son de entrenamiento, y 3 son de prueba. Como primer paso se genera cuatro bases de datos, una para las imágenes en escala de gris (*Tg*), y otra por cada canal de color RGB (*TR*, *TG* y *TB*).

Para obtención de esta matriz de proyección óptima se sigue los siguientes pasos. (Turk, 1991):

- Cada imagen del conjunto de entrenamiento se transforma en un vector unidimensional, Si se tienen  $n=21$  personajes, 7 imágenes por persona, entonces  $m=147$ , y cada imagen es de tamaño  $360 \times 300$  ( $r \times c$ ), las dimensiones de esta matriz serán ( $rc \times m$ ), de esta manera se tiene una matriz de  $108000 \times 147$  por cada canal.

- Se calcula la media de todos los vectores de entrada mediante

$$\mu = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i \quad (14)$$

- A cada vector se le resta la media

$$\phi_i = t_i - \mu \quad (15)$$

- Se forma una nueva matriz A de dimensiones  $108000 \times 147$ :

$$A = [\phi_1 \ \phi_2 \ \dots \ \phi_m] \quad (16)$$

- Se calcula la matriz C, esta matriz se conoce en estadística como matriz de covarianza.

$$C = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \phi_i * \phi_i^T = A * A^T \quad (17)$$

Los autovalores de C son números reales no negativos, por lo que se calcula los  $N = 50$  autovalores de mayor tamaño de la matriz C y la base buscada estará formada por los autovectores asociados. En el presente caso, la matriz C es de tamaño  $108000 \times 108000$ , y esto hace muy costoso calcular los autovalores y autovectores de C. Resumiendo, la base óptima

de proyección se obtendrá con los autovectores asociados a los  $N=50$  autovalores más grandes de  $C = A * A^T$ . En definitiva, una matriz de proyección optimizada de  $147 \times 50$  que es mucho más manejable que la matriz inicial de  $108000 \times 147$ .



*Figura 22. Ejemplo de imagen promedio*  
*Fuente: Elaboración propia*

Después de seleccionar los vectores propios a utilizar, todas las imágenes base se proyectan en el nuevo espacio reducido, otorgándoles coeficientes de representación de imagen, que son las características que se buscan y pasan al clasificador.

- d. **Clasificación:** En este paso, se usa redes neuronales como elemento principal, se crea una red neuronal para cada característica y luego se somete a entrenamiento. En esta fase, se le presenta al sistema un conjunto de datos descritos, para que el sistema pueda extraer las características que definen cada clase de datos. Este tipo de entrenamiento se conoce como “supervisado”.

*Arquitectura de las redes neuronales y entrenamiento:* Entre los

distintos tipos de redes neuronales que pueden implementarse con Matlab se decide utilizar la siguiente arquitectura. (Florez, 2008).

- *Cascade Forward Neuronal Networks: CFNN*, con aprendizaje *backpropagation* de 3 Capas con los siguientes números de neuronas: Número de neuronas de la capa de entrada: 50, Número de neuronas de la capa de salida: 21 y Número de neuronas de la capa oculta: 34.
- Función de transferencia: Capa de entrada y oculta: *tansig* y para la capa de salida la función *purelin*.
- Función de aprendizaje: *learnngdm* que realiza el aprendizaje mediante *backpropagation* por descenso de gradiente.
- Función de actualización *trainlm*, que actualiza los pesos de acuerdo a la optimización de Levenberg-Marquardt.

*Entrenamiento de las redes neuronales:* Se entregan a la red los vectores de características de las imágenes de entrenamiento  $C' = 147 \times 50$ , así como la red de las salidas correspondientes a cada una de las imágenes de entrenamiento.

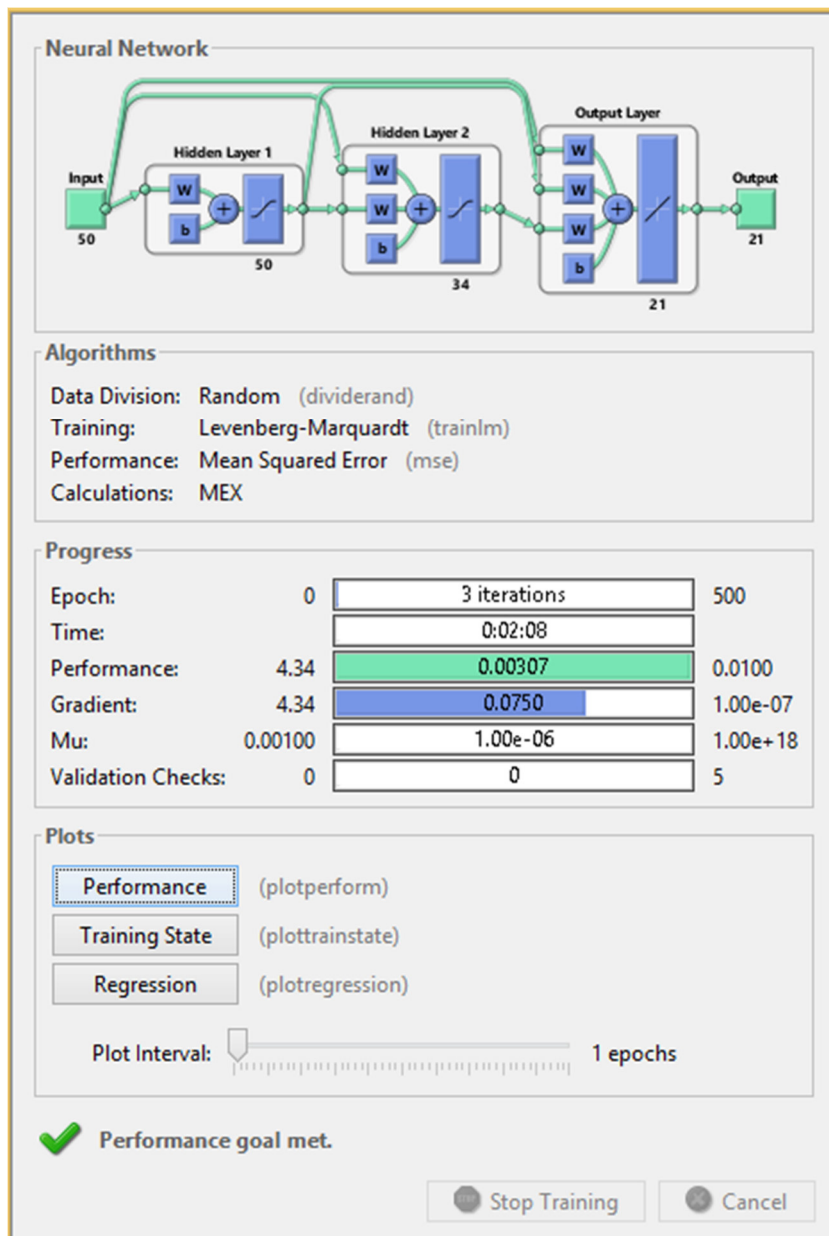


Figura 23. Entrenamiento de una red neuronal

Fuente: Elaboración propia

**Clasificación:** Este es el uso de la interfaz del sistema de control, donde se ingresa la imagen de prueba y se extraen sus características,

cada vector de características se alimenta a la red neuronal correspondiente para producir cuatro vectores.

Luego, se obtiene la diferencia entre el vector de salida de cada red neuronal y el vector formado por ellas para determinar la similitud de la imagen de prueba con cada individuo que forma la base de datos para el reconocimiento. Luego, la persona más similar a la imagen de prueba se selecciona de la base de datos, y la imagen correspondiente del personaje se devuelve de la base de datos y se presenta como resultado del sistema de reconocimiento con información adicional.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Descripción de las pruebas experimentales

##### 4.1.1 Indicador 1: Eficiencia en el control de ingreso de personas

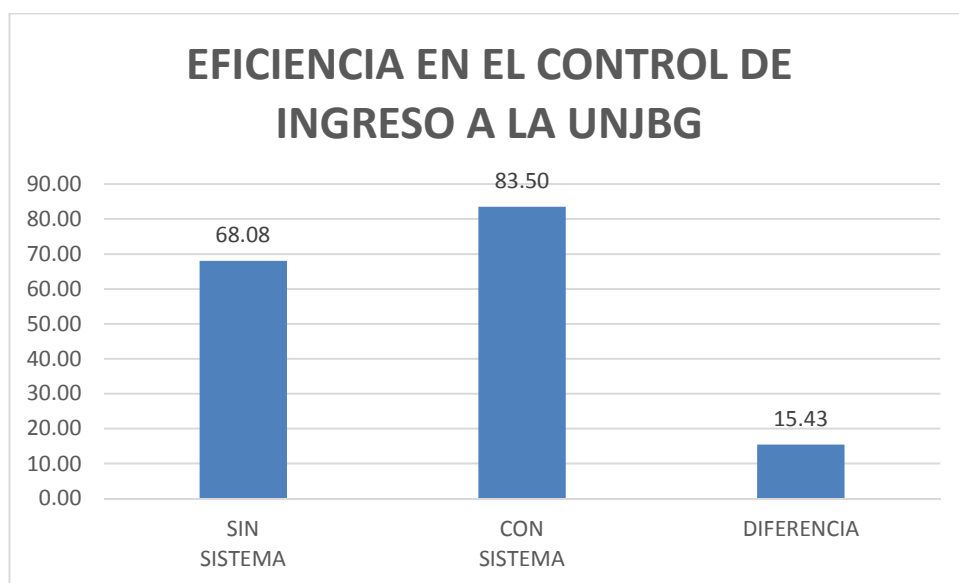
La tabla siguiente muestra el porcentaje de eficiencia en el control de ingreso de personas antes y después de aplicar el sistema de reconocimiento facial.

*Tabla 13. Pre-test y post-test para el indicador eficiencia en el control de ingreso de personas*

PERSONAS / PREGUNTAS	PROMEDIO LIKER							SIN SISTEMA	CON SISTEMA
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	PUNT. TOTAL	% EFICIENCIA	% EFICIENCIA
PERSONA 1	2	1	2	2	1	1	1,50	75,00	86,11
PERSONA 2	1	1	1	1	1	1	1,00	50,00	88,94
PERSONA 3	1	1	1	1	1	1	1,00	50,00	82,82
PERSONA 4	2	1	1	2	1	1	1,33	66,50	83,51
PERSONA 5	2	1	2	2	2	2	1,83	91,50	80,49
PERSONA 6	2	1	2	1	1	1	1,33	66,50	77,40
PERSONA 7	1	1	2	2	2	1	1,50	75,00	74,21
PERSONA 8	2	2	2	1	1	1	1,50	75,00	97,35
PERSONA 9	1	1	1	1	1	1	1,00	50,00	83,42
PERSONA 10	2	1	2	1	1	1	1,33	66,50	97,82
PERSONA 11	2	1	2	2	2	2	1,83	91,50	85,41
PERSONA 12	1	1	1	1	1	1	1,00	50,00	85,93
PERSONA 13	2	2	1	1	1	1	1,33	66,50	75,55
PERSONA 14	2	1	1	2	1	1	1,33	66,50	85,54
PERSONA 15	2	1	1	1	1	2	1,33	66,50	73,84
PERSONA 16	2	1	1	2	1	1	1,33	66,50	80,71
PERSONA 17	1	1	1	1	1	1	1,10	55,00	89,02
PERSONA 18	2	1	2	2	2	2	1,83	91,50	79,49
PERSONA 19	2	1	2	2	1	1	1,50	75,00	81,91
PERSONA 20	2	1	2	1	1	1	1,33	66,50	80,58

Fuente: Elaboración propia

En donde, la puntuación total es convertida en valor porcentual y promediada para ser comparada con los resultados obtenidos al aplicar el sistema de reconocimiento.



