

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ALGORITMOS  
FISHERFACES Y LBPH PARA EL RECONOCIMIENTO  
FACIAL EN DIFERENTES CONDICIONES DE  
ILUMINACIÓN Y POSE, TACNA - 2015

**TESIS**

Presentada por:

Bach. Cynthia Mayumi Tesillo Gómez

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS

TACNA – PERÚ

2016

### ***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.*

*Especialmente a mi asesor: Ing. Edwin Antonio Hinojosa Ramos, 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.*

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ingeniería

JURADO CALIFICADOR Y CALIFICACION DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS

TESIS N° \_\_\_\_\_

TITULO PROFESIONAL DE:

**Ingeniero en Informática y Sistemas**

La secretaria Académica Administrativa de la Facultad de Ingeniería, por resolución de Facultad N° 03266-2015-FAIN/UNJBG, designo Jurado para la sustentación oral de la Tesis titulada "Análisis comparativo de los algoritmos Fisherface y LBPH para el reconocimiento facial en diferentes condiciones de iluminación y pose, Tacna – 2015".

El mismo que está conformada por:

Presidente: Mgr. Erbert Francisco Osco Mamani

Secretario: Mgr. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

Vocal: MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta

Para calificar la sustentación de la Tesis en acto público el día 03 de diciembre del 2015 presentado por el Bachiller Cynthia Mayumi Tesillo Gómez, 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 POR UNANIMIDAD con nota de QUINCE (15).

Para ratificar lo detallado firman:



Mgr. Erbert Francisco Osco Mamani

Presidente



Mgr. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

Secretario



MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta

Vocal

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

“Análisis comparativo de los algoritmos Fisherface y LBPH para el  
reconocimiento facial en diferentes condiciones de  
iluminación y pose, Tacna – 2015”

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 03 DE DICIEMBRE DEL 2015

ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Presidente



Mgr. Erbert Francisco Osco Mamani

Secretario



Mgr. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

Vocal



MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta

Asesor



MSc. Edwin Antonio Hinojosa Ramos

## Contenido

CAPÍTULO I.....	15
I.PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACION.....	15
1.1 Descripción del problema .....	15
1.1.1 Antecedentes del Problema.....	15
1.1.2 Problemática de la investigación.....	17
1.2 Formulación del problema .....	20
1.3 Justificación .....	20
1.4 Alcances y limitaciones.....	20
1.5 Objetivos.....	21
1.5.1 Objetivo general.....	21
1.5.2 Objetivo específicos.....	21
1.6 Hipótesis.....	21
1.6.1 Hipótesis Global.....	21
1.6.2 Subhipótesis .....	21
1.7 Variables.....	22
1.7.1 Identificación de variables.....	22
1.7.2 Definición de variables.....	22
1.7.3 Clasificación de las variables.....	23

1.8 Diseño de la Investigación .....	25
1.8.1 Diseño experimental o no experimental.....	25
1.8.2 Población y muestra .....	25
1.8.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
1.8.4 Análisis de datos.....	26
1.8.5 Selección de pruebas estadísticas.....	26
CAPÍTULO II.....	27
II MARCO TEORICO .....	27
2.1 Marco referencial .....	27
2.1.1 Bases teóricas .....	31
2.1.1.1 Biometría .....	31
2.1.1.2 Reconocimiento biométrico.....	32
2.1.1.3 Algoritmos Computacionales .....	33
2.1.1.4 Sistemas fisiológicos.....	33
2.1.1.5 Reconocimiento facial.....	33
2.1.2 Definición conceptual de términos .....	34
CAPÍTULO III.....	36
III DESARROLLO .....	36

3.1 Conceptos Básicos .....	36
3.1.1 Hardware .....	36
3.1.2 OpenCV .....	38
3.1.3 Detección de rostro .....	38
3.1.4 Reconocimiento de rostro .....	39
3.2 Algoritmos .....	42
3.2.1 Algoritmo Fisherface .....	42
3.2.2 Algoritmo LBPH .....	44
3.3 Método .....	47
3.3.1 Captura de imágenes.....	47
3.3.2 Detección de rostro .....	48
3.3.3 Reconocimiento Facial.....	50
3.3.4 Imágenes de rostros en la base de datos .....	51
3.4 Implementación.....	52
3.4.1 Menú Principal de Fisherface.....	52
3.4.2 Menú Principal de LBPH.....	54
3.4.3 Detección de rostro Fisherface .....	55
3.4.4 Detección de rostro LBPH .....	56

3.4.5 Reconocimiento de rostro Fisherface .....	57
3.4.6 Reconocimiento de rostro LBPH.....	58
3.5 Prueba .....	59
3.5.1 Prueba en diferentes condiciones de iluminación .....	59
3.5.2 Prueba en diferentes condiciones de pose del rostro .....	60
CAPÍTULO IV.....	61
RESULTADOS .....	61
4.1. Análisis de los datos .....	51
CAPÍTULO V.....	69
DISCUSIONES .....	69
CONCLUSIONES .....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	71
ANEXOS.....	74
Anexo 01. Matriz de consistencia .....	75
Anexo 02. Operacionalización de Variables .....	76
Anexo 03. Inicialización de la cámara web LBPH.....	77
Anexo 04. Obtiene las coordenadas del rostro para identificarlo.....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rostro detectado en escala de grises.....	38
Figura 2. Reconocimiento por características geométricas .....	40
Figura 3. Rostro detectado en escala de grises.....	41
Figura 4. Transformación de pixeles a histograma .....	44
Figura 5. Barrios de círculos con radio variable .....	45
Figura 6. Rostro modificado artificialmente .....	47
Figura 7. Tratamiento de imágenes .....	49
Figura 8. Menú principal de Fisherface.....	52
Figura 9. Extracto del Menú Principal LBPH.....	54
Figura 10. Detección de rostro en Fisherface .....	56
Figura 11. Detección de rostros en LBPH.....	56
Figura 12. Reconocimiento de rostro en Fisherface .....	57
Figura 13. Identificación del rostro Fisherface .....	58
Figura 14. Reconocimiento de rostro en LBPH.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasa de denuncias de delitos según departamento .....	199
Tabla 2. Cuadro de recolección de datos con distinta iluminación .....	59
Tabla 3. Cuadro de recolección de datos con distintas posiciones del rostro.....	60
Tabla 4. Cálculos en diferentes condiciones de iluminación .....	633
Tabla 5. Calculo en diferentes poses del rostro .....	666

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo comparar la eficacia (aciertos) del algoritmo Fisherface y el algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH) en distintas condiciones de iluminación y pose del rostro. Para brindar una buena alternativa para usarse en las cámaras de seguridad debido al incremento de la delincuencia en el Perú.

Para ello se utilizó una población controlada de 20 personas con las cuales se puso a prueba los algoritmos implementados en un entorno .net con la utilización de la librería OpenCV.

El diseño de la investigación es descriptiva comparativa, para la recolección de datos se utilizó una tabla descriptiva, estos datos se analizaron bajo la prueba estadística T-Student, los resultados obtenidos al finalizar la investigación mostraron la eficiencia en el reconocimiento facial del algoritmo Fisherface sobre el algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH) en un 25% aproximadamente.

Palabras Clave: Algoritmo, eficacia(aciertos), reconocimiento facial.

## ABSTRACT

The objective of this work is to compare Fisherface algorithm efficiency and Local Binary Pattern Histogram (LBPH) algorithm in different conditions of illumination and face pose. To provide a good alternative for use in security cameras due to the increase in crime in Peru.

For this purpose a controlled population of 20 people was used with which the algorithms implemented in a .net environment were tested with the use of the OpenCV library.

The design of the research is descriptive comparative, for the data collection a descriptive table was used, these data were analyzed under the statistical test T-Student, the results obtained at the end of the investigation showed the efficiency in the facial recognition of the Fisherface algorithm on The Local Binary Pattern Histogram (LBPH) algorithm by approximately 25%.

Keywords: Algorithm, efficacy (success), facial recognition.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la importancia que tiene los avances tecnológicos para la vida diaria han dado un giro sorprendente, un caso de ello son la mayor utilización de cámaras de seguridad instaladas a nivel nacional, para dar protección a nuestros hogares, negocios y en la vía pública.

En los últimos años el Perú ha incrementado su tasa de delincuencia enormemente por lo que tenemos la necesidad de protegernos de diferentes formas, una de ellas es reconociendo y capturando al delincuente para que este reciba su castigo y no vuelva a cometer los mismos crímenes reiteradas veces.

Pero al momento que se realizan las investigaciones no se puede lograr un buen reconocimiento del delincuente debido a que en muchas ocasiones la mala iluminación y posición del rostro no permiten su correcto reconocimiento, por ese motivo es necesario probar los algoritmos que ya existen en diferentes condiciones de iluminación y pose del rostro, para así lograr diferenciar cual es más eficaz (en acierto) en el reconocimiento del rostro.

La presente tesis tiene como objetivo dar a conocer la mejor opción para el reconocimiento facial en las cámaras de seguridad, evaluando los algoritmos Fisherface y LBPH.

La tesis está estructurada de la siguiente manera: En el primer capítulo se describe y define el problema a investigar, se da a conocer los antecedentes del mismo, se justifica la necesidad del estudio y se determina el alcance que se pretende lograr. Con todo esto se emiten los objetivos e hipótesis; se define el tipo de investigación que se empleará junto con las técnicas e instrumentos que se usarán para el análisis de datos.

En el segundo capítulo, se muestra el marco teórico, definiendo las bases teóricas y los conceptos de los términos a utilizar, en el tercer capítulo, realizamos el desarrollo de la tesis, comenzando con los conceptos básicos y el análisis de los algoritmos, seguidamente se ven los métodos y la implementación para poder terminar el capítulo con las pruebas. En el cuarto capítulo se describen los resultados obtenidos después de las pruebas realizadas, terminando el quinto capítulo con las conclusiones con las cuales se llega al término del desarrollo del presente trabajo de investigación.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACION**

#### 1.1 Descripción del problema

##### 1.1.1 Antecedentes del Problema

Se han realizado diferentes trabajos de investigación orientados al reconocimiento facial automatizado. Todos ellos como parte de procesos de seguridad.

Como lo menciona (Gates, 2011) la tecnología de reconocimiento facial es un buen ejemplo del enfoque tecnocrático, donde se realizan las nuevas tecnologías como soluciones cortoplacistas a problemas sociales complejos.