*Figura 24. Comparación de la eficiencia en el control de ingreso a la UNJBG*

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos, se observa que la eficiencia promedio en el control de ingreso de personas a la UNJBG sin aplicar el sistema de control es de 68,08 % y después de ser automatizado es 83,50 %, lo que representa una mejora de 15,43 %.

#### **4.1.2 Indicador 2: Ecuanimidad entre Autovectores y autovalores.**

Una de las etapas importantes de los sistemas de reconocimiento es la extracción de características, en el presente caso, mediante el método de PCA (Análisis de Componentes Principales) se hará la proyección de toda la base de datos de imágenes representada por una matriz inicial de  $108000 \times 147$  sobre un subespacio con el objetivo de reducir la dimensionalidad de los mismos (147 fotografías de  $360 \times 300$  pixeles).

Para obtener la matriz de proyección óptima donde se determinarán a los vectores que mejor representen a la totalidad de las imágenes, primeramente se debe de encontrar un equilibrio entre autovectores y autovalores, considerando que la elección de un número alto de autovalores conlleva a un tiempo de procesamiento grande, mayor costo computacional y una mayor necesidad de memoria y por el otro lado, la elección de un menor número de autovalores conlleva al riesgo de perder bastante información.

En la Figura 25 se muestra a la matriz inicial de  $108000 \times 147$ , y la Figura 26 es el resultado de aplicar PCA junto a la función Eigenface de MatLab a la matriz inicial para obtener la matriz de autovectores y autovalores.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	8.1717e-06	8.8183e-06	7.2062e-07	-2.0028e-04	-3.1571e-05	-5.9532e-04	-3.7402e-05	-2.4751e-05	-4.2975	-0.5858	4.6646	-10.1573	-18.01
2	3.2828e-05	1.1267e-05	1.4214e-06	-3.1147e-04	-2.9868e-05	-6.5581e-04	-4.6804e-05	-9.9012e-06	-4.0664	-1.3676	5.2484	-9.5516	-16.91
3	4.0138e-05	1.4046e-05	3.4318e-06	-4.2673e-04	-1.6573e-05	-6.5532e-04	-2.9800e-05	7.9231e-06	-3.7399	-2.1813	5.9178	-9.2985	-15.11
4	3.7464e-05	1.5112e-05	1.8710e-06	-4.4583e-04	-1.4350e-05	-6.3042e-04	-3.2739e-05	1.3244e-05	-3.6056	-2.7524	3.3226	-8.6255	-14.71
5	1.7238e-05	2.1472e-05	8.8060e-07	-4.1802e-04	-1.5468e-05	-6.7280e-04	-4.4856e-05	1.3687e-05	-3.2989	-2.7204	3.3714	-7.2032	-15.21
6	1.4750e-05	2.3367e-05	-8.1961e-07	-3.6506e-04	-1.2571e-05	-7.1572e-04	-2.9814e-05	1.1940e-05	-2.7422	-1.8674	5.8237	-6.6315	-14.61
7	4.0636e-05	2.2174e-05	-8.5484e-07	-3.2711e-04	-9.0515e-06	-6.8269e-04	-1.7637e-05	1.3762e-05	-2.3066	-0.7278	6.3925	-6.3082	-11.91
8	5.1289e-05	2.8812e-05	2.3251e-06	-3.7315e-04	-1.9906e-05	-6.2495e-04	-4.1305e-05	1.8128e-05	-2.0274	-0.6386	5.5771	-5.7266	-8.61
9	5.3686e-05	3.1797e-05	1.2532e-06	-3.9009e-04	-1.4164e-05	-6.1901e-04	-3.6148e-05	2.2308e-05	-1.5753	-1.8127	4.0835	-6.1172	-8.61
10	3.2744e-05	3.7435e-05	5.4038e-06	-2.7741e-04	-7.4838e-06	-5.6106e-04	-3.8602e-05	2.3872e-05	-1.1205	-2.2535	-2.2337	-6.1390	-8.71
11	4.1921e-05	3.6571e-05	7.5266e-06	-2.2446e-04	8.9408e-06	-4.5769e-04	-4.1672e-05	2.5364e-05	-0.4294	-3.0282	-6.2074	-6.1208	-8.11
12	6.5075e-05	2.9780e-05	3.2179e-06	-2.0099e-04	1.9763e-05	-2.9393e-04	-3.7345e-05	1.8556e-05	-0.4735	-1.6225	-0.7188	-4.5648	-6.51
13	6.2025e-05	2.4403e-05	-6.8274e-06	-1.7181e-04	2.6419e-05	-1.9577e-04	-3.3242e-05	1.8951e-05	-0.8112	0.3407	5.8964	-2.2985	-2.61
14	6.7715e-05	2.0330e-05	-7.9614e-06	-5.0409e-05	2.0523e-05	-2.0540e-04	-3.1283e-05	2.3118e-05	-1.0166	0.4874	2.6821	-1.0641	-0.51
15	3.5515e-05	2.4959e-05	2.9668e-06	1.3326e-04	1.2377e-05	-2.4356e-04	-3.2014e-05	1.4572e-05	-0.7573	0.3315	-3.4223	0.6172	-3.71
16	-3.1166e-05	3.2865e-05	1.1937e-05	2.3532e-04	9.9182e-06	-2.5133e-04	-2.2242e-05	-2.9976e-06	-0.4011	0.9846	-5.2837	1.1562	-6.31
17	3.0997e-05	2.7574e-05	1.7609e-05	3.9567e-04	8.9699e-06	-2.3519e-04	-2.1358e-05	-5.9267e-06	-0.3463	2.1207	-5.3397	1.6699	-3.91
18	-1.5016e-05	2.7523e-05	2.3131e-05	1.3155e-04	5.0518e-06	-2.4498e-04	-4.2738e-05	5.1124e-06	-0.4096	1.6370	-4.2606	4.8764	-3.01

Figura 25. Matriz de Inicial 108000x147  
Fuente: Elaboración propia

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-6.5920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	-4.1890	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	-1.7724	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	-1.5025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	-0.1092	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0.6464	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	4.8063	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	4.7446e+05	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5981e+06	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2078754	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.3930e+06	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.6568e+06
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 26. Matriz de autovalores y autovectores 147x147  
Fuente: Elaboración propia

Para encontrar la ecuanimidad entre autovectores y autovalores, es necesario realizar dos análisis, el primero se trata de hallar el valor N de autovalores necesarios haciendo uso de la gráfica de la evolución de los valores asociados de la Figura 27, en ella se ve cómo los valores aumentan

gradualmente desde el valor característico de 100, y un aumento exagerado para los últimos 7 valores característicos.

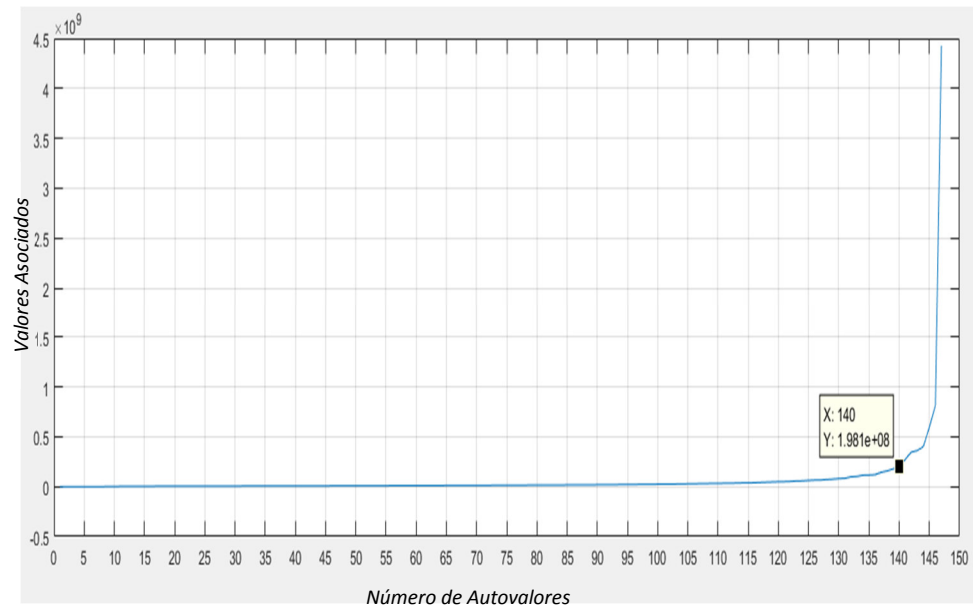


Figura 27. Evolución de valores asociados de los autovalores  
Fuente: Elaboración propia

El segundo análisis, es lograr que las proyecciones estén lo más alejadas posible, es decir se busca maximizar la varianza de las proyecciones, en la Figura 28 se ve que para mantener aproximadamente el 80 % de dispersión se requieren 20 autovalores, y para mantener el 90 % se requieren 42 autovalores. Así, tomando estos análisis se decide, que mantener un 91,77 % de varianza es necesario tomar a los 50 últimos autovalores.

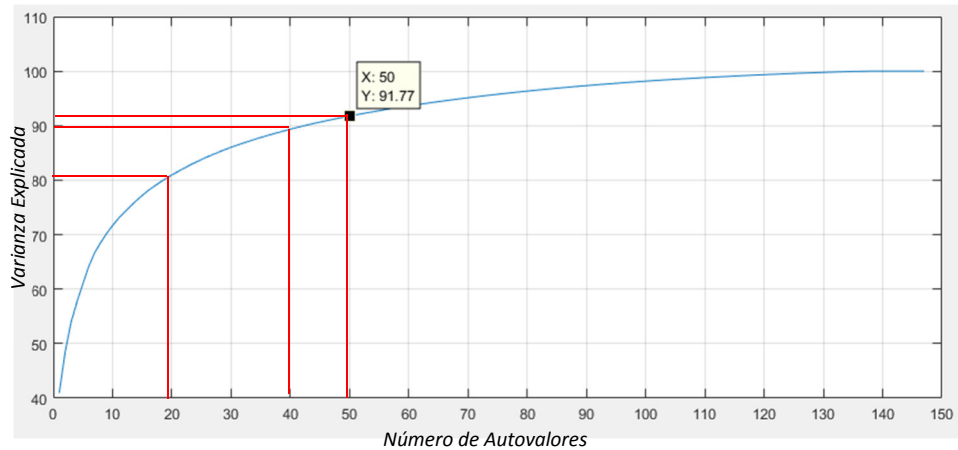


Figura 28. Varianza según número de autovalores  
Fuente: Elaboración propia

Una vez determinado el número de autovalores necesarios, se obtiene una matriz de proyección optimizada de 147x50 que es mucho más manejable que la matriz inicial de 108000x147.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	456060768	-29705220	-1677206	-35922816	39012300	95740368	9264060	2.9122e+06	-13208511	-43888340	-19885358	17854286	13597920
2	431776640	-20460928	20999596	-62956584	14138188	44668868	-3.1979e+06	-12677871	1.9053e+06	-35340876	-2.3558e+06	4974472	-9563118
3	405132288	-50611712	8785668	-41739824	34962956	23750514	4.7226e+06	8.1569e+05	18370934	-20847066	8429212	3.6536e+06	-26360516
4	316514048	-43558200	5006386	-39693992	42182056	19810648	-6263815	-8.0347e+05	16799518	-22564784	10050072	4.1568e+06	-22679452
5	486638496	-91951056	57785220	14898313	3639786	41224360	-42523152	1.1701e+06	9355460	23022168	15419858	11755240	-8680155
6	571522112	-12871998	-38263368	44234344	70553384	69677952	-16576918	9912070	-36561512	-37529056	-24414492	-15644013	22921504
7	553934656	-12941961	9409047	-36170720	36269800	101253680	37165412	10775338	-19778670	-35572360	-23943862	25391356	22453860
8	322024512	-1.0227e+06	21526720	-32149968	-42457624	-47067872	-12230090	-3.8440e+06	8.1001e+06	-7253751	-22355530	7.1379e+06	-6.3939e+06
9	574455936	-9052156	17972616	-42975868	-77343312	-54999652	-12508130	-10666533	3761016	-6384938	-33598144	7.2251e+06	-8.2072e+06
10	537089152	-19438768	24150368	-39931064	-56125648	-67317184	19777176	6781765	17723658	-5.0689e+06	-31840622	8.2854e+06	3.1782e+05
11	278428736	11965287	16406578	-27082986	-35988432	-39470440	-35652448	-3.5469e+06	-2451846	3.4159e+04	-19839864	9847305	-5.8372e+06
12	358823488	3.3651e+05	37154496	-41990440	-46793424	-41436736	6719937	-1439435	13173714	-4.9072e+06	-18535830	5338535	2.5594e+06
13	437919904	-15408191	31673310	-35428688	-45396008	-61231312	7630660	581533	9572099	-5584306	-26736834	6627393	-4064028
14	346682784	-5476229	25584262	26824930	-48979528	-32118260	-23942726	-15671855	-26294434	-7.4424e+05	-2.8127e+06	11774382	-2.4253e+06
15	319512544	6966257	43850568	-44473944	-10936990	-2501871	12751082	-10028948	8246519	-9191822	-1.5055e+05	-9009458	-3.0951e+06
16	154703856	13866245	13453212	-33196220	-9013106	9618284	3.6299e+06	-16689585	-7986165	-3.1963e+06	4792341	-4461400	-1.8938e+06
17	310679552	6.4714e+06	31458668	-43627096	-11799485	6839776	19980076	-15770753	-2233848	-6417638	5.9102e+05	-6366593	-2.4569e+06
18	412897312	-71898864	-35998912	13304188	12349170	38139528	12684497	-3123132	21263784	26367212	-4675280	-4971877	-4.9219e+06

Figura 29. Matriz de proyección optimizada  
Fuente: Elaboración propia

Por lo que se puede decir que mediante aplicación del algoritmo PCA y su ecuanimidad de autovalores y autovectores es posible obtener una Matriz de proyección óptima.

### 4.1.3 Indicador 3: Cantidad de reconocimientos correctos

El cuadro muestra la cantidad y porcentaje de reconocimientos con resultados correctos de personas pertenecientes a la UNJBG antes y después de aplicar el sistema de reconocimiento.

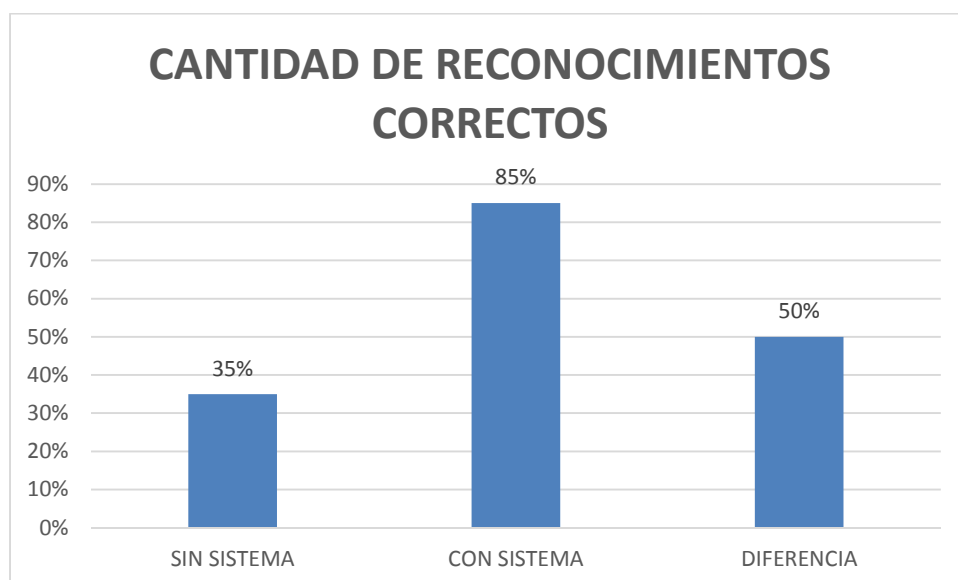
Tabla 14. Pre-test y post-test para el indicador cantidad de reconocimientos correctos

ALUMNOS	RECONOCIMIENTO SIN SISTEMA	RECONOCIMIENTO CON SISTEMA
ALUMNO 1	SÍ	SÍ
ALUMNO 2	NO	SÍ
ALUMNO 3	NO	NO
ALUMNO 4	NO	SÍ
ALUMNO 5	SÍ	SÍ
ALUMNO 6	NO	SÍ
ALUMNO 7	SÍ	NO
ALUMNO 8	SÍ	SÍ
ALUMNO 9	NO	SÍ
ALUMNO 10	NO	SÍ
ALUMNO 11	SÍ	SÍ
ALUMNO 12	NO	SÍ
ALUMNO 13	NO	SÍ
ALUMNO 14	NO	SÍ
ALUMNO 15	NO	SÍ
ALUMNO 16	NO	SÍ
ALUMNO 17	NO	SÍ
ALUMNO 18	SÍ	SÍ
ALUMNO 19	SÍ	SÍ
ALUMNO 20	NO	NO
<b>PORCENTAJE</b>	<b>35%</b>	<b>85%</b>

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos que se muestran en la Tabla 15 muestran una gran diferencia al aplicar el sistema de reconocimiento, antes de su

aplicación sólo 7 de 20 personas fueron reconocidos correctamente haciendo un 35 % de eficacia de reconocimiento, y luego al aplicar el sistema 17 de 20 personas son reconocidos correctamente haciendo un 85 % de eficiencia de reconocimiento de personas que pertenecen a la UNJBG.



*Figura 30. Comparación de cantidad de reconocimientos correctos*  
*Fuente: Elaboración propia*

De la gráfica anterior, se puede decir que al aplicar el sistema de reconocimiento facial la cantidad de personas reconocidas correctamente como alumnos de la UNJBG aumentó en un 50 %.

## 4.2 Presentación y análisis de los resultados

### 4.2.1 Prueba de normalidad

A continuación, se mostrará las pruebas de normalización de los datos que se realizaron con respecto a los indicadores para luego determinar el estadístico a aplicar.

Debido a que la muestra es 21 se optó por aplicar la prueba de normalidad con nivel de significancia del 5 % (0,05).

$H_0$ : Sig > 0,05, es una distribución de datos paramétricos.

$H_1$ : Sig < 0,05, es una distribución de datos no paramétricos.

Tabla 15. Prueba de normalidad del indicador Eficiencia

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
Eficiencia	,211	20	,020	,868	20	,011

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Prueba de normalidad del indicador Ecuanimidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Autovalor	,422	147	,000	,150	147	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Prueba de normalidad del indicador Eficacia del Sistema

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia_Sistema	,139	63	,004	,890	63	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que el valor de significancia de las 3 variables es menor a 0,05 entonces se asume que todos los indicadores tienen un comportamiento no paramétrico, en otras palabras, su distribución no es normal.

### 4.3 Contrastación de hipótesis

Debido a que los datos están siguiendo una distribución que no es normal, entonces se aplicará la prueba de WILCOXON.

#### 4.3.1 Hipótesis general

**Ho:** Si la teoría del reconocimiento de patrones en imágenes permite identificar elementos específicos, entonces es posible desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar su desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG. Ho:  $Me \geq 84,2$

**Ha:** Si la teoría del reconocimiento de patrones en imágenes permite identificar elementos específicos, entonces NO es posible

desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar su desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG. Ha:  $Me < 84,2$

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La media de DESEMPEÑO_SISTEMA es igual a 84,200.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	,478	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

*Figura 31. Prueba de hipótesis general*  
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura anterior se muestra que el valor de significancia fue de 0,478 y de acuerdo con este resultado es mayor a 0,05; por consiguiente, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, es decir que la teoría del reconocimiento de patrones en imágenes permite identificar elementos específicos y es posible desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar su desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG.

#### 4.3.2 Prueba de hipótesis específica 1

**Ho:** Existe eficiencia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG. Ho:  $Me \geq 1,5$

**Ha:** Existe deficiencia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG. Ha:  $Me < 1,5$

Aplicando la prueba no paramétrica de WILCOXON, con un nivel de significancia de  $\alpha = 5 \%$  y un nivel de confianza del 95 %, se obtiene:

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La media de Eficiencia es igual a 1,500.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	,045	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05

Figura 32. Prueba de hipótesis específica 1

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura anterior se muestra que el valor de significancia fue de 0,045 de acuerdo con este resultado es menor a 0,05, por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es decir que sí existe deficiencia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG.