Debemos admitir que nuestra sociedad está pasando por momentos difíciles y se requieren de medidas tecnológicas para poder conservar el control y veracidad de trámites, ante el alto grado de inseguridad que se presenta en la actualidad. Pero el reconocimiento facial no sólo queda como tema de seguridad, también tiene otras aplicaciones como lo menciona (Chumley, 2013) varios de los consumidores finlandeses pueden de hecho ser el primer grupo de personas en el mundo que ser capaz de pagar sus compras utilizando la tecnología de

reconocimiento facial, se ofrece a las tiendas el servicio que pide a los clientes que se asoman en una cámara; entonces, la empresa vincula los rasgos faciales del comprador a su cuenta bancaria, y toma nota de la retirada.

Este método es tan rápido como pasar la tarjeta de crédito, y según se conoce el sistema trabaja con algoritmos de nivel militar que pueden resistir ataques de hackers.

En la actualidad la utilización de diferentes algoritmos de vigilancia que ven casi todos los aspectos de este planeta, son muy importantes debido a que nos ayudan a automatizar nuestros entornos. (Introna & Wood, 2002).

La investigación sobre el reconocimiento de la máquina automática de rostros básicamente se inició en la década de 1970. El interés por este tipo de tecnología creció considerablemente después del aumento de las aplicaciones relacionadas con la seguridad. Ejemplos de las aplicaciones desarrolladas para muchas plataformas diferentes, que van desde computadoras hasta teléfonos móviles (Ballester, 2010).

Entre las diferentes técnicas biométricas, reconocimiento facial puede no ser las mejoras más confiables y eficientes, pero recientemente en los algoritmos se están evaluando actualmente para una mejor eficacia.

Imágenes de la cara de alta resolución, escanea la cara en 3D y LRPCA línea de base son ejemplos de nuevos algoritmos. El reconocimiento de la cara Grand Challenge, patrocinado por el Gobierno de Estados Unidos y las fuerzas del orden, se hizo para promover e impulsar el desarrollo de esta tecnología (Ballester, 2010).

El reconocimiento facial se ha convertido recientemente en tema de investigación muy caliente en visión por computador y procesamiento de la información multimedia. Integrar la percepción humana de micro-patrón local para reconocimiento facial, se propone una mejor representación cara LBP basado en la ley de Weber. Para así demostrar la superioridad de los métodos utilizados (Xie, Liu, & Fang, 2011).

#### 1.1.2 Problemática de la investigación

A lo largo de la historia se ha investigado sobre el reconocimiento facial automatizado; en su Artículo Diego Guerrero (2012) nos dice: “hasta bien entrados los años 60 del siglo pasado, todos los sistemas de reconocimiento facial, se basaban en mayor o menor medida en los trabajos de Bertillon, pues utilizaban como base probatoria una serie de medidas antropométricas, como pueden ser; la distancia entre los ojos, la simetría o la diferente anchura de determinadas partes del óvalo facial”; por un buen tiempo sólo se utilizó la teoría de Bertillon para utilizar y probar el reconocimiento facial pero con forme pasaban los años nuevos personajes

aparecían con nuevos métodos, uno de los últimos fue el método de Leonard Flom Aran Safiry de John Daugman, que aplicando una técnica estándar de álgebra lineal, lograron obtener y patentar en 1994 los primeros algoritmos válidos para reconocimiento del iris, que actualmente son la base de todos los sistemas basados en este método identificativo (Sanchez, 2013).

Hablando del Perú, tenemos conocimiento que se están implementando sólo en dos diferentes áreas el Sistema de Reconocimiento Facial automatizado; “El Registro Nacional de Identificación y Estado Civil (Reniec) implementará próximamente un moderno sistema de identificación de personas a través del reconocimiento facial. El jefe nacional del Reniec, Jorge Yrivarren, indicó a la agencia Andina que ello será posible dado que dicha entidad cuenta actualmente con un banco de fotografías que alcanza al 99% de adultos peruanos y al 90% de menores de edad.” (Garrido, 2012)

“La Gerencia de Seguridad Ciudadana de la Municipalidad de Surco instalará el sistema de reconocimiento facial denominado Facefirst, utilizado por el FBI y otras policías de mundo, para identificar a los sospechosos que transitan por las calles del distrito.” (Freund, 2014).

Como vemos a nivel nacional recién se está tomando en cuenta al reconocimiento facial, debido a que las personas están notando de su gran importancia a causa del incremento del índice de delincuencia.

**Tabla1 . Tasa de denuncias de delitos según departamento**

TASA DE DENUNCIAS DE DELITOS, SEGÚN DEPARTAMENTO, 2006 – 2013 --(Por cada 10,000 habitantes)								
Departamento	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total	54,4	50,6	52,6	55,2	61,7	69,3	84,4	88,4
Amazonas	20,3	20,0	30,5	20,9	15,5	46,3	62,0	66,4
Áncash	48,6	41,0	48,8	51,8	59,4	49,9	49,0	73,0
Apurímac	19,1	25,6	27,0	28,5	31,1	37,2	63,4	50,3
Arequipa	64,2	77,8	87,8	92,2	89,8	95,9	102,1	112,1
Ayacucho	34,2	34,8	35,0	33,0	28,5	57,7	72,9	67,4
Cajamarca	1,7	15,5	21,1	17,8	25,7	23,9	29,8	36,3
Callao	79,4	90,6	90,1	96,4	106,3	117,0	145,0	123,8
Cusco	39,2	32,6	37,9	45,4	50,6	55,2	54,7	66,3
Huancavelica	4,2	0,5	2,4	5,8	12,6	17,2	20,0	16,5
Huánuco	10,6	12,3	12,9	19,5	18,3	17,8	29,3	44,7
Ica	43,9	35,3	44,3	52,7	63,1	62,9	83,4	85,2
Junín	19,9	13,4	28,2	21,5	35,9	51,5	73,4	75,2
La Libertad	78,5	58,0	43,7	46,7	66,2	58,7	63,9	77,3
Lambayeque	78,0	72,1	88,8	119,4	97,3	89,0	82,3	93,9
Lima	86,6	77,7	76,5	78,6	87,2	107,4	133,9	130,4
Loreto	36,6	36,9	40,5	44,6	51,4	36,8	47,4	53,3
Madre de Dios	148,2	124,3	56,5	25,2	40,9	57,3	87,4	158,4
Moquegua	539,0	86,8	74,5	94,6	101,6	109,5	109,1	92,0
Pasco	17,2	11,6	7,2	8,4	8,8	7,1	16,9	26,8
Piura	33,1	32,0	27,3	27,8	36,6	35,1	52,3	63,5
Puno	10,0	12,2	11,6	11,2	11,5	11,9	9,9	12,3
San Martín	21,1	17,9	36,9	21,3	30,9	42,0	40,3	42,7
Tacna	36,9	35,2	62,6	79,6	78,7	78,3	105,3	114,9
Tumbes	78,3	72,5	71,6	73,2	102,3	119,1	173,7	174,5
Ucayali	48,5	64,3	58,0	49,6	66,0	55,6	75,3	102,0

Fuente: Ministerio del Interior - Dirección de Gestión en Tecnología de la Información y Comunicaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea realizar un análisis comparativo de los algoritmos Fisherfaces y LBPH para el reconocimiento facial en diferentes condiciones de iluminación y pose.

## 1.2 Formulación del problema

¿Cuál de los algoritmos propuestos proporciona una mayor eficiencia respecto al reconocimiento facial en distintas condiciones de iluminación y pose?

## 1.3 Justificación

La presente investigación tiene como finalidad poder ampliar nuestros conocimientos sobre los procesos para el tratamiento de imágenes, especialmente aquellos algoritmos orientados al reconocimiento facial y así proporcionar herramientas al sector policial que le permita reducir los índices de delincuencia.

## 1.4 Alcances y limitaciones

La presente investigación se centra en el análisis comparativo del desempeño de dos algoritmos orientados al reconocimiento facial bajo diferentes condiciones de iluminación y pose.

No se pretende plantear nuevos algoritmos, sino evaluar el desempeño de aplicaciones para reconocimiento de imágenes basados en los algoritmos Fisherfaces y el algoritmo LBPH.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo general

Comparar los algoritmos Fisherface y LBPH para el reconocimiento facial en las diferentes condiciones de iluminación y pose.

### 1.5.2 Objetivo específicos

- Analizar el desempeño del algoritmo Fisherface y LBPH en el reconocimiento facial en las diferentes condiciones de iluminación.
- Analizar el desempeño del algoritmo Fisherface y LBPH en el reconocimiento facial en las diferentes poses del rostro.

## 1.6 Hipótesis

### 1.6.1 Hipótesis Global

El algoritmo Fisherface para el reconocimiento facial bajo diferentes condiciones de iluminación y pose es más eficiente que algoritmo LBPH.

### 1.6.2 Subhipótesis

- a) El algoritmo Fisherface tiene un mayor acierto en distintas condiciones de iluminación que el algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH)
- b) El algoritmo Fisherface tiene un mayor acierto en distintas condiciones de posición de rostro que el algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH).

## 1.7 Variables

### 1.7.1 Identificación de variables

Variables independientes:

- Imágenes faciales con distintos tipos de iluminación
- Imágenes faciales con distintas posiciones del rostro

Variable dependiente:

- Porcentaje de acierto en el reconocimiento facial

### 1.7.2 Definición de variables

Imágenes faciales con distintos tipos de iluminación: las imágenes del rostro pueden tener distintos ángulos de iluminación y generar distintos porcentajes de acierto.

Imágenes faciales con distintos grados de pose facial: las imágenes del rostro pueden tener distintos grados de posición del rostro y generar distintos porcentajes de acierto.

Evaluación algorítmica: resultado del análisis dando como aceptada o rechazada nuestra hipótesis en el campo del reconocimiento facial.

### 1.7.3 Clasificación de las variables

Variable: Imágenes faciales con distintos tipos de iluminación

- Por su naturaleza: Cuantitativo

Permite examinar los datos de manera científica, o de manera más específicamente en forma numérica, generalmente con ayuda de herramientas del campo de la estadística.

- Por su característica: Continua

Estos tienen la particularidad de asumir cualquier valor numérico y que pueden cambiar en cualquier cantidad. Ejemplo: el tiempo, la distancia, el peso, etc.