#### 4.3.3 Prueba de hipótesis específica 2

**Ho:** Es posible extraer una serie de rasgos esenciales de los rostros mediante el análisis de componentes principales. Ho:  $Me \geq 84,082$

**Ha:** No es posible extraer una serie de rasgos esenciales de los rostros mediante el análisis de componentes principales. Ha:  $Me < 84,082$

Aplicando la prueba no paramétrica de WILCOXON, con un nivel de significancia de  $\alpha = 5 \%$  y un nivel de confianza del 95 %, se obtiene:

### Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La media de Autovalor es igual a 84,082.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	,377	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

Figura 33. Prueba de hipótesis específica 2

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En el resultado del cuadro anterior se puede observar que el valor de significancia fue de 0,37, de acuerdo con este resultado es mayor a 0,05 por consiguiente se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, es decir que sí es posible extraer una serie de rasgos esenciales de los rostros mediante el análisis de componentes principales.

#### 4.3.4 Prueba de hipótesis específica 3

**Ho:** El desempeño del sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas es eficaz. Ho:  $Me \geq 84$

**Ha:** El desempeño del sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas NO es eficaz. Ha:  $Me < 84$

Aplicando la prueba no paramétrica de WILCOXON, con  $\alpha = 5 \%$

### Resumen de prueba de hipótesis

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La media de PORCENTAJE es igual a 84,000.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de una muestra	,366	Retener la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

*Figura 34. Prueba de hipótesis específica 3*

*Fuente: Elaboración Propia*

**Interpretación:** El valor de significancia es de 0,366 que es mayor a 0,05, por consiguiente, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, es decir que el desempeño del sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas es eficaz.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general (H): “Si la teoría del reconocimiento de patrones en imágenes permite identificar elementos específicos, entonces es posible desarrollar un sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas a la UNJBG”.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN**

#### **5.1 Análisis de resultados del indicador grado actual de eficiencia en el control de ingreso**

Se planteó la hipótesis estadística “Existe ineficacia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG”, y luego los resultados obtenidos en la evaluación fueron: 7 de 20 sujetos que ingresaron al recinto universitario fueron correctamente controlados. Por lo que se puede decir que existe una deficiencia del 65 % en el control de ingreso a la UNJBG.

De manera similar, Calles Carrasco (2019), en su tesis titulada: "Sistema informático de reconocimiento facial para el registro y control de asistencia de los socios de la cooperativa de taxis y camionetas Puyo", menciona que tomó una población de 79 socios de la cooperativa aplicando el control de accesos antes fue de 70 % y después de su implementación llegó a 90 % en base al nivel de accesos de los socios de la cooperativa.

Después de evaluar ambas tesis, se puede confirmar que existe una deficiencia en el control de ingresos y se determina que un sistema de

reconocimiento facial ayuda a mejorar el control de accesos de las personas dentro de un determinado lugar.

## **5.2 Análisis de resultados del indicador matriz de proyección óptimo.**

Se planteó la hipótesis estadística “Es posible extraer una serie de rasgos esenciales de los rostros mediante el análisis de componentes principales” y luego los resultados obtenidos en la evaluación fueron: La aplicación del algoritmo PCA y su ecuanimidad de autovalores y autovectores hace posible la obtención de una matriz de proyección óptima (147x50) que es mucho más manejable que la matriz inicial de 108000x147.

De manera similar, Vejarano Campos (2018), en su tesis titulada: “Reconocimiento Facial mediante Imágenes Estereoscópicas”, hace uso de 348 muestras, las cuales son imágenes RGB que cuentan con una resolución de 720 x 576 pixeles y que para minimizar esfuerzos computacionales hace el uso del algoritmo de Análisis de Componentes Principales (PCA).

Después de evaluar ambas tesis, se puede confirmar que el uso de algoritmos como el PCA hace posible la extracción de una serie de rasgos esenciales de los rostros y que los mismos pueden ser representados en otras dimensiones, con el fin de reducir esfuerzos computacionales.

### **5.3 Análisis de resultados del indicador cantidad de resultados correctos.**

Se planteó la hipótesis estadística “El desempeño del sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas es eficaz” y luego los resultados obtenidos en la evaluación fueron: 17 de 20 imágenes fueron correctamente reconocidos por el Sistema, representando un 85% de eficacia.

De manera similar, Vejarano Campos (2018), en su tesis titulada: “Reconocimiento Facial mediante Imágenes Estereoscópicas”, menciona que después de realizar las pruebas se obtuvieron resultados como nivel de eficacia del 94,54 % en el reconocimiento de rostros.

Después de evaluar ambas tesis, se puede confirmar que el desempeño de un sistema de reconocimiento facial es eficaz, y que es ideal para llevar un mejor control de los ingresos de personas.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

Primero: Se determinó que la eficiencia de los controles físicos de entrada e implementación de las políticas de seguridad es de tan sólo 35 % sin la implementación un sistema de reconocimiento facial en los puntos de acceso a la universidad.

Segundo: Se mostró gráficamente la importancia de proyectar una gigantesca matriz a un subespacio vectorial de dimensión reducida y hallar su punto ecuánime entre autovalores y autovectores, es necesario trabajar con el 91,77 % de varianza y los 50 últimos autovalores para reducir considerablemente los procesos computacionales y sus recursos.

Tercero: Se determinó que la captura de imágenes en ambientes controlados es más efectiva a la hora del entrenamiento y la prueba, en un sistema de reconocimiento facial a mayor cantidad de datos mayor será la probabilidad de reconocimiento.

Se concluye que el nivel de eficacia del sistema de reconocimiento facial para la identificación de personas es de 85 %. Se concluye que existe una mejora significativa de 50 % al utilizar un sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso.

## **RECOMENDACIONES**

### Primero

Para la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, se sugiere la automatización del control de ingreso y mejora de sus políticas de seguridad, los cuales elevarán su imagen institucional y seguridad dentro del recinto universitario.

### Segundo

En cuanto a las metodologías y algoritmos de extracción de características, que son la base de cualquier sistema biométrico, se sugiere la utilización de nuevas plataformas informáticas y nuevas tecnologías, que van apareciendo cada año.

### Tercero

Fomentar los trabajos de investigación orientados a desarrollar sistemas de inteligencia artificial, dominar sus bases teóricas y motivar la creación de nuevas teorías que la enriquezcan y sean el soporte para el desarrollo de nuevas tecnologías de la información.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguerreberre Otegui, C., Capdehourat Longres, G., Delbracio Bentancor, M., & Mateu Graside, M. (2006). Proyecto Aguará reconocimiento de rostros. Montevideo.
- Aguerreberre, Cecilia; Germán Capdehourat; Mauricio Delbracio; Matías Mateu. (2005). "Detección de caras en imágenes a color".
- Armengot Iborra, M. (2006). *Análisis comparativo de métodos basados en subespacios aplicados al reconocimiento de rostros*. Valencia.
- Association, A. P. (2002). Manual de Publicaciones de la American Psycholo (6ta Edición). México, D.F., México: El manual moderno.
- Bauzá, M. (2010). Sistema de autenticación facial. Palermo, Argentina.
- Chang, G. (2009). Diseño e implementación de detección facial. Ciudad de México, México.
- Corral Yadira (2010). Diseño de cuestionarios para la recolección de Datos. Estado de Carabobo, Venezuela.
- Cruz, T. d. (2009). Sistema de reconocimiento facial por medio de eigenfaces y redes neuronales. Ciudad de México, México.
- Diaz, M. (2004). Reconocimiento facial automática mediante técnicas de visión tridimensional. Madrid, España.

Dr. Sampieri, R. H. (2015). *Metodología de la Investigación, 6ta edición.*

Mexico: McGraw-Hill Interamericana.

Fernández, P. (2012). Reconocimiento de rostros en entornos no

controlados. Barcelona, España.

Gamboa, V. (2006). Métodos y técnicas de reconocimiento de rostros en

imágenes digitales bidimensionales. Ciudad de Guatemala,

Guatemala.

Gámez Jiménez, Carmen Virginia (2009). *Diseño y desarrollo de un*

*sistema de reconocimiento de caras. Universidad Carlos III de*

*Madrid. Madrid.*

García, M., Quispe, C., & Ruez, L. (2003). *Mejora continua de la calidad*

*de procesos.*

Hernández, G. (2010). Estudios de reconocimiento facial. Barcelona,

España.

Horacio Saroka, R. (2002). *Sistemas de información de la era digital.*

Argentina: Fundación OSDE.

Horna, A. A. (2008). *La tesis de maestría en educación.* Lima: Universidad

de San Martín de Porres.

Hsu, Rein-Lien (2001). "Face Detection in Color Images"; MSU-CSE-01-7;

2001

INNOVANET. (10 de mayo de 2016). <http://www.innovanet.com.ar/>.

Obtenido de

<http://www.innovanet.com.ar/gis/TELEDETE/TELEDETE/tradiimg>

Jiménez, G. (2009). Diseño y desarrollo de un sistema de reconocimiento de rostros. Madrid, España.

Jure Kovac. (2003). "Human Skin Colour Clustering for Face Detection".

Faculty of Computer and Information Science, University of

Ljubljana. Rusia.

Lopez, V. (2014). Sistema de reconocimiento facial mediante técnicas de visión tridimensional. Guanajuato, México.

Madrid, U. P. (10 de mayo de 2016). *Visión Artificial*. Obtenido de

<http://www.elai.upm.es/>:

<http://www.elai.upm.es/spain/Asignaturas/Robotica/ApuntesVA/>

Mateos, G. (2007). Procesamiento de rostros humanos mediante integrantes integrales proyectivos. Murcia, España.

Molina Julio C. (2018). Reconocimiento facial basado en FPGA.

Universida Tecnológica del Perú. Lima, Perú.

NOTICAS RPP, P. (17 de mayo de 2016). <http://rpp.pe/>. Obtenido de

<http://rpp.pe/lima/actualidad/hieren-de-bala-a-universitario-tras-robo-cerca-de-la-unmsm-noticia-962782>

- Palacios, B. (2008). Sistema de detección y reconocimiento facial de conductores mediante sistemas de visión computacional. Madrid, España.
- Palacios, V. (2008). Sistema Automático de Reconocimiento de rostros. Lima, Perú.
- Perea, P. R. (2006). Reconocimiento facial en ambientes. Chihuahua, México.
- Perea, P. R. (2006). Reconocimiento facial en ambientes no cooperativos. Chihuahua, México.
- Pereira, A. (2013). Reconocimiento facial mediante imágenes estereoscópicas para control de ingreso. Buenos Aires, Argentina.
- Pérez, S. (2009). Localización y reconocimiento de rostros en imágenes monoculares de frente con variación en escala. Ciudad de México, México.
- Pérez C; (2003). "Aplicación de los diferentes espacios de color para detección y seguimiento de caras". Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Alicante).
- Pressman Roger, S. (2010). *Ingeniería de software un enfoque práctico*. México: McGraw-HI11.

- Quezada, V. (2005). Reconocimiento de rostros utilizando análisis de componentes principales: Limitaciones del algoritmo. Ciudad de México, México.
- Sábana Mendoza, M. (2006). *Modelamiento e implementación de base de datos*. Perú: Megabyte.
- Sampieri, D. R. (2010). *Metodología de Investigación, 5ta edición*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Sánchez y C. Reyes. (2015). Metodología y diseños en la investigación científica. Perú: Editorial Business Suport Aneth SRL Quinta Edición. Lima.
- Santos, J. C. (2000). *Mantenimiento de la seguridad en sistemas informáticos*. Madrid: RA-MA S.A. Editorial y publicaciones.
- Santos, J. C. (2000). *Seguridad y alta seguridad*. Madrid: RA-MA Editorial.
- Scarel, German (2010). Sistema de reconocimiento facial. Facultad de ingeniería y ciencias hídricas. Bogotá.
- Serratos, F. (2012). *La biometría para la identificación de personas*. España: España de Creative Commons.
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería de Software*. Madrid: Pearson Educación.
- Teleamazonas. (10 de diciembre de 2015). <http://www.teleamazonas.com>.  
Obtenido de <http://www.teleamazonas.com/2015/12/la->

delincuencia-gana-terreno-en-los-alrededores-de-la-universidad-central/

M. A. Turk y A. P. Pentland. (1991). Face recognition using eigenfaces, Proceedings IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (1991).

UNJBG. (6 de junio de 2016). <http://www.unjbg.edu.pe/>. Obtenido de <http://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>

UNJBG. (6 de junio de 2016). <http://www.unjbg.edu.pe/>. Obtenido de <http://www.unjbg.edu.pe/institucion/vision.php>

Vega, V. d. (2012). Diseño e implementación de Sistema de reconocimiento facial, De San Martín Oliva, C. R. P. (1999). Metodología ICONIX, 4–10.

Vejarano Campos (2018). *Reconocimiento facial mediante imágenes Estereoscópicas*. Universidad Señor de Sipán. Pimentel, Perú.

Vilda, C. C. (2006). *Biometría. Reconocimiento facial mediante fusión 2d y 3d*. Madrid: Editorial DYKINSON.

Yañez Neyra (2019). *Sistema de reconocimiento facial para el control de acceso de estudiantes a los laboratorios de la FIIS-UNAC*, Callao, Perú, Universidad Cesar Vallejo.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. Ficha de Campo

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

### FICHA DE CAMPO

NUMERO: .....

#### “SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA EL CONTROL DE INGRESO DE PERSONAS A LA UNJBG”

Objetivo: “Medir el grado de eficacia actual en el control de ingreso de personas”

Indicador: EFICACIA

Variable dependiente: Control de Ingreso de personas a la UNJBG

Nombre de Investigador: **BACH. GUNAR ELIAS CRUZ SUCASACA**

Datos de la toma de muestra		
Personaje: ESTUDIANTE	<input type="checkbox"/>	DOCENTE <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>
Lugar: Puerta Principal de la Universidad Av. Miraflores S/N		
Fecha:		

ID	PREGUNTAS	SI	NO
1	¿El vigilante está en la puerta?		
2	¿El vigilante reconoce a primera vista a la persona que pretende ingresar al recinto universitario?		
3	¿El vigilante pide algún documento al sujeto para identificarlo?		
4	¿El sujeto que pretende ingresar muestra algún documento?		
5	¿El vigilante verifica el documento presentado por el sujeto?		
6	¿El vigilante logra identificarlo?		

## ANEXO 2. Validación del Instrumento

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** "FICHA DE CAMPO". Consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir (Chasteauneuf, 2009)

**OBJETIVO:** "Medir el grado de eficiencia actual en el control de ingreso de personas".

**DIRIGIDO A:** Todas las Personas que ingresan a la UNJBG, sin distinción de sexo, ni edad.

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR:** SUPO GAVANCHO KARIN YANET

**GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR:** DRA. EN EDUCACION

**VALORACIÓN:**

SI	NO
----	----



Firma del Evaluador

.....  
Dra. Karin Y. Supo Gavanchu  
Ing. en Informática y Sistemas  
CIP. 75686

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** "FICHA DE CAMPO". Consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir (Chasteauneuf, 2009)

**OBJETIVO:** "Medir el grado de eficiencia actual en el control de ingreso de personas".

**DIRIGIDO A:** Todas las Personas que ingresan a la UNJBG, sin distinción de sexo, ni edad.

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR:** Hugo Manuel Barraza Vizcarra

**GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR:** Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Informática y Sistemas – Administración de Tecnologías de Información – MSc.

**VALORACIÓN:**

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> NO
-------------------------------------	-----------------------------

  
-----  
MSc. HUGO BARRAZA VIZCARRA  
Ingeniero en Informática y Sistemas  
CIP 156107

-----  
Firma del Evaluador

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** "FICHA DE CAMPO". Consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir (Chasteauneuf, 2009)

**OBJETIVO:** "Medir el grado de eficiencia actual en el control de ingreso de personas".

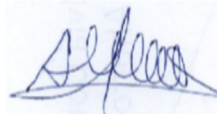
**DIRIGIDO A:** Todas las Personas que ingresan a la UNJBG, sin distinción de sexo, ni edad.

**APELLIDOS Y NOMBRES DEL EVALUADOR:** CORI MORÓN ANA SILVIA

**GRADO ACADÉMICO DEL EVALUADOR:** DOCTORA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS – DRA.

**VALORACIÓN:**

<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> NO
-------------------------------------	--------------------------



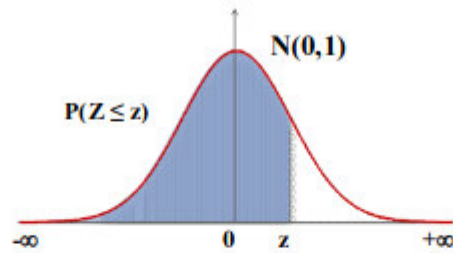
-----  
Firma del Evaluador

### ANEXO 3. FICHA DE CAMPO CON DATOS OBTENIDOS

PERSONAS / PREGUNTAS	PROMEDIO LIKER						PUNTUACIÓN
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
PERSONA 1	2	1	2	2	1	1	1,50
PERSONA 2	1	1	1	1	1	1	1,00
PERSONA 3	1	1	1	1	1	1	1,00
PERSONA 4	2	1	1	2	1	1	1,33
PERSONA 5	2	1	2	2	2	2	1,83
PERSONA 6	2	1	2	1	1	1	1,33
PERSONA 7	1	1	2	2	2	1	1,50
PERSONA 8	2	2	2	1	1	1	1,50
PERSONA 9	1	1	1	1	1	1	1,00
PERSONA 10	2	1	2	1	1	1	1,33
PERSONA 11	2	1	2	2	2	2	1,83
PERSONA 12	1	1	1	1	1	1	1,00
PERSONA 13	2	2	1	1	1	1	1,33
PERSONA 14	2	1	1	2	1	1	1,33
PERSONA 15	2	1	1	1	1	2	1,33
PERSONA 16	2	1	1	2	1	1	1,33
PERSONA 17	1	1	1	1	1	1	1,00
PERSONA 18	2	1	2	2	2	2	1,83
PERSONA 19	2	1	2	2	1	1	1,50
PERSONA 20	2	1	2	1	1	1	1,33

## ANEXO 4. Tabla de distribución “Z”

### FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL N(0,1)



z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997
4,0	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998

**Nota:** En el interior de la tabla se da la probabilidad de que la variable aleatoria  $Z$ , con distribución  $N(0,1)$ , esté por debajo del valor  $z$ .

## ANEXO 5. Matriz de Consistencia

### TITULO: "Sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas a la UNJBG"

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	
<b>Problema General:</b>  ¿Es factible desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar su desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG?	<b>Objetivo General:</b>  Desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar el desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG.	<b>Hipótesis General:</b>  Si la teoría del reconocimiento de patrones en imágenes permite identificar elementos específicos, entonces es posible desarrollar un sistema de reconocimiento facial y evaluar el desempeño en el control de ingreso de personas a la UNJBG.	<b>Variable Independiente</b>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de Reconocimiento Facial</li> </ul>	
			<b>Indicador</b>	<b>Dimensión</b>
			<i>Funcionalidad</i>	Conformidad
<b>Problema Específico:</b>  a) ¿Cómo es actualmente el sistema de control de ingreso a la UNJBG?  b) ¿Cómo se realiza la extracción de características esenciales de un rostro aplicando el algoritmo de análisis de componentes principales?  c) ¿Cuán eficaz es el sistema de reconocimiento facial para la identificación de personas?	<b>Objetivo Específico:</b>  a) Analizar el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG.  b) Extraer características esenciales de un rostro mediante la aplicación del algoritmo de análisis de componentes principales.  c) Identificar el nivel de eficacia del sistema de reconocimiento facial para la identificación de personas.	<b>Hipótesis Específicos:</b>  a) Existe ineficacia en el actual sistema de control de ingreso de personas a la UNJBG.  b) Es posible extraer una serie de rasgos esenciales de los rostros mediante el análisis de componentes principales.  c) El desempeño del sistema de reconocimiento facial para el control de ingreso de personas es eficaz.	<b>Variable Dependiente</b>	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control del ingreso de personas a la UNJBG</li> </ul>	
			<b>Indicadores</b>	<b>Dimensión</b>
			<i>Grado actual de eficiencia en el control de ingreso</i>	Eficiencia
			<i>Matriz de proyección óptimo</i>	Ecuanimidad
<i>Cantidad de Resultados correctos</i>	Eficacia			
<b>Población:</b> 7878 Personas	<b>Muestra:</b> 20 Personas por conveniencia	<b>Diseño:</b> Pre - Experimental	<b>Tipo:</b> Tecnológica - Aplicada	