- Por su nivel de medición: Intervalar

Esta es una variable cuantitativa, que permite sumar, restar, multiplicar y dividir, es decir no hay ausencia de atributo y de aquí se puede calcular las medidas de tendencia central, medidas de posición, medidas de dispersión, estadísticos de forma y gráficos.

Variable: Imágenes faciales con distintos grados de pose facial

- Por su naturaleza: Cuantitativo

Permite examinar los datos de manera científica, o de manera más específicamente en forma numérica, generalmente con ayuda de herramientas del campo de la estadística.

- Por su característica: Continua

Estos tienen la particularidad de asumir cualquier valor numérico y que pueden cambiar en cualquier cantidad. Ejemplo: el tiempo, la distancia, el peso, etc.

- Por su nivel de medición: Intervalar

Esta es una variable cuantitativa, que permite sumar, restar, multiplicar y dividir, es decir no hay ausencia de atributo y de aquí se puede calcular las medidas de tendencia central, medidas de posición, medidas de dispersión, estadísticos de forma y gráficos.

Variable: Porcentaje de acierto en el reconocimiento facial

- Por su naturaleza: Cuantitativa

Permite examinar los datos de manera científica, o de manera más específicamente en forma numérica, generalmente con ayuda de herramientas del campo de la estadística.

- Por su nivel de medición: Ordinal

Comprenden la distinción de diversas categorías ningún orden ni jerarquía entre ellas.

## 1.8 Diseño de la Investigación

### 1.8.1 Diseño experimental o no experimental

Tipo de investigación: Teórica Básica

Tipo de Diseño: Descriptiva Comparativa

### 1.8.2 Población y muestra

La investigación se va a dividir en grupos de estudio, estos grupos de estudio estarán conformados por rostros controlados con diferentes ángulos de iluminación y diferentes posiciones de rostro (pose).

Se determinó tomar 20 rostros porque según Gloria Corpas en su libro “Investigar con corpus en traducción: los retos de un nuevo paradigma” nos indica que para determinar la diferencia entre dos muestras se emplea el muestreo no probabilístico ya que la muestra con la que trabaja consiste en llevar el control de 20 personas (rostros) es necesario que el número de la muestra sea menos a 30 (Corpas, 2008).

### 1.8.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utiliza está basada en una distribución de probabilidad, y el instrumento utilizado será la tabla descriptiva para hacer la comparación de resultados que se obtendrá de los algoritmos.

Nuestro instrumento de captación será la: Webcam incorporada de la laptop (640x480 megapíxeles) a utilizar para las diferentes pruebas de los algoritmos en estudio, este sería un instrumento fundamental para la recolección de información.

### 1.8.4 Análisis de datos

Para empezar nuestro estudio lo primero que se realizó es un análisis del algoritmo Fisherface y un análisis del algoritmo LBPH, seguidamente se analizó cuál es el comportamiento con los 20 rostros, pudiendo observar los aciertos en diferentes condiciones de iluminación, para luego medir los aciertos en diferentes condiciones de pose del rostro frente a la cámara web.

### 1.8.5 Selección de pruebas estadísticas

Después de concluida esa etapa se realiza el análisis comparativo de los resultados con un análisis estadístico utilizando la prueba T-student para finalmente entregar las conclusiones correspondientes.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### 2.1 Marco referencial

- Gates, K. A. (2011). Our Biometric Future. New York: New York University Press.

Mientras que los científicos informáticos están desarrollando FRT con el fin de diseñar máquinas más inteligentes e interactivos, empresas y estados agencias ven la tecnología como especialmente adecuado para la vigilancia de sistemas "inteligentes" que automatizan el trabajo de monitoreo con el fin de aumentar su eficacia y difundir su alcance.

- Chumley, C. K. (2013). Finland shoppers can now pay for items with facial recognition technology. The Washington Times.

"La cara es un PIN y es más como una forma completa a identificar a una persona y para proporcionar acceso a la propia cartera de la nube de la persona", dijo el Uniqul Ruslan Pisarenko, en The New York Post. "Pero en algunos casos en los que el sistema no es 100 por ciento exacta, se le pedirá a una persona para ingresar su PIN como la seguridad." Pisarenko dijo que la tecnología podría incluso diferenciar entre gemelos idénticos.

- Introna, L. D., & Wood, D. (2002). *Picturing Algorithmic Surveillance: The Politics of Facial Recognition Systems*. Barcelona: Surveillance & Society.

En primer lugar, se centra en la política de la tecnología y surveillance algorítmica sistemas NCE en particular: teniendo en cuenta las grandes políticas de la tecnología; la naturaleza de la vigilancia y la biometría algorítmica, alegando que los algoritmos de software son un dominio particularmente importante de la tecno-política; y, finalmente, teniendo en cuenta tanto el crecimiento de la vigilancia biométrica algorítmica y de los posibles problemas con tales sistemas.

- Ballester Tomás, F. (2010). *COMPUTER VISION AND FACE RECOGNITION*. Germany: University of Applied Sciences.

La visión artificial es un campo de rápido crecimiento, en parte porque el hardware es asequible (cámaras, potencia de procesado) y en parte porque los algoritmos de visión artificial están empezando a madurar. Este campo se inició con la motivación de estudiar cómo los ordenadores procesan las imágenes y cómo aplicar este conocimiento para desarrollar programas útiles.

- Xie, Z., Liu, G., & Fang, Z. (2011). Face recognition based on combination of human perception and local binary pattern. Berlin: Springer-Verlag

Para hacer pleno uso de la información de localización espacial y disminuir la complejidad de reconocimiento, la partición y patrones uniformes se aplican para obtener características finales. Tres bases de datos de imagen de la cara, es decir, ORL, Yale y extendido Yale-B, se utilizan para evaluar el desempeño. Los resultados experimentales demuestran la eficacia y la superioridad de nuestro método de reconocimiento facial propuesto (LBPH).

- Guerrero, D. (25 de Marzo de 2012). Blog Personal de Diego Guerrero. Obtenido de Archivo etiqueta reconocimiento facial: <http://www.diegoguerrero.info/tag/reconocimiento-facial>

En la práctica policial, lo más deseable sería una base de datos unificada que contara y relacionara reconocimiento facial, dactiloscopia, ADN y acústica forense. Su eficacia, por ejemplo a nivel preventivo, aplicado en controles de entrada al territorio nacional, combinado con la documentación personal, estaría fuera de toda duda. Siendo en este momento viable técnicamente la existencia de un dispositivo único, capaz de realizar un

reconocimiento inicial que discriminaría con una tasa de acierto cercana al 100% en escasos segundos.

- Sanchez, L. M. (25 de Marzo de 2013). WordPress. Obtenido de <https://sanchezlm.wordpress.com/2013/03/25/alphonse-bertillon-el-precursor-de-la-identificacion-antropometrica/>; Alphonse Bertillon, confeccionó un estructurado sistema de mediciones corporales que, acompañadas de la reseña fotográfica y el retrato hablado, servirían para filiar a un individuo con su identidad. De este modo se conseguiría evitar que muchos criminales escaparan del antiguo sistema de Justicia. El esfuerzo que Alphonse Bertillon dedicó a su investigación en el campo de la Antropometría lo cegó y no le permitió observar otros métodos como el de identificación dactilar.
- Bois Freund, F. D. (2014). Surco utilizará sistema de identificación facial en seguridad. El Comercio.

El identificador facial puede capturar un rostro desde una cámara de video vigilancia o con un celular y llevarlo a una base de datos (registro de fotografías). “La corroboración para determinar si el sujeto captado tiene antecedentes o está requisitoriado, se realiza en segundos. De ser así, se procederá inmediatamente a intervenirlo”, expresó Alberto Jordán gerente de Seguridad Ciudadana.

## 2.1.1 Bases teóricas

### 2.1.1.1 Biometría

El concepto biometría proviene de las palabras bio (vida) y metría (medida), por lo tanto con ello se infiere que todo equipo biométrico mide e identifica alguna característica propia de la persona. La biometría es una tecnología de seguridad basada en el reconocimiento de una característica de seguridad y en el reconocimiento de una característica física e intransferible de las personas, como por ejemplo la huella digital (Borja & Bueno, 2013).

Los sistemas biométricos incluyen un dispositivo de captación y un software biométrico que interpreta la muestra física y la transforma en una secuencia numérica. En el caso del reconocimiento de la huella digital, se ha de tener en cuenta que en ningún caso se extrae la imagen de la huella, sino una secuencia de números que la representan. Sus aplicaciones abarcan un gran número de sectores: desde el acceso seguro a computadores, redes, protección de ficheros electrónicos, hasta el control horario y control de acceso físico a una sala de acceso restringido (Borja & Bueno, 2013).

Biometría es la ciencia y la tecnología dedicada a medir y analizar datos biológicos. En el terreno de la tecnología de la información, la

biometría hace referencia a las tecnologías que miden y analizan las características del cuerpo humano, como el ADN, las huellas dactilares, la retina y el iris de los ojos, los patrones faciales o de la voz y las medidas de las manos a efectos de autenticación de identidades (Rouse, 2015).

#### 2.1.1.2 Reconocimiento biométrico

“El reconocimiento biométrico puede ser del tipo Identificación o Verificación. En el primer caso se trata de saber quién es la persona, es decir ubicarla dentro de un conjunto de usuarios; en el segundo, en cambio se busca verificar que un usuario sea realmente quien dice que es.” (Barajas, Gallegos, & Álvarez, 2003).

La utilización del reconocimiento facial es prácticamente lograr estos detalles, los sistemas biométricos de reconocimiento trabajan a partir de información previamente registrada y tomada como base para comparación con la capturada en situaciones posteriores para su validación o rechazo.

#### 2.1.1.3 Algoritmos Computacionales

Un algoritmo es una secuencia finita de instrucciones, reglas o pasos que describen de modo preciso las operaciones que un computador debe realizar para ejecutar una tarea determinada en un tiempo finito (Piedrahita, 2013).

Los algoritmos computacionales son las fórmulas o pasos que permiten al ordenador reconocer rostros, estos varían mucho entre los distintos desarrolladores de software y la mayoría nunca han sido comparados entre sí; hasta ahora los resultados del duelo hombre-máquina han sido sorprendentes según el estudio de la revista *Science Daily* demostrando que los mejores algoritmos superan a los seres humanos expertos en la identificación de rostros (Higuera, 2010).