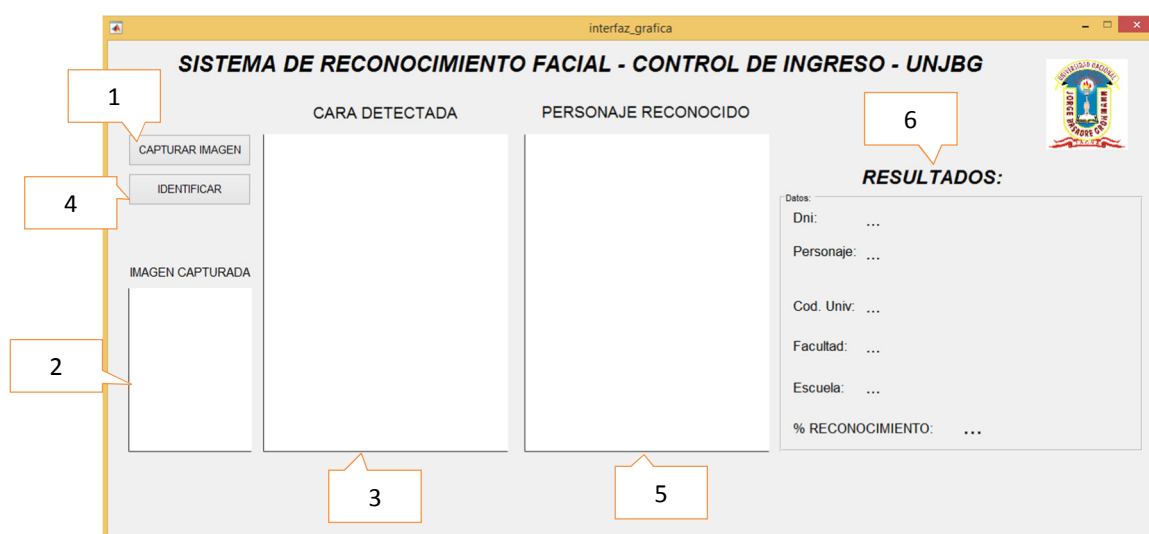
## **ANEXO 6. Manual de Usuario del Sistema de Reconocimiento**

Para facilitar el proceso de reconocimiento de rostros implementado se ha creado una simple interfaz gráfica de usuario con la ayuda de GUIDE de Matlab.

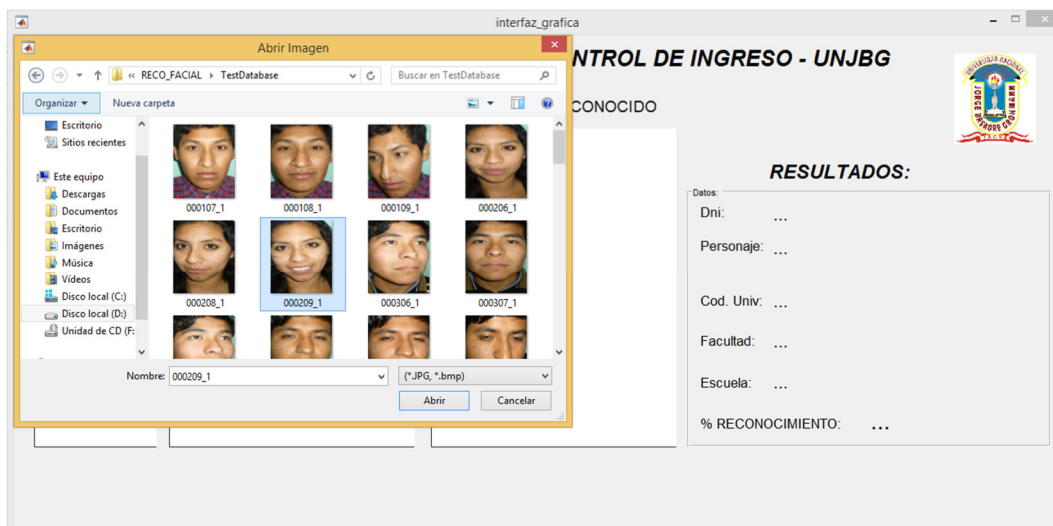
Antes de su utilización, será necesario lo siguiente:

- Indicar el número de individuos que forma la base de datos.
- Tener una base de datos de caras ya detectadas, 10 por cada individuo, utilizando la función *“evaluacion\_deteccion”*
- Estandarizar el tamaño de cada imagen detectada a 360x300 pixeles, utilizando la función *“ajustar\_tamaño”*
- Crear la base de datos de reconocimiento, utilizando la función *“load\_database”*, para cada uno de los canales: Gris = 0, Rojo = 1, Verde = 2 y Azul = 3 y guardarlos con los nombres TGR, TR, TG y TB respectivamente.
- Calcular el Número de autovalores.
- Entrenar las redes neuronales con la función *“net\_train”* y guardarlas con los siguientes nombres netTGR, netR, netG y netB dentro del mismo directorio que las funciones de Matlab.

En la imagen que se muestra a continuación se puede ver como la interfaz consta de dos botones “CAPTURAR IMAGEN” e “IDENTIFICAR”, 3 cuadros de imagen “IMAGEN CAPTURADA”, “CARA DETECTADA”, “PERSONAJE RECONOCIDO” y un panel de “RESULTADOS”.



Cuando el usuario pulsa el botón “CAPTURAR IMAGEN”, se accede a un buscador de archivos donde el usuario debe buscar la carpeta en la que se encuentran las imágenes de prueba, es decir aquellas que se quieren reconocer y que nunca han sido procesadas, y seleccionar una de estas imágenes.



Al seleccionar unas de las imágenes, en los dos primeros cuadros de imagen aparecerán la imagen seleccionada y el rostro detectado de la primera imagen.



Ahora solo queda, presionar el segundo botón "IDENTIFICAR" para que el sistema de reconocimiento, ubique dentro de su base de datos al

RESONAJE RECONOCIDO juntamente con el reporte de RESULTADOS.

interfaz\_grafica

### SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL - CONTROL DE INGRESO - UNJBG



CAPTURAR IMAGEN

IDENTIFICAR

IMAGEN CAPTURADA



CARA DETECTADA



PERSONAJE RECONOCIDO



**RESULTADOS:**

Datos:

Dni: 70000002

Personaje: APAZA DELGADO, ROCIO STHEFANNY

Cod. Univ: 2014-119014

Facultad: FAIN

Escuela: ESIS

% RECONOCIMIENTO: 85.7575

## ANEXO 7. Código Fuente del Sistema de Reconocimiento

```
function ajustar_tamano(rows,columns,path,path2)
files=dir(path);
for i=3:length(files)
nombre=files(i).name;
total=strcat(path,nombre);
[im,mapa]=imread(total);
im2=imresize(im,[rows columns]);
total2=strcat(path2,nombre);
imwrite(im2,total2);
end

function value=angle_deg_2d(p1,p2,p3)
p(1) = ( p3(1) - p2(1) ) * ( p1(1) - p2(1) ) + ( p3(2) - p2(2) )
*( p1(2) - p2(2) );
p(2) = ( p3(1) - p2(1) ) * ( p1(2) - p2(2) ) - ( p3(2) - p2(2) )
*( p1(1) - p2(1) );
if ( p(1) == 0.0 && p(2) == 0.0 )
value = 0.0;
return
end
value = atan2 ( p(2), p(1) );
if ( value < 0.0 )
value = value + 2.0 * pi;
end

function value = arc_cosine(c)
c2 = c;
c2 = max ( c2, -1.0 );
c2 = min ( c2, +1.0 );
value = acos ( c2 );

function [bestC,cand] = BestCand(cand)
p = length(cand);
a = [];
for i = 1:p
cand(i).Sc = 0.5*cand(i).ScSim + 0.25*cand(i).ScArea +
0.25*cand(i).ScEyes;
a = [a,cand(i).Sc];
end
[val,ind] = max(a);
bestC = cand(ind);

function correct=compensacion_luz(im)
imY=double(rgb2ycbcr(im));
[a,b,c]=size(im);
luma=double(imY(:, :, 1));
cont=0;
aux=0;
```

```

im=double(im);
for i=1:a,
    for j=1:b,
        if luma(i,j)>.95*(235-16),
            cont=cont+1;
            aux=aux+luma(i,j);
        end
    end
end
ref=aux/cont;

if cont>=.01*a*b,
    for i=1:a,
        for j=1:b,
            if imY(i,j,1)<ref,
                im(i,j,:)=im(i,j,:)*255/ref;
            else
                im(i,j,:)=255;
            end
        end
    end
end
correct=uint8(im);

function mask_aux = conv_mask(mask)
[m,n] = size(mask);
mask_aux = mask;

for h = 1:m,
    k = 1;
    while ~mask_aux(h,k) && k<n
        k = k+1;
    end
    if mask_aux(h,k)
        j = k;
        finalh = k;
        finalv = h;
        while j<n
            if mask_aux(h,j+1)
                finalh = j+1;
            end
            j = j+1;
        end
        mask_aux(h,k:finalh) = 1;
        for z = k:finalh
            i = h;
            finalv = h;
            while i<m
                if mask_aux(i+1,z)
                    finalv = i+1;
                end
            end
        end
    end
end

```

```

        i = i+1;
    end
    mask_aux(h:finalv,z) = 1;
end
end
end

function [eyemapMC,elabel] = Detect_Eye(emap,mask,s,alfa,ro)
maximo = 255;
emedio = mean_mask(emap,mask);
umb = alfa * emedio + (1-alfa) * maximo;
eyemapB = boolean(zeros(size(emap)));
eyemapB(find(emap>umb)) = 1;
se3 = strel('disk',floor(ro*s));
eyemapMO = imopen(eyemapB,se3);
eyemapMC = imclose(eyemapMO,se3);
[elabel,cantidad] = bwlabel(eyemapMC);

function [MmapMC,mlabel] = Detect_mouth(Mmap,mask,s,alfa,ro)
maximo = 255;
Mmedio = mean_mask(Mmap,mask);

umb = alfa * Mmedio + (1-alfa) * maximo;
MmapB = boolean(zeros(size(Mmap)));
MmapB(find(Mmap>umb)) = 1;

se3 = strel('disk',round(ro*s));
MmapMO = imopen(MmapB,se3);
MmapMC = imclose(MmapMO,se3);

[mlabel,cantidad] = bwlabel(MmapMC);

function G = elemento_estructura(s)
if s > 8
    k = floor(s/2);
else
    k = s;
end

g = -inf*ones(2*k+1,2*k+1);
nhood = ones(2*k+1,2*k+1);

for i = -k:k
    for j = -k:k
        if i^2+j^2 < s^2
            g(i+k+1,j+k+1) = abs(s) * (sqrt(abs(1-(i^2+j^2)/s^2))-1);
        end
    end
end
end
end