#### 2.1.1.4 Sistemas fisiológicos

La elección de una característica fisiológica es compleja, ya que sus valores no deben variar a lo largo de la vida del usuario. Ejemplos de características cuyo valor es fijo son las huellas digitales o los vasos sanguíneos de la retina. En cambio, la imagen facial de la cara puede sufrir varios cambios, entre los cuales aparecen el volumen del cabello y su peinado, así como la existencia de bigote y barba (Llopis, 2002).

#### 2.1.1.5 Reconocimiento facial

El sistema de reconocimiento facial es una aplicación dirigida por ordenador que identifica automáticamente a una persona en una imagen digital. Esto es posible mediante un análisis de las características faciales del sujeto extraídas de la imagen o de un fotograma clave de una fuente de video, y comparándolas con una base de datos (Hernández, 2010).

El objetivo de un sistema de reconocimiento facial es, generalmente, el siguiente: dada una imagen de una cara "desconocida", o imagen de test, encontrar una imagen de la misma cara en un conjunto de imágenes "conocidas", o imágenes de entrenamiento. La gran dificultad añadida es la de conseguir que este proceso se pueda realizar en tiempo real. El sistema identificará las caras presentes en imágenes o videos automáticamente. Puede operar en dos modos (Lorente, 1998):

- A) Verificación o autenticación de caras: compara una imagen de la cara con otra imagen con la cara de la que queremos saber la identidad. El sistema confirmará o rechazará la identidad de la cara.
- B) Identificación o reconocimiento de caras: compara la imagen de una cara desconocida con todas las imágenes de caras conocidas que se encuentran en la base de datos para determinar su identidad.

### 2.1.2 Definición conceptual de términos

Análisis.- Examen detallado de una cosa para conocer sus características o cualidades, o su estado, y extraer conclusiones, que se realiza separando o considerando por separado las partes que la constituyen.

Fisherface.- Es un método que se encarga del reconocimiento de caras, teniendo en cuenta como se refleja la luz y las expresiones faciales. Éste algoritmo maximiza la relación entre la distribución de las clases y la distribución intra-clases. Fisherface clasifica y reduce la dimensión de las caras utilizando el método Discriminante Lineal de Fisher (FLD).

Local Binary Patterns Histograms (LBPH) - Se basa en la extracción de características relevantes de cada imagen. Para cada pixel se obtiene un histograma local. Los píxeles de alrededor se traducen a 1 y 0 dependiendo de si tienen más intensidad o menos que el pixel centra, y se asigna ese valor al píxel central.

Iluminación: Los cambios provocados por la iluminación son normalmente más grandes que las diferencias entre personas, causando a los sistemas basados en comparación a equivocarse al clasificar las imágenes de entrada

Pose: Es el modo en que una persona, animal o cosa está "puesta", es decir, su posición, acción, figura o situación. Pose es la postura poco natural, especialmente la que los artistas solicitan que mantengan sus modelos.

## **CAPÍTULO III DESARROLLO**

### 3.1 Conceptos Básicos

#### 3.1.1 Hardware

Todo el proceso de desarrollo se llevó a cabo con un ordenador personal y una cámara web. Los componentes utilizados eran fáciles de encontrar, pero para el procesamiento de imágenes que era necesario contar con al menos una capacidad mínima requerida.

Las especificaciones técnicas del hardware utilizado son:

#### Información Básica

- Marca :Toshiba
- Línea :Satellite
- Modelo :L745-SP4256CL

#### Procesador

- Procesador :Intel Core i5-2450M
- Velocidad del Procesador :2.5 GHz
- Caché :3072 Kb

#### Disco Duro

- Capacidad del HD :640 GB
- Velocidad del HD :5400 RPM

## Memoria

- Memoria RAM :4096 MB
- Tecnología de la Memoria :DDR3
- Máximo de Memoria :8192 MB

## Display

- Tipo de Display :TFT
- Pantalla :14 Pulgadas
- Widescreen :Sí
- Resolución :1366 x 768 Pixels
- Placa de Vídeo :Intel HD Graphics
- Tipo de Tarjeta de Video :Dedicada
- Memoria de Vídeo :1696 MB

## Características

- Entradas / Salidas :RJ 45, VGA
- Entrada USB :3 Puerto(s)
- Lector de Tarjeta de Memoria :Sí
- Web Cam : 640x480 megapíxeles
- Mouse :Touchpad

### 3.1.2 OpenCV

El Open Source Computer Vision Library (OpenCV) desarrollado por Intel, contiene funciones de programación orientados principalmente a la visión por ordenador en tiempo real.

OpenCV ha sido puesto en libertad bajo una licencia BSD y está libre para uso académico y comercial. Se utiliza en todo el mundo y sus áreas de aplicación van desde el arte y los juegos a la robótica avanzada interactiva.

La biblioteca está escrito en C / C ++ y tiene más de 500 algoritmos, entre ellos un objeto de-detector. Detección de la cara se hace usando un Haar-clasificador.

### 3.1.3 Detección de rostro

Detección de la cara es el proceso que determina las ubicaciones y tamaños de rostros humanos en las imágenes arbitrarias (digitales). Detecta rasgos faciales e ignora cualquier otra cosa.

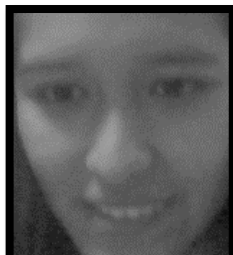


Figura 1. Rostro detectado en escala de grises  
Fuente: Propia (2015)

Esto es esencialmente un problema de segmentación y en los sistemas prácticos, la mayor parte del esfuerzo va en la solución de esta tarea.

Detección de la cara en tiempo real implica la detección de una cara de una serie de fotogramas obtenidos a partir de un dispositivo de captura de vídeo. Mientras que los requisitos de hardware para un sistema de este tipo son mucho más estrictas, desde un punto de visión por computador, detección de rostros en tiempo real es en realidad un proceso mucho más simple que la detección de un rostro en una imagen estática. Esto es porque a diferencia de la mayor parte de nuestro entorno, las personas se están moviendo continuamente.

#### 3.1.4 Reconocimiento de rostro

El reconocimiento del rostro es el proceso de identificar o verificar a personas de una imagen digital o un fotograma de vídeo de una fuente de vídeo. Una de las maneras de hacerlo es comparar las características faciales seleccionadas de la imagen y de una base de datos facial.

El reconocimiento de rostro consiste en 2 técnicas :

Características Geométricas: esta técnica consiste en el cálculo de un conjunto de características geométricas tales como ancho de la nariz y la longitud, posición de la boca y la forma de la barbilla, etc., de la imagen de la cara que queremos reconocer. Este conjunto de características se corresponde luego con las características de las personas conocidas. Una métrica adecuada, tal como la distancia euclidiana (encontrando el vector más cercano) se puede utilizar para encontrar la coincidencia más cercana. La mayoría del trabajo pionero en el reconocimiento de rostros se hizo utilizando características geométricas.

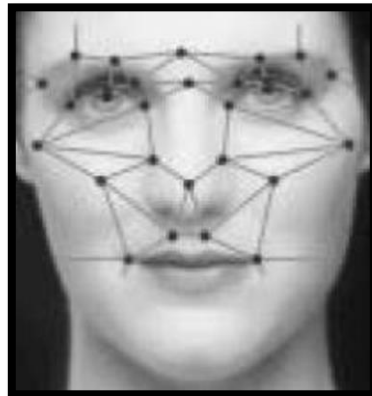


Figura 2. Reconocimiento por características geométricas  
Fuente: Biosys (2014), Recuperado de <http://www.biometria.gov.ar/metodos-biometricos/facial.aspx>

Comparación de plantillas: La base de la estrategia de comparación de plantillas es extraer regiones faciales enteros (matriz de píxeles) y comparar estas con las imágenes almacenadas de los individuos

conocidos. Una vez más la distancia euclídea se puede utilizar para encontrar la coincidencia más cercana. Sin embargo, existen métodos mucho más sofisticados de comparación de plantillas para el reconocimiento facial. Estos implican extensa pre-procesamiento y transformación de los valores de intensidad de nivel gris extraídos. Por ejemplo, el análisis de componentes principales, a veces conocido como el enfoque Fisherface, proceso de pre-juego utiliza la plantilla para los niveles de gris.

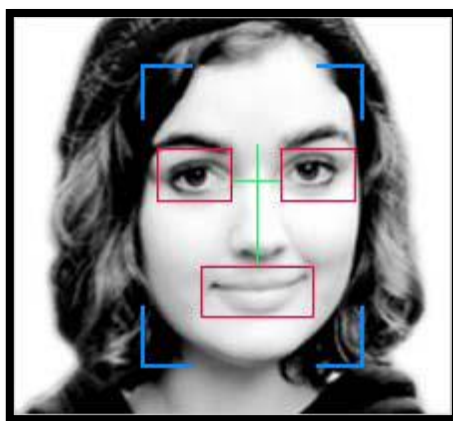


Figura 3. Rostro detectado en escala de grises

Fuente: Felipe Ballester Tomás (2010) COMPUTER VISION AND FACE RECOGNITION

El procesamiento de imágenes tiene como objetivo mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desean hacer notar.

## 3.2 Algoritmos

Para la aplicación de reconocimiento facial, el enfoque Fisherface fue propuesto como uno de los métodos. Este enfoque, que se considera un ejemplo de éxito en el campo, se basa en la PCA de las imágenes. PCA implica un procedimiento matemático que transforma un número de variables correlacionadas, posiblemente, en un número menor de variables no correlacionadas llamados componentes principales.

### 3.2.1 Algoritmo Fisherface

El Fisherface es un método que se encarga del reconocimiento de rostros, teniendo en cuenta como se refleja la luz y las expresiones faciales. El método Fisherface utiliza el Discriminante Lineal de Fisher (FLD) para la reducción de dimensión. Para calcular los Fisherfaces se define la matriz de distribución entre clases ( $S_B$ ) y la matriz de distribución intra\_clases ( $S_W$ ).  $u_i$  es la imagen resultante de  $X_i$  (conjunto de  $N$  imágenes) y  $N_i$  es el número de imágenes de  $X_i$ .

$$S_B = \sum_{i=1}^c N_i (u_i - u)(u_i - u)^T$$
$$S_W = \sum_{i=1}^c \sum_{x_k \in X} N_i (x_k - u_i)(x_k - u_i)^T$$

$W_{opt}$  es una matriz orto normal que maximiza la relación de la matriz de distribución entre clases de imágenes proyectadas y las futuras proyecciones que habrá dentro de éste mismo determinante.

$$W_{opt} = \arg \max_w \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|}$$

$$= [W_1 W_2 \dots W_m]$$

La siguiente matriz, tiene  $c-1$  valores propios diferentes de cero. Por lo tanto, el límite superior de  $m$  es  $c-1$  ( $c$  es el número de clases).

$$S_B w_i = S_W w_i Y_i$$

En cuanto al reconocimiento de caras la matriz  $S_W$  es  $N-c$  (donde  $N$  es el número de imágenes de entrenamiento). Por lo tanto, se puede escoger una matriz  $W$  en la que la distribución intra-clases de las imágenes proyectadas pueda ser cero. Utilizando el método PCA se reduce la dimensión del espacio de características a  $N-c$ . Seguidamente aplicamos la técnica FLD, que reduce la dimensión a  $c-1$ .

$$W_{pca}^T = W_{fld}^T W_{pca}^T$$

$$W_{pca}^T = \arg \max_w |W^T S_T W|$$

$$W_{fld} = \arg \max_w \frac{|W^T W_{pca}^T S_B W_{pca} W|}{|W^T W_{pca}^T S_W W_{pca} W|}$$

Las columnas de esta matriz se les refieren como Fisherface.

### 3.2.2 Algoritmo LBPH

LBPH se basa en la comparación directa de imágenes con dimensionalidad reducida. Se basa en la extracción de características relevantes de cada imagen.

Para cada píxel se obtiene un histograma local. Los píxeles de alrededor se traducen a 1 y 0 dependiendo de si tienen más intensidad o menos que el píxel central, y se asigna ese valor al píxel central.

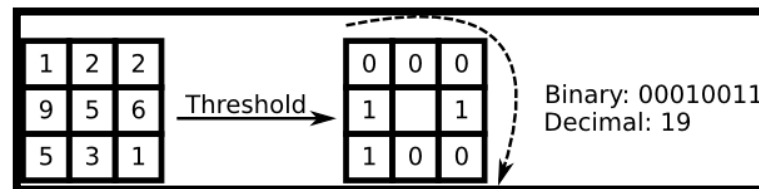


Figura 4. Transformación de píxeles a histograma

Fuente: Recuperado de

[http://docs.opencv.org/modules/contrib/doc/face\\_recognition/tutorial\\_local\\_binary\\_patterns\\_histograms](http://docs.opencv.org/modules/contrib/doc/face_recognition/tutorial_local_binary_patterns_histograms)

La imagen se divide en una cantidad  $m$  de regiones y se extrae un histograma de cada una. Estos histogramas luego se concatenan.

Una descripción más formal del operador LBP se puede dar como:

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} 2^p s(i_p - i_c)$$

, Con  $(x_c, y_c)$  como píxel central con  $i_c$  intensidad; y  $i_n$  siendo la intensidad del píxel vecino.  $s$  es la función signo define como:

$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq 0 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$

Esta descripción le permite capturar los detalles de grano muy fino en las imágenes. De hecho, los autores fueron capaces de competir con el estado de los resultados de la técnica para la clasificación de la textura. La idea es alinear un número arbitrario de vecinos en un círculo con un radio variable, lo que permite capturar los siguientes barrios:

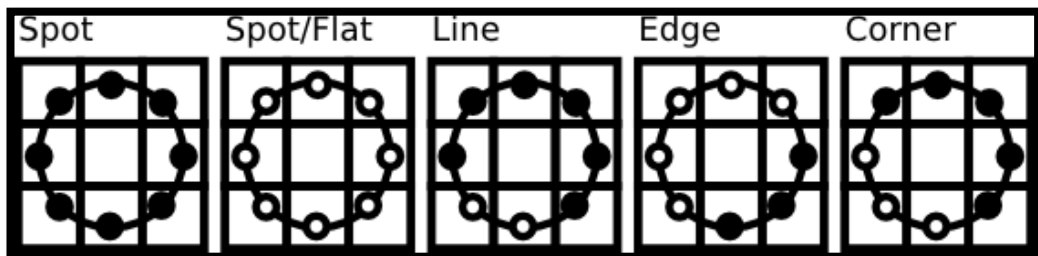


Figura 5. Barrios de círculos con radio variable

Fuente: [http://docs.opencv.org/modules/contrib/doc/facerec/facerec\\_tutorial.html#local-binary-patterns-histograms](http://docs.opencv.org/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html#local-binary-patterns-histograms)

Para un punto dado  $(x_c, y_c)$  la posición del vecino  $(x_p, y_p)$ ,  $p \in P$  puede calcularse por:

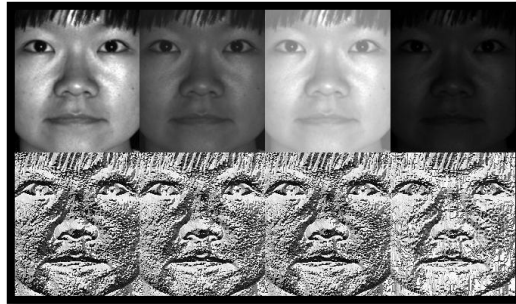
$$\begin{aligned} x_p &= x_c + R \cos\left(\frac{2\pi p}{P}\right) \\ y_p &= y_c - R \sin\left(\frac{2\pi p}{P}\right) \end{aligned}$$

Donde R es el radio del círculo y P es el número de puntos de muestra.

El operador es una extensión de los códigos LBP originales, por lo que a veces se llama LBP extendido (también conocida como Circular LBP). Si un punto de coordenadas en el círculo no se corresponde con las coordenadas de imagen, el punto se pone de interpolada. La informática tiene un montón de esquemas de interpolación inteligentes, la aplicación OpenCV hace una interpolación bilineal:

$$f(x, y) \approx \begin{bmatrix} 1-x & x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) \\ f(1,0) & f(1,1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-y \\ y \end{bmatrix}.$$

Por definición el operador LBP es robusto frente a las transformaciones de escala de grises monótonas. Podemos comprobar fácilmente esto mirando la imagen LBP de una imagen modificada artificialmente (para que vea lo que una imagen LBP parece):



*Figura 6. Rostro modificado artificialmente*

*Fuente: Recuperado de*

*[http://docs.opencv.org/modules/contrib/doc/facerec/facerec\\_tutorial.html#local-binary-patterns-histograms](http://docs.opencv.org/modules/contrib/doc/facerec/facerec_tutorial.html#local-binary-patterns-histograms)*

Así que lo que queda por hacer es cómo incorporar la información espacial en el modelo de reconocimiento de rostros. El vector de características espacialmente mejorada se obtiene entonces concatenando los histogramas locales (no la fusión de ellos). Estos histogramas se denominan patrones binarios locales histogramas.

### 3.3 Método

Los métodos utilizados para desarrollar la aplicación del programa, lo que hizo posible esta investigación, se encuentran principalmente en las librerías OpenCV. Estas bibliotecas se pueden simplificar en gran medida la programación en visión por computador.

#### 3.3.1 Captura de imágenes

Captura de imágenes es el proceso de obtención y tratamiento de imágenes desde un dispositivo digital o un archivo. OpenCV tiene una propiedad incorporada para obtener imágenes directamente desde un

dispositivo de cámara, un archivo de vídeo o una sola imagen. Las imágenes se pueden modificar con facilidad y se intensificaron con el fin de obtener un procesamiento constante.

### 3.3.2 Detección de rostro

OpenCV nos facilita la tarea de detectar rostros pues ya cuenta con clasificadores entrenados para esta tarea almacenados en archivos xml, pero en caso de que lo necesitemos podemos crear nuestros propios clasificadores, además de contar con todas las funciones necesarias para esta tarea.

Para detectar un rostro primero debemos procesar la imagen en la cual deseamos buscar un rostro, luego de cargar la imagen debemos aplicar los siguientes pasos:

Convertir la imagen a escala de grises, necesario para el correcto funcionamiento de los algoritmos de detección de rostros usados por OpenCV. Para convertir una imagen a escala de grises u otro formato contamos con la función `cvtColor`.

```
cvtColor(imagen, imagen, CV_BGR2GRAY);
```

Lo siguiente que debemos hacer es aplicar ecualización de histograma a la imagen en grises para estandarizar el contraste y brillo de

la imagen, esto para que distintas condiciones de iluminación no afecten la detección del rostro en la imagen.

```
equalizeHist(imagen, imagen);
```

Con esto tendremos este resultado:



Figura 7. Tratamiento de imágenes  
Fuente: Detección de rostros – Carmelo Marín

Con la imagen procesada ahora debemos cargar el detector que deseamos utilizar, pasaremos el nombre del clasificador al método load de la clase CascadeClassifier, los archivos .xml que debemos cargar se encuentran en C:\Opencv\data aquí encontraremos varias carpetas que contienen distintos clasificadores, en la carpeta C:\Opencv\data\haarcascades se encuentran varios clasificadores no sólo para detectar rostros sino también para la detección de ojos, boca, nariz, entre otros.

Para detectar rostros de frente usaremos haarcascade\_frontalface\_alt.xml, para detectar cuerpo completo podemos

usar `haarcascade_fullbody.xml`, para detectar ojos contamos con `haarcascade_eye.xml`, existen muchos otros.

```
CascadeClassifier detector;  
if(!detector.load("haarcascade_frontalface_alt.xml"))  
    cout << "No se puede abrir clasificador."<< endl;
```

Ahora podemos detectar los rostros presentes en la imagen

```
vector<Rect> rect;  
detector.detectMultiScale(dest, rect);
```

Las caras detectadas serán almacenadas en el vector `rect`, sólo debemos recorrerlo y marcar las caras encontradas.

### 3.3.3 Reconocimiento Facial

Antes de tratar de reconocer, la imagen facial obtenida tiene que ser pre-procesada. Esto se debe a la probabilidad de obtener un resultado correcto en una imagen no tratada es menor que 10%.

Es muy importante aplicar diversas técnicas para estandarizar las imágenes. La mayoría de los algoritmos de reconocimiento facial son muy sensibles a las condiciones de iluminación.

También hay otras cuestiones, como el peinado, el maquillaje, ángulo de rotación, el tamaño y la emoción que puede afectar el proceso de reconocimiento.