```

```

G = strel(nhood,g);

function evaluacion_deteccion
path='BBDD\';

path2='caras detectadas\';
path3='imagenes con caras detectadas\';
files=dir(path);
k=1;
for i=3:length(files)
nombre=files(i).name;
nombre_completo=strcat(path,nombre);

[imagen_final,imagen_cara,flag_cara]=face_detection(nombre_completo);
for j=1:length(imagen_cara)
[token,remain]=strtok(nombre, '.');
num=num2str(j);
nombre2=strcat(token, '_', num, remain);
total=strcat(path2,nombre2);
total2=strcat(path3,nombre2);
if(flag_cara)
imwrite(imagen_cara(j).cara,total);
imwrite(imagen_final(j).imagen,total2);
end
end
k=k+1;
end

function [eyeMap,s] = EyeMap(imagen,mask,Fe)
imagen = double(imagen);
[m,n] = size(imagen);
s = floor(sqrt(m*n)/(2*Fe));

emapC = double(EyeMapC(imagen(:,:,2),imagen(:,:,3),mask,s));
emapL = double(EyeMapL(medfilt2(imagen(:,:,1)),mask,s));
eyeMap = emapC .* emapL;

eyeMap = eyeMap .* mask;
eyeMap = uint8((eyeMap -
min(min(eyeMap)))*255/(max(max(eyeMap)))));

function[imagen_final,imagen_cara,flag_cara]=face_detection(imagen)
[imag_rgb,map]=imread(imagen);

imag_filtrada(:,:,1)=medfilt2(imag_rgb(:,:,1));
imag_filtrada(:,:,2)=medfilt2(imag_rgb(:,:,2));
imag_filtrada(:,:,3)=medfilt2(imag_rgb(:,:,3));
imag_compensada=compensacion_luz(imag_filtrada);

```

```

imag_piel=zeros(size(imag_compensada(:,:,1)));
imag_compensada=double(imag_compensada);

R=imag_compensada(:,:,1);
G=imag_compensada(:,:,2);
B=imag_compensada(:,:,3);
maxi=max(imag_compensada,[],3);
mini=min(imag_compensada,[],3);

c1=(R>95) & (G>40) & (B>20) & ((maxi-mini)>15);
c2=abs(R-G)>15;
c3=(R>G) & (R>B);

imag_piel=(c1&c2&c3);
ee=strel('disk',4);
imag_abierta=imopen(imag_piel,ee);
ee=strel('disk',4);
imag_cerrada=imclose(imag_abierta,ee);

[imag_etiquetada,num]=bwlabel(imag_cerrada);

propiedades_imag=regionprops(imag_etiquetada,'BoundingBox','MinorA
xisLength','MajorAxisLength','Area','Centroid','Solidity','Image',
'PixelList');
flag_cara=0;
imagen_final=[];
imagen_cara=[];
num_caras=0;
candidatos=[];
cara=imag_rgb;
caras_detectadas=0;

for i = 1:num
    imag=(imag_etiquetada==i);
    imag2 = bwperim(imag);
    perimetro=bwarea(imag2);

relacion_aspecto(i)=propiedades_imag(i).MinorAxisLength/propiedade
s_imag(i).MajorAxisLength;
factor_forma(i)=(4*pi)*(propiedades_imag(i).Area/perimetro^2);

condicion=(factor_forma(i)>0.1) & (propiedades_imag(i).Area>600) & (re
lacion_aspecto(i)>0.3) & (propiedades_imag(i).Solidity>0.52);
    if condicion
        num_caras=num_caras+1;
        candidatos(num_caras).mascara=propiedades_imag(i).Image;
candidatos(num_caras).posicion=propiedades_imag(i).BoundingBox;
    end
end

```

```

for i=1:length(candidatos)
    box = round((candidatos(i).posicion));
    mascara=candidatos(i).mascara;
    mascara=conv_mask(mascara);
    mejor_candidato=features(imag_rgb,mascara,box);
    if ~isempty(mejor_candidato)
        caras_detectadas=caras_detectadas+1;
        cara=imag_rgb(box(2):box(2)+box(4)-1,box(1):box(1)+box(3)-
1,:);
        imagen_cara(caras_detectadas).cara=cara;
        imagen_final(caras_detectadas).imagen=show_result(imag_rgb,box);
    end
    flag_cara=1;
end

function bestCand = features (imagen,img_mask,box)
img = rgb2ycbcr(imagen(box(2):box(2)+box(4)-
1,box(1):box(1)+box(3)-1,:));
im2=imagen(box(2):box(2)+box(4)-1,box(1):box(1)+box(3)-1,:);
img_mask = bwmorph(img_mask, 'thin', 3);

[eyeMap,s] = EyeMap(double(img),img_mask,12);
[eyemapMC,elabel] = Detect_Eye(double(eyeMap),img_mask,s,0.8,0.2);
[Mmap,s] = MouthMap(img,img_mask,14);
[mmap,mlabel]=Detect_mouth(Mmap,img_mask,s,0.8,0.7);

bestCand = [];

if (max(max(mlabel)) < 1) || (max(max(elabel)) < 2)
    bestCand = [];
else
    mouth = regionprops(mlabel, 'Centroid', 'Area');
    eye = regionprops(elabel, 'Centroid', 'Area');

    area_mask = sum(sum(img_mask));

    cand = geom(eye,mouth,area_mask);
    if isfield(cand, 'coord')
        [BestC,cand] = BestCand(cand);
        if BestC.Sc > 0.4
            bestCand = BestC.coord;
        end
    end
end
end

function bestCand = features (imagen,img_mask,box)
img = rgb2ycbcr(imagen(box(2):box(2)+box(4)-
1,box(1):box(1)+box(3)-1,:));
im2=imagen(box(2):box(2)+box(4)-1,box(1):box(1)+box(3)-1,:);
img_mask = bwmorph(img_mask, 'thin', 3);

```

```

[eyeMap,s] = EyeMap(double(img),img_mask,12);
[eyemapMC,elabel] = Detect_Eye(double(eyeMap),img_mask,s,0.8,0.2);
[Mmap,s] = MouthMap(img,img_mask,14);
[mmap,mlabel]=Detect_mouth(Mmap,img_mask,s,0.8,0.7);

bestCand = [];

if (max(max(mlabel)) < 1) || (max(max(elabel)) < 2)
    bestCand = [];
else
    mouth = regionprops(mlabel,'Centroid','Area');
    eye = regionprops(elabel,'Centroid','Area');

    area_mask = sum(sum(img_mask));
    cand = geom(eye,mouth,area_mask);
    if isfield(cand,'coord')
        [BestC,cand] = BestCand(cand);
        if BestC.Sc > 0.4
            bestCand = BestC.coord;
        end
    end
end

function cand = geom(eye,mouth,area_mask)
n = length(eye);
m = length(mouth);

ang_max = pi/2;
ang_min = pi/7;
area_min = 100;

ind = 1;
for i = 1:n
    for j = i+1:n
        for k = 1:m
            t =[eye(i).Centroid',eye(j).Centroid',mouth(k).Centroid'];
            angle = triangle_angles_2d ( t );
            area = triangle_area_2d ( t );
            if isempty(find(angle > ang_max)) && area > area_min
&& isempty(find(angle < ang_min));
                cand(ind).coord = t;
                cand(ind).ScSim = scoreSim(t);
                cand(ind).ScArea = scoreArea(t,area_mask);
                cand(ind).ScEyes =
scoreEyes(eye(i).Area,eye(j).Area);
                ind = ind + 1;
            end
        end
    end
end
end

```

```

if ind == 1
    cand = 0;
end

function varargout = interfaz_grafica(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @interfaz_grafica_OpeningFcn,
                  ...
                  'gui_OutputFcn',  @interfaz_grafica_OutputFcn,
                  ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function interfaz_grafica_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;

set(handles.axes1, 'xtick', [], 'ytick', []);
set(handles.axes2, 'xtick', [], 'ytick', []);
set(handles.axes3, 'xtick', [], 'ytick', []);
axes(handles.axes8);
a=imread(strcat('D:\RECO_FACIAL\unjbg2.png'));
axis off;
imshow(a);
handles.nueva=1;
guidata(hObject, handles);

function varargout = interfaz_grafica_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
nueva_imagen=handles.nueva;
    set(handles.axes1, 'Position', [5 8 30 15]);
    set(handles.text5, 'String', "...");
    set(handles.text6, 'String', "...");
    set(handles.text7, 'String', "...");
    set(handles.text8, 'String', "...");

```

```

set(handles.text9, 'String', "...");
set(handles.text17, 'String', "...");

if nueva_imagen
[FileName Path]=uigetfile({'*.JPG;*.bmp'}, 'Abrir Imagen');
if isequal(FileName,0)
    return
else
    axes(handles.axes1);
    set(handles.axes1, 'Position', [5 8 30 15]);
    a=imread(strcat(Path,FileName));
    axis off;
    imshow(a);
end
nombre_completo=strcat(Path,FileName);
[imagen_final,imagen_cara,flag_cara]=face_detection(nombre_completo);
handles.num_imagen=length(imagen_cara);
handles.caras_detectadas=imagen_cara;
handles.j=1;
num=handles.num_imagen;
k=handles.j;
    if(flag_cara)
        axes(handles.axes2);
        set(handles.axes2, 'Position', [38 8 60 30]);
        axis off;
        imshow(imagen_cara(k).cara);
        handles.imagen=imagen_cara(k).cara;
    end
    if ((num > 1) && (k <= num))
        handles.j=handles.j+1;
        handles.nueva=0;
    end
    handles.archivo=FileName;
    handles.direccion=strcat(Path,FileName);
else
axes(handles.axes2)
axis off
caras_detectadas=handles.caras_detectadas;
k=handles.j;
imshow(caras_detectadas(k).cara);
handles.imagen=caras_detectadas(k).cara;
if (k > handles.num_imagen)
    handles.nueva=1;
end

end
guidata(hObject,handles)

```

```

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
if ~isfield(handles, 'direccion')
    errordlg('Debe seleccionar una imagen para
reconocer', 'interfaz_grafica')
end
handles.nueva=1;
imagen_Test=handles.imagen;

imagen_Test=imresize(imagen_Test, [360 300]);

[personajes, prom1]=reconocimiento2(imagen_Test);

BBDDPath='D:\RECO_FACIAL\TrainDatabase\';
BBDDFiles=dir(BBDDPath);

load ('bd2.mat');
if ((1-prom1)*100<70)
    axes(handles.axes3);
    set(handles.axes3, 'Position', [102 8 60 30]);
    a=imread(strcat('D:\RECO_FACIAL\desconocido3.png'));
    imshow(a);
    set(handles.text5, 'String', "...");
    set(handles.text6, 'String', "...");
    set(handles.text7, 'String', "...");
    set(handles.text8, 'String', "...");
    set(handles.text9, 'String', "...");
    set(handles.text17, 'String', (1-prom1)*100);

else
    str=BBDDFiles((personajes(1)*7)-4).name;
    axes(handles.axes3);
    set(handles.axes3, 'Position', [102 8 60 30]);
    a=imread(strcat(BBDDPath, str));
    imshow(a);

    set(handles.text5, 'String', per_dat(personajes(1), 1));
    set(handles.text6, 'String', per_dat(personajes(1), 2));
    set(handles.text7, 'String', per_dat(personajes(1), 3));
    set(handles.text8, 'String', per_dat(personajes(1), 4));
    set(handles.text9, 'String', per_dat(personajes(1), 5));
    set(handles.text17, 'String', (1-prom1)*100);

end

guidata(hObject, handles)

function out=load_database(rgb)
TrainDatabasePath='TrainDatabase\';
TrainFiles = dir(TrainDatabasePath);

```

```

Train_Number = length(TrainFiles);
T=[];
for i = 3: Train_Number
    str=TrainFiles(i).name;
    str = strcat(TrainDatabasePath,str);
    img = imread(str);
    if(rgb==0)
        img=rgb2gray(img);
        imshow(img);
    else
        img=img(:,:,rgb);
        imshow(img);
    end
    [irow icol] = size(img);
    temp = reshape(img,icol*irow,1);
    T = [T temp];
end
out=T;

function Y_medio = mean_mask(img,img_mask)
[m,n] = size(img_mask);
aux = 0;
tam_mask = 0;
for i = 1:m
    for j = 1:n
        if img_mask(i,j) && not(isnan(img(i,j)))
            tam_mask = tam_mask + 1;
            aux = aux + img(i,j);
        end
    end
end
Y_medio = aux/tam_mask;

function [Mmap,s] = MouthMap(imagen,mask,Fm)
imYCC=double(imagen);
maximo=255;
[m,n,c]=size(imagen);
Cr = imYCC(:,:,3);
Cb = imYCC(:,:,2);
Cr2 = (Cr.^2 - min(min(Cr.^2))) / max(max(Cr.^2)) * maximo;
indice = find(Cb==0);
Cb(indice) = 1;
CrCb = Cr ./ Cb;
CrCb(indice) = maximo;
CrCb = (CrCb - min(min(CrCb))) / max(max(CrCb)) * maximo;
t = 0.95 * mean_mask(Cr2,mask) / mean_mask(CrCb,mask);
if(isnan(t))
    t=0.95;
end
Mmap = Cr2.*(Cr2 - t*CrCb).^2;
s = floor(sqrt(m*n)/(2*Fm));

```

```

G = elemento_estructura(s);
Mmap = imdilate(Mmap,G);
Mmap = Mmap .* mask;
Mmap = (Mmap - min(min(Mmap))) / max(max(Mmap)) * maximo;

function [out]=net_sim(ri,rgb)
if (rgb==0)
    w=load('TGR.mat','TGR');
    v=w.TGR;
    red=load('netGR.mat','netGR');
    net=red.netGR;
    %disp(net);
elseif (rgb==1)
    w=load('TR.mat','TR');
    v=w.TR;
    red=load('netR.mat','netR');
    net=red.netR;
elseif (rgb==2)
    w=load('TG.mat','TG');
    v=w.TG;
    red=load('netG.mat','netG');
    net=red.netG;
elseif (rgb==3)
    w=load('TB.mat','TB');
    v=w.TB;
    red=load('netB.mat','netB');
    net=red.netB;
end
str=ri;
imwrite(str, 'cara.jpg', 'jpg');

r = imread('cara.jpg');
if(rgb==0)
    r=rgb2gray(r);
else
    r=r(:,:,rgb);
end

[irow icol]=size(r);
r = reshape(r,icol*irow,1);

O=uint8(ones(1,size(v,2)));
m=uint8(mean(v,2));
vzm=v-uint8(single(m)*single(O));

L=single(vzm)'+single(vzm);
[V,D]=eig(L);
V=single(vzm)*V;
N=50;
V=V(:,end:-1:end-(N-1));

```

```

p=r-m;
s=single(p)'*V;
s=s';
test=s;
test=double(test);
out=sim(net,test);

function [net,tr,Y,E]=net_train(rgb)
if (rgb==0)
    w=load('TGR.mat','TGR');
    v=w.TGR;
elseif (rgb==1)
    w=load('TR.mat','TR');
    v=w.TR;
elseif (rgb==2)
    w=load('TG.mat','TG');
    v=w.TG;
elseif (rgb==3)
    w=load('TB.mat','TB');
    v=w.TB;
end
O=uint8(ones(1,size(v,2)));
m=uint8(mean(v,2));
vzm=v-uint8(single(m)*single(O));
L=single(vzm)'*single(vzm);
[V,D]=eig(L);
V=single(vzm)*V;

save('autovector_o.mat','V');
N=50;
V=V(:,end:-1:end-(N-1));
save('autovalor.mat','D');
save('autovector.mat','V');
cv=zeros(size(v,2),N);
for i=1:size(v,2);
    cv(i,:)=single(vzm(:,i))'*V;
end

save('CV.mat','cv');
Train_Number=size(cv,2);
num_personajes=size(v,2)/7;
num_train=7;
y_train=zeros(num_personajes,Train_Number);
j=1;
for i=1:num_personajes
    for k=j:j+(num_train-1)
        y_train(i,k)=1;
    end
    j=j+num_train;
end
end

```

```

x_train=cv';

[net,tr,Y,E]=red_neuronal(x_train,y_train);

function [personaje,prom1]=reconocimiento2(i)
num_personajes=21;
salida_ideal=ones(1,num_personajes);
personaje_gris=zeros(1,5);
personaje_R=zeros(1,5);
personaje_G=zeros(1,5);
personaje_B=zeros(1,5);
minimo_gris=zeros(1,5);
minimo_R=zeros(1,5);
minimo_G=zeros(1,5);
minimo_B=zeros(1,5);

out=net_sim(i,0);
diferencia=abs(salida_ideal-out');
for h=1:5
    [minimo,indice]=min(diferencia);
    personaje_gris(h)=indice;
    minimo_gris(h)=minimo;
    diferencia(indice)=100;
end

out=net_sim(i,1);
diferencia=abs(salida_ideal-out');
for h=1:5
    [minimo,indice]=min(diferencia);
    personaje_R(h)=indice;
    minimo_R(h)=minimo;
    diferencia(indice)=100;
end

out=net_sim(i,2);
diferencia=abs(salida_ideal-out');
for h=1:5
    [minimo,indice]=min(diferencia);
    personaje_G(h)=indice;
    minimo_G(h)=minimo;
    diferencia(indice)=100;
end

out=net_sim(i,3);
diferencia=abs(salida_ideal-out');
for h=1:5
    [minimo,indice]=min(diferencia);
    personaje_B(h)=indice;
    minimo_B(h)=minimo;
    diferencia(indice)=100;
end

```

```

[minimos]=[minimo_gris minimo_R minimo_G minimo_B];
personaje=zeros(1,5);

h=1;
prom1=min(minimos);
while (h<=5)
    [minimo, indice]=min(minimos);
    minimos(indice)=100;
    if((indice>=1)&&(indice<=5))
        person=personaje_gris(indice);
    elseif((indice>=6)&&(indice<=10))
        indice=indice-5;
        person=personaje_R(indice);
    elseif((indice>=11)&&(indice<=15))
        indice=indice-10;
        person=personaje_G(indice);
    elseif((indice>=16)&&(indice<=20))
        indice=indice-15;
        person=personaje_B(indice);
    end
    ind=find(personaje==person);
    if(length(ind)==0)
        personaje(h)=person;    h=h+1;
    end
end
function [net,tr,Y,E]=red_neuronal(x_train,y_train)
[m n]=size(x_train);
neuronas_input=m;
num_patterns=n;
[p q]=size(y_train);
neuronas_hidden=round((m+p)/2)-2;
tamano_capas=[neuronas_input,neuronas_hidden];

net.numInputs=neuronas_input;
net=newcf(x_train,y_train,tamano_capas,{'tansig' 'tansig'
'purelin'},'trainlm','learngdm','mse');

net.trainParam.epochs = 500;
net.trainParam.goal = 0.01;
net.trainParam.mu_max=1e18;
net.trainParam.max_fail=5;

[net,tr,Y,E]=train(net,x_train,y_train);

function val = scoreArea(c,area_mask)
areaT = triangle_area_2d (c);
val = exp(-sqrt(abs(areaT/area_mask-0.1)));

function val = scoreEyes(a1,a2)
val = exp(-abs(a1-a2)/min(a1,a2));

```

```

function val = scoreSim(c)
theta2 = 1/2*angle_deg_2d ( 1/2*(c(:,1) + c(:,2)),
c(:,3), [c(1,3);c(2,3)-2]);
theta1 = angle_deg_2d ( c(:,1), 1/2*(c(:,1) + c(:,2)), c(:,3))
- pi/2;
val = exp(-3*sin(theta1)^2)*exp(-3*sin(theta2)^2);

function imagen_final=show_result(imagen,box)
imagen_final=imagen;
x=box(1);
y=box(2);
x_width=box(3);
y_width=box(4);
for i=x:x+x_width-1
    imagen_final(y,i,1) = 255;
    imagen_final(y,i,2) = 0;
    imagen_final(y,i,3) = 0;
    imagen_final(y+y_width-1,i,1) = 255;
    imagen_final(y+y_width-1,i,2) = 0;
    imagen_final(y+y_width-1,i,3) = 0;
end
for i=y:y+y_width-1
    imagen_final(i,x,1) = 255;
    imagen_final(i,x,2) = 0;
    imagen_final(i,x,3) = 0;
    imagen_final(i,x+x_width-1,1) = 255;
    imagen_final(i,x+x_width-1,2) = 0;
    imagen_final(i,x+x_width-1,3) = 0;
end

function angle = triangle_angles_2d ( t )
ndim = 2;

a = sqrt ( sum ( ( t(1:ndim,1) - t(1:ndim,2) ).^2 ) );
b = sqrt ( sum ( ( t(1:ndim,2) - t(1:ndim,3) ).^2 ) );
c = sqrt ( sum ( ( t(1:ndim,3) - t(1:ndim,1) ).^2 ) );
if (a == 0.0 && b == 0.0 && c == 0.0 )
    angle(1:3) = 2.0 * pi / 3.0;
return
end
if ( c == 0.0 || a == 0.0 )
    angle(1) = pi;
else
    angle(1) = arc_cosine ( ( c * c + a * a - b * b ) / ( 2.0 * c
* a ) );
end
if ( a == 0.0 || b == 0.0 )
    angle(2) = pi;
else
    angle(2) = arc_cosine ( ( a * a + b * b - c * c ) / ( 2.0 * a
* b ) );

```

```

end
if ( b == 0.0 || c == 0.0 )
    angle(3) = pi;
else
    angle(3) = arc_cosine ( ( b * b + c * c - a * a ) / ( 2.0 * b
* c ) );
end

function area = triangle_area_2d ( t )
area = 0.5 * abs ( t(1,1) * ( t(2,2) - t(2,3) ) + t(1,2) * ( t(2,3)
- t(2,1) ) + t(1,3) * ( t(2,1) - t(2,2) ) );

```