El procesamiento de la imagen de la cara es el siguiente paso a tomar después de que la imagen ha sido tratada. Se realiza la llamada a Fisherface en la imagen. OpenCV viene con una función que realiza la operación de PCA; sin embargo, necesita una base de datos (conjunto de entrenamiento) de las imágenes para que se sepa cómo reconocer cada una de las personas.

#### 3.3.4 Imágenes de rostros en la base de datos

Una base de datos se ha creado con las imágenes de los probadores. La base de datos consta de 10 imágenes. Los sujetos eran estudiantes y personas adultas. Las edades de los sujetos oscilaban entre 15 y 40, y todos ellos entre varones y mujeres. Se pidió a los sujetos que frente a la cámara y no se impusieron restricciones a la expresión. Algunos de los sujetos llevaban gafas y otros tenían barba.

Las imágenes fueron tratados de forma automática, se intensificaron y recortadas a la misma resolución 90x120, los niveles de grises de 8 bits.

Las imágenes fueron clasificadas en una carpeta, con el nombre de "imágenes".

### 3.4 Implementación

La aplicación se llevó a cabo en el lenguaje C ++ y .NET. El objetivo era crear una interfaz fácil de controlar y fácil de usar para nuestra aplicación. La aplicación tuvo funciones que permitieron la apropiación de imágenes de una cámara (Ver anexo 3), la detección de los rostros y el reconocimiento real de una persona de una cara (Ver anexo 4).

#### 3.4.1 Menú Principal de Fisherface

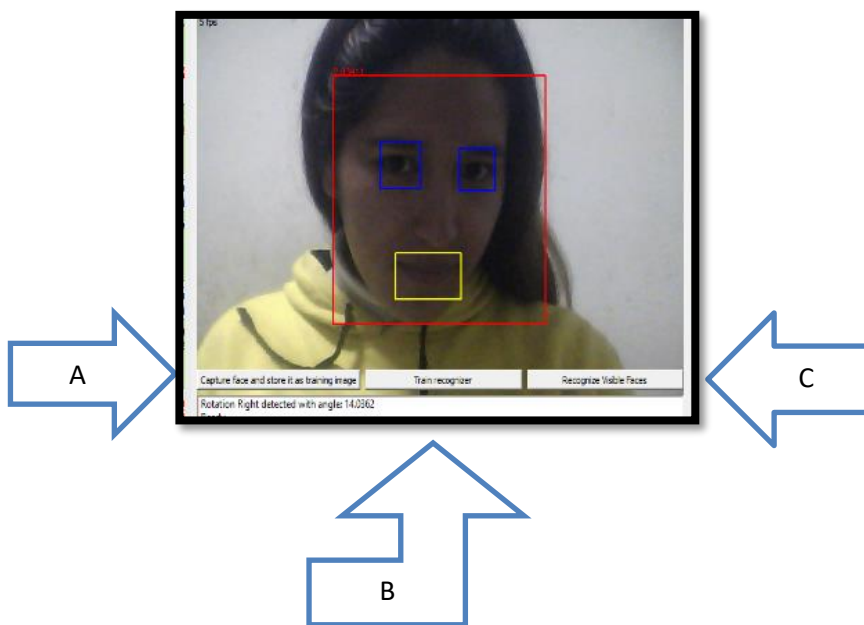


Figura 8. Menú principal de Fisherface  
Fuente: Propia

El menú principal consta de 3 botones:

A.- "Capture face and store it as training image"

\*Captura cara y almacenarlo como imagen Entrenamiento

B.-"Train recognizer"

\*Entrenamiento reconocedor

C.-"Recognize visible faces"

\*Reconocer caras visibles

```

void VisualControl::setupGUI()
{
    webcamWidget = new WebcamWidget(this, frameCapture.get());

    faceDetector->addController(webcamWidget);

    logWidget = new QListWidget;

    captureTrainingImageButton = new QPushButton(tr("Capture face and store it as training image"));
    connect(captureTrainingImageButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(captureTrainingImage()));

    trainRecognizerButton = new QPushButton(tr("Train recognizer"));
    connect(trainRecognizerButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(trainRecognizer()));

    recognizeFaceButton = new QPushButton(tr("Recognize Visible Faces"));
    connect(recognizeFaceButton, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(recognizeFaces()));

    QWidget *centralWidget = new QWidget;
    QVBoxLayout *mainLayout = new QVBoxLayout;
    QHBoxLayout *buttonsLayout = new QHBoxLayout;

    buttonsLayout->addWidget(captureTrainingImageButton);
    buttonsLayout->addWidget(trainRecognizerButton);
    buttonsLayout->addWidget(recognizeFaceButton);

    mainLayout->addWidget(webcamWidget);
    mainLayout->addLayout(buttonsLayout);
    mainLayout->addWidget(logWidget);

    centralWidget->setLayout(mainLayout);

    Logger::getInstance().setLogWidget(logWidget);

    setCentralWidget(centralWidget);
}

```

### 3.4.2 Menú Principal de LBPH



Figura 9. Extracto del Menú Principal LBPH  
Fuente: Propia

La interfaz se maneja en forma de consola con el teclado con las letras:

E: se inicia el entrenamiento

A: se captura el rostro

T: se finaliza el entrenamiento

Seguidamente nos da la opción para ponerle nombre

ESC: salir

```
Mat frame, copyFrame;
Ptr<FaceRecognizer> model = createLBPHFaceRecognizer();
vector<Mat> rostros;
vector<int> ids;
map<int , string> names;
bool entrenado = false;
bool agregarRostro = false;
bool entrenar = false;
int identificador = 0, capCount = 0;
string msg1 = "Reconocimiento Facial \n\n\t[E] Iniciar Entrenamiento \n\t[ESC] Salir\n";
string msg2 = "Reconocimiento Facial \n\n\t[A] Capturar Rostro \n\t[T] Finalizar Entrenamiento
\n\t[ESC] Salir\n";
cout << msg1;
bool correct = Init();
```

### 3.4.3 Detección de rostro Fisherface

Lo primero que hace el sistema es la detección de la cara. Esta parte de la aplicación es capaz de encontrar caras en imágenes en tiempo real desde una cámara. La detección de rostros se realiza automáticamente.

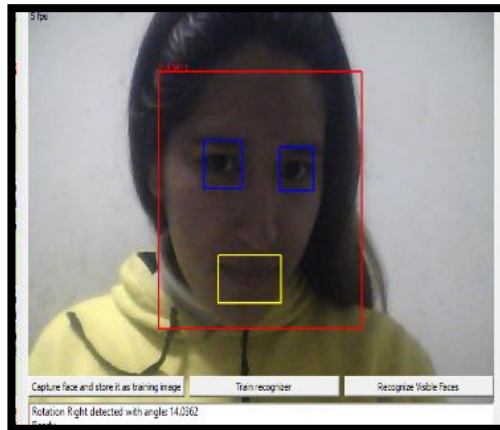


Figura 10. Detección de rostro en Fisherface  
Fuente: Propia

Cuando se produjo la detección, un rectángulo rojo apareció como una ventana que rodea la cara. Al mismo tiempo, se detectan los ojos con dos rectángulos azules y a boca con un rectángulo amarillo.

#### 3.4.4 Detección de rostro LBPH



Figura 11. Detección de rostros en LBPH  
Fuente: Propia

El sistema hace la detección de la cara automáticamente. Esta parte de la aplicación es capaz de encontrar caras en imágenes en tiempo real desde una cámara. Cuando se produjo la detección, unos esquineros

aparecen de color verde rodeando el rostro. También aparece unos símbolos de interrogación porque aunque no se ha entrenado el sistema para reconocer el color.

La detección se puede hacer gracias a la Haar Cascade clasificador, que no se ve afectada incluso si la imagen es simple canalizado o una combinación de diferentes canales de color.

#### 3.4.5 Reconocimiento de rostro Fisherface

El reconocimiento de la cara fue capaz de detectar e identificar rostros, previamente guardados en la base de datos, a partir de una fuente de imagen en tiempo real. Las caras se identificaron y luego el nombre de la persona que se visualizó en la parte de debajo de nuestra interfaz.

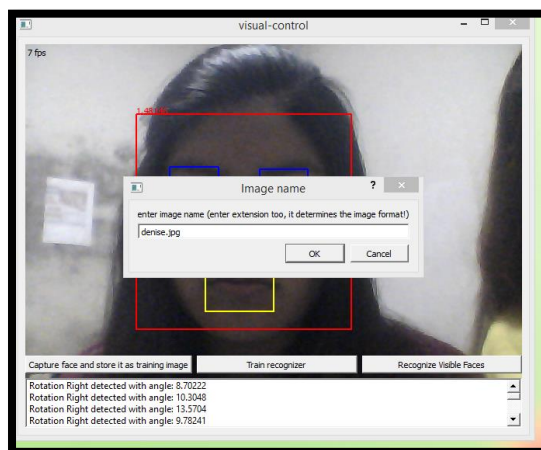


Figura 12. Reconocimiento de rostro en Fisherface  
Fuente: Propia

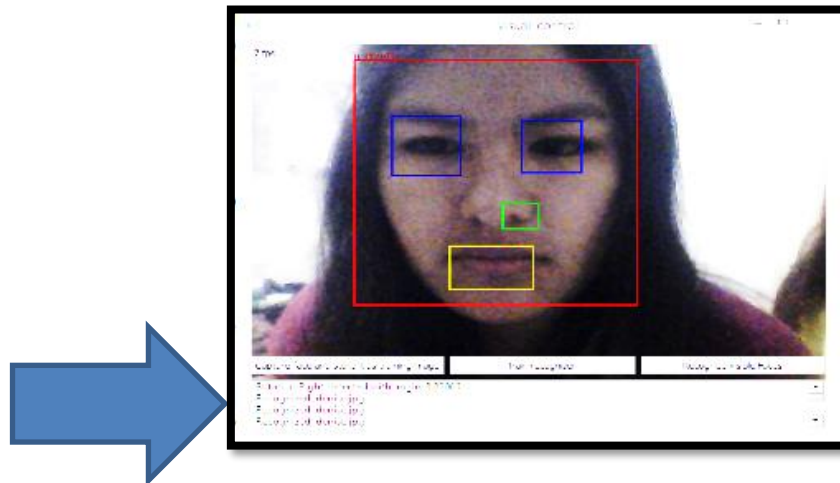


Figura 13. Identificación del rostro Fisherface  
Fuente: Propia

### 3.4.6 Reconocimiento de rostro LBPH

El reconocimiento de la cara fue capaz de detectar e identificar rostros, previamente guardados, a partir de una fuente de imagen en tiempo real. Las caras se identificaron y luego el nombre de la persona que se visualizó en la parte de debajo del rostro.

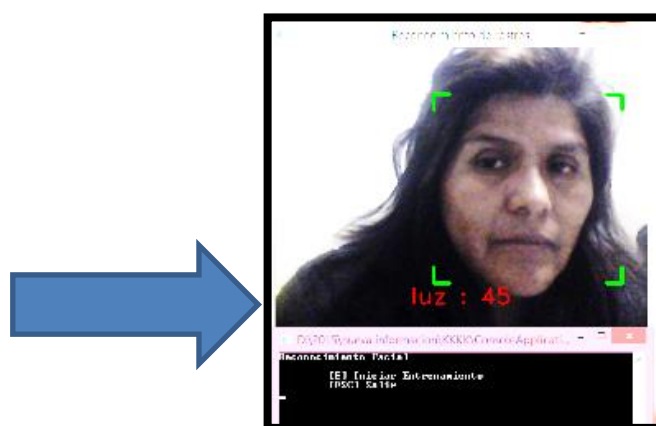


Figura 14. Reconocimiento de rostro en LBPH  
Fuente: Propia

### 3.5 Prueba

#### 3.5.1 Prueba en diferentes condiciones de iluminación

Se capturaron 20 rostros capturando imágenes con distintas condiciones de iluminación una para cada algoritmo y a si se puede obtener la siguiente tabla. Representando con un número “1” cada vez que el programa acierte en el reconocimiento, y con un “0” por cada vez que este se equivoque o falle.

Tabla 2. Cuadro de recolección de datos con distinta iluminación

<b>Rostro</b>	<b>Fisherface</b>	<b>LBPH</b>
<b>1</b>	1	0
<b>2</b>	1	1
<b>3</b>	1	0
<b>4</b>	0	1
<b>5</b>	1	0
<b>6</b>	1	1
<b>7</b>	1	1
<b>8</b>	1	0
<b>9</b>	1	1
<b>10</b>	1	0
<b>11</b>	1	1
<b>12</b>	1	0
<b>13</b>	1	1
<b>14</b>	0	0
<b>15</b>	1	1
<b>16</b>	1	0
<b>17</b>	1	1
<b>18</b>	1	0
<b>19</b>	1	1
<b>20</b>	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>13</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.2 Prueba en diferentes condiciones de pose del rostro

Se fotografiaron 20 rostros capturando imágenes con distintas posiciones del rostro una para cada algoritmo y a si se pudo obtener la siguiente tabla. Representando con un número “1” cada vez que el programa acierte en el reconocimiento, y con un “0” por cada vez que este se equivoque o falle.

Tabla 3. Recolección de datos con distintas posiciones del rostro

<b>Rostro</b>	<b>Fisherface</b>	<b>LBPH</b>
<b>1</b>	1	1
<b>2</b>	0	1
<b>3</b>	1	0
<b>4</b>	1	1
<b>5</b>	1	0
<b>6</b>	1	1
<b>7</b>	1	1
<b>8</b>	1	0
<b>9</b>	1	0
<b>10</b>	1	1
<b>11</b>	1	0
<b>12</b>	0	1
<b>13</b>	1	1
<b>14</b>	1	0
<b>15</b>	1	1
<b>16</b>	1	1
<b>17</b>	1	1
<b>18</b>	1	0
<b>19</b>	0	1
<b>20</b>	1	0
<b>TOTAL</b>	17	12

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis de los datos**

A continuación presentamos los resultados de nuestros cuadros comparativos que han sido 2, el primero se trata sobre las pruebas en diferentes condiciones de iluminación y el segundo cuadro se trata sobre las pruebas en distintas pose del rostro; con estos dos cuadros comparativos trataremos de comprobar cuál de los dos métodos es el más asertivo en el reconocimiento facial, para tener una buena percepción clasificamos nuestros datos en una tabla descriptiva colocando por cada acierto "1" y por cada fallo o no reconocimiento un "0".

Esta población consta de 20 personas con 4 fotos tomadas de cada rostro, las primeras 40 fotos se hicieron en distintas condiciones de iluminación y las 40 siguientes fotos fueron tomadas en distintas poses del rostro.

Lo primero que se quiere demostrar es que:

El algoritmo Fisherface tiene un mayor acierto en distintas condiciones de iluminación que el algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH)

Aplicando T-Student tenemos:

H1: El Algoritmo Fisherface tiene un **mayor** acierto en el reconocimiento facial en diferentes condiciones de iluminación que el algoritmo LBPH

H0: El Algoritmo Fisherface tiene un **menor o igual** acierto en el reconocimiento facial en diferentes condiciones de iluminación que el algoritmo LBPH

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sp \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

t = valor estadístico del procedimiento  
 $\bar{x}_1$  = valor promedio del grupo 1  
 $\bar{x}_2$  = valor promedio del grupo 2  
Sp = desviación estándar ponderada de ambos grupos  
N1 = tamaño de la muestra 1  
N2 = tamaño de la muestra 2

Ecuación para obtener la desviación estándar ponderada:

$$Sp = \sqrt{\frac{SC1 + SC2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

Sp = desviación estándar ponderada  
SC1 = suma de cuadrados del grupo 1  
SC2 = suma de cuadrados del grupo 2  
N1 = tamaño de la muestra 1  
N2 = tamaño de la muestra 2

Por lo tanto tenemos:

Tabla4. Cálculos en diferentes condiciones de iluminación

Rostro	Fisherface	LBPH	$x1 - \bar{x}1$	$(x1 - \bar{x}1)^2$	$x2 - \bar{x}2$	$(x2 - \bar{x}2)^2$
1	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
2	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
3	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
4	0	1	-0,9	0,81	0,45	0,2025
5	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
6	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
7	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
8	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
9	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
10	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
11	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
12	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
13	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
14	0	0	-0,9	0,81	-0,55	0,3025
15	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
16	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
17	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
18	1	0	0,1	0,01	-0,55	0,3025
19	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
20	1	1	0,1	0,01	0,45	0,2025
	$\bar{x}1= 0,9$	$\bar{x}2=0,55$	$\sum(x1 - \bar{x}1)^2 =$	1,8	$\sum(x2 - \bar{x}2)^2 =$	4,95

Fuente: Elaboración Propia

Calculo de la prueba estadística:

$$SC1 = 1,8$$

$$SC2 = 4,95$$

$$Sp = \sqrt{\frac{SC1 + SC2}{N1 + N2 - 2}} = \sqrt{\frac{6,75}{20 + 20 - 2}} = 0,421463$$

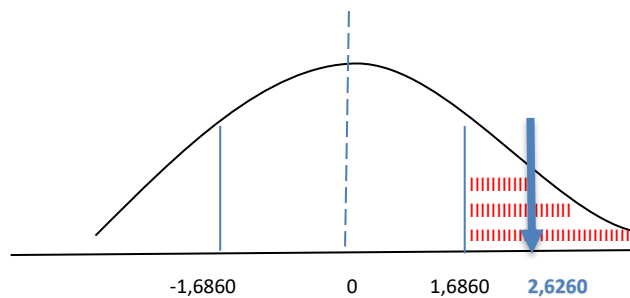
$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{Sp \sqrt{\frac{1}{20} + \frac{1}{20}}} = \frac{0,35}{0,421463 * \sqrt{0,1}} = \frac{0,35}{0,133278} = 2,6260$$

Por lo tanto el valor para "t" en diferentes condiciones de iluminación sería: 2,6260

Mi grado de libertad es  $N_1 + N_2 - 2 = 38$

Trabajando con una probabilidad de error 0.1

Y una probabilidad de aceptación de 0.90



El valor calculado obtenido de  $t(2,6260)$  se compara con los valores críticos de la distribución  $t$ (tabla), y se observa que a una probabilidad de 0,1 le corresponde 1,6860 de  $t$ .

Decisión 1:

Como  $t_0$  es de 2,6260 con 38 grados de libertad, tiene un valor de probabilidad menor que 0.1, entonces se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$ .

$t_0 > t_t$  se rechaza  $H_0$ . El Algoritmo Fisherface tiene un **mayor** acierto en el reconocimiento facial en diferentes condiciones de iluminación que el algoritmo LBPH.

Seguidamente demostraremos que:

El algoritmo Fisherface tiene un mayor acierto en distintas condiciones de posición de rostro que el algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH)

Aplicando T-Student tenemos:

$H_1$ : El Algoritmo Fisherface tiene un **mayor** acierto en el reconocimiento facial en diferentes posiciones de rostro que el algoritmo LBPH

$H_0$ : El Algoritmo Fisherface tiene un **menor o igual** acierto en el reconocimiento facial en diferentes posiciones del rostro que el algoritmo LBPH

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{Sp \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

$t$  = valor estadístico del procedimiento  
 $\bar{x}_1$  = valor promedio del grupo 1  
 $\bar{x}_2$  = valor promedio del grupo 2  
 $Sp$  = desviación estándar ponderada de ambos grupos  
 $N_1$  = tamaño de la muestra 1  
 $N_2$  = tamaño de la muestra 2

Ecuación para obtener la desviación estándar ponderada:

$$Sp = \sqrt{\frac{SC1 + SC2}{N1 + N2 - 2}}$$

Sp =desviación estándar ponderada  
 SC1=suma de cuadrados del grupo 1  
 SC2=suma de cuadrados del grupo 2  
 N1 = tamaño de la muestra 1  
 N2 = tamaño de la muestra 2

Por lo tanto tenemos:

Tabla 5. Calculo en diferentes poses del rostro

Rostro	Fisherface	LBPH	$x1 - \bar{x}1$	$(x1 - \bar{x}1)^2$	$x2 - \bar{x}2$	$(x2 - \bar{x}2)^2$
1	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
2	0	1	-0,85	0,7225	0,4	0,16
3	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
4	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
5	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
6	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
7	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
8	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
9	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
10	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
11	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
12	0	1	-0,85	0,7225	0,4	0,16
13	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
14	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
15	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
16	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
17	1	1	0,15	0,0225	0,4	0,16
18	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
19	0	1	-0,85	0,7225	0,4	0,16
20	1	0	0,15	0,0225	-0,6	0,36
	$\bar{x}1= 0,85$	$\bar{x}2=0,6$	$\sum(x1 - \bar{x}1)^2 =$	2,55	$\sum(x2 - \bar{x}2)^2 =$	4,8

Fuente: Elaboración Propia

Calculo de la prueba estadística:

$$SC1 = 2,55$$

$$SC2 = 4,8$$

$$Sp = \sqrt{\frac{SC1 + SC2}{N1 + N2 - 2}} = \sqrt{\frac{6,75}{20 + 20 - 2}} = 0,4397966$$

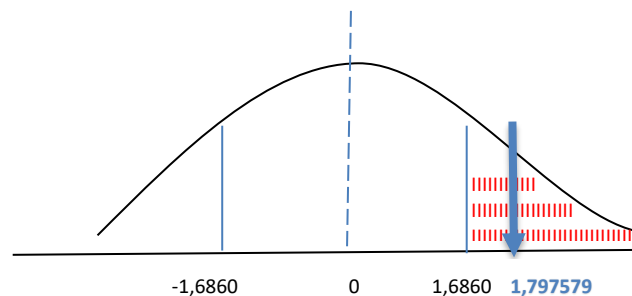
$$t = \frac{\bar{X}1 - \bar{X}2}{Sp \sqrt{\frac{1}{20} + \frac{1}{20}}} = \frac{0,25}{0,4397966 * \sqrt{0,1}} = \frac{0,25}{0,1390759} = 1,797579$$

Por lo tanto el valor para "t" en diferentes condiciones de iluminación sería: 1,797579

Mi grado de libertad es  $N1+N2-2 = 38$

Trabajando con una probabilidad de error 0.1

Y una probabilidad de aceptación de 0.90



El valor calculado obtenido de  $t(1,797579)$  se compara con los valores críticos de la distribución  $t$ (tabla), y se observa que a una probabilidad de 0,1 le corresponde 1,6860 de  $t$ .

Decisión 2:

Como  $t_0$  es de 1,797579 con 38 grados de libertad, tiene un valor de probabilidad menor que 0,1 entonces se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$ .

$t_0 > t_t$  se rechaza  $H_0$ . El Algoritmo Fisherface tiene un **mayor** acierto en el reconocimiento facial en diferentes posiciones de rostro que el algoritmo LBPH.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIONES

Se pudo observar y determinar que el algoritmo Fisherface tiene mayor porcentaje de acierto en distintas condiciones de iluminación y diferentes poses del rostro. Los resultados obtenidos en el presente trabajo difieren con los resultados obtenidos en el trabajo de Zihua Xie, Guodong Liu, & Zhijun Fang donde obtienen como resultado que el Algoritmo LBPH tiene mayor eficacia con respecto a otros algoritmos; lo que nos da pie a la preparación de futuros trabajos realizando la comparación con otros algoritmos utilizados en el trabajo "Face Recognition Based on Combination of Human Perception and Local Binary Pattern".

Por el contrario en el Artículo "Face recognition using nonparametric-weighted Fisherfaces", llega a los mismos resultados que mostraron que el enfoque propuesto (Algoritmo Fisherface) supera a otros métodos de extracción de características para la mayoría de las bases de datos.

## CONCLUSIONES

1. A través del estudio se logró comparar los algoritmos Fisherface y LBPH para el reconocimiento facial utilizando un cuadro descriptivo donde se pudo apreciar que la mayor cantidad de aciertos fue obtenida por el algoritmo Fisherface con un 90% y 85% en diferentes condiciones de iluminación y pose del rostro respectivamente.
2. Se logró analizar el desempeño del algoritmo Fisherface y LBPH en el reconocimiento facial en las **diferentes condiciones de iluminación**, dando resultado que como  $t_0$  es de 2,6260 con 38 grados de libertad, tiene un valor de probabilidad menor que 0.1, entonces se acepta  $H_1$  y se rechaza  $H_0$ ; llegando a la conclusión que el algoritmo Fisherface tiene mayor porcentaje de acierto.
3. Con todo el estudio realizado en el presente trabajo llegamos a la conclusión que se puede recomendar la utilización del algoritmo Fisherface para la elaboración de software para cámaras de seguridad siempre y cuando se le compare con el algoritmo LBPH.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aceves Barajas, A., Alba Gallegos, L. M., & Álvarez Lozoya, F. (2003). SISTEMA DE SEGURIDAD BIOMÉTRICO. Guadalajara.
- Amaya, J. A. (2009). Sistemas de información gerenciales: Hardware, software, redes, Internet, diseño. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Aumaille, B. (2002). J2EE: Desarrollo de aplicaciones Web. Barcelona: Francesc GARCIA.
- Ballester Tomás, F. (2010). COMPUTER VISION AND FACE RECOGNITION. Germany: University of Applied Sciences.
- Bois Freund, F. D. (2014). Surco utilizará sistema de identificación facial en seguridad. El Comercio.
- Cano, J. L. (01 de Mayo de 2014). "BUSINESS INTELLIGENCE: COMPETIR CON INFORMACION". Obtenido de [http://itemsweb.esade.edu/biblioteca/archivo/Business\\_Intelligence\\_competir\\_con\\_informacion.pdf](http://itemsweb.esade.edu/biblioteca/archivo/Business_Intelligence_competir_con_informacion.pdf)
- Chumley, C. K. (2013). Finland shoppers can now pay for items with facial recognition technology. The Washington Times.
- Gallego, J. C. (2014). PCPI - Mantenimiento de Sistemas Microinformaticos. EDITEX.
- Garrido, J. J. (2012). Reniec implementará un moderno sistema de reconocimiento facial. Peru21.pe.
- Gates, K. A. (2011). Our Biometric Future. New York: New York University Press.
- Gimeno Hernández, R. (2010). ESTUDIO DE TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL. Barcelona: Departamento de Procesado de Señal y Comunicaciones .

- Guerrero, D. (25 de Marzo de 2012). Blog Personal de Diego Guerrero. Obtenido de Archivo etiqueta reconocimiento facial: <http://www.diegoguerrero.info/tag/reconocimiento-facial/>
- Heredia Santos, H. (23 de Mayo de 2001). Maestros del Web. Obtenido de <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/phpintro/>
- Higueras, E. (16 de Setiembre de 2010). REVISTA ELECTRÓNICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y CULTURA. Obtenido de Tendencias Informaticas: [http://www.tendencias21.net/La-maquina-supera-al-hombre-en-reconocimiento-facial\\_a4847.html](http://www.tendencias21.net/La-maquina-supera-al-hombre-en-reconocimiento-facial_a4847.html)
- Introna, L. D., & Wood, D. (2002). Picturing Algorithmic Surveillance: The Politics of Facial Recognition Systems. Barcelona: Surveillance & Society.
- Kenneth E. Kendall, J. E. (Sexta edicion, 2005). Análisis y diseño de sistemas. Mexico: Pearson Educacion de Mexico , S.A. de C. V. .
- Llanos Ferraris, D. R. (2010). Fundamentos de informática y programación en C. Madrid: Polig Industrial Codein.
- Llopis Nebot, R. (20 de Enero de 2002). SISTEMAS DE AUTENTICACION BIOMETRICOS. Obtenido de Seguridad Y Protección De La Información: <http://spi1.nisu.org/recop/al01/llopis/Biometricos.htm>
- Lorente Gimenez, L. (11 de Mayo de 1998). REPRESENTACIÓN DE CARAS MEDIANTE EIGENFACES. Obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/9853/Article005.pdf?sequence=1>
- Martinez Bavo, E. (10 de Noviembre de 2010). Galeon.com. Obtenido de Analisis de Sistemas: <http://eduardoumma.galeon.com/cvitae1773751.html>
- Photobook / Eigenfaces demo. (25 de Julio de 2002). Obtenido de <http://vismod.media.mit.edu/vismod/demos/facerec/basic.html>

- Piedrahita H., A. (2013). Introduccion a los Computadores - Algoritmos Computacionales. Obtenido de <http://ciencias.udea.edu.co/programas/pregrado/CNM-130/docs/clase4sinp.pdf>
- Roger, P. (2002). Ingeniería de Software: Un enfoque práctico. España: Mc Graw-Hill/Interamericana.
- Rouse, M. (20 de Julio de 2015). Search Data Center . Obtenido de Biometria: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Biometria>
- Sagarra, R. M. (2006). El código PBIP - 1. Operatividad en la interfaz buquepuerto. Barcelona: Edicions de la Universitat Politecnica de Catalunya, SL.
- Sanchez, L. M. (25 de Marzo de 2013). WordPress. Obtenido de <https://sanchezlm.wordpress.com/2013/03/25/alphonse-bertillon-el-precursor-de-la-identificacion-antropometrica/>
- Senn, J. A. (2002). Análisis y diseño de sistemas de información. Cap. I: Introducción al desarrollo de sistemas de información: Mc Graw Hill.
- Spedding. (1979). An Introduction to Agricultural Systems. England. pp. 15–32.: Applied Science Publishers.
- Tolosa Borja, C., & Giz Bueno, A. (28 de Abril de 2013). Sistemas Biometricos. Obtenido de <http://es.slideshare.net/matutexmat/trabajo-biometria>
- Xie, Z., Liu, G., & Fang, Z. (2011). Face recognition based on combination of human perception and local binary pattern. Berlin: Springer-Verlag.

# **ANEXOS**

## Anexo 01. Matriz de consistencia

Título: "Análisis comparativo de los algoritmos Fisherface y LBPH para el reconocimiento facial en diferentes condiciones de iluminación y pose, Tacna-2015"

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES
<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Es posible determinar la eficiencia de los algoritmos Fisherface y Local Binary Pattern Histogram (LBPH) respecto al reconocimiento facial en distintas condiciones de iluminación y pose?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Comparar los algoritmos Fisherface y LBPH para el reconocimiento facial en las diferentes condiciones de iluminación y pose.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL</b></p> <p>El algoritmo Fisherfaces para el reconocimiento facial bajo diferentes condiciones de iluminación y pose es más eficiente que algoritmo LBPH.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b></p> <p>Porcentaje de acierto en el reconocimiento facial</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Es factible determinar el desempeño del algoritmo Fisherface para el reconocimiento facial en distintas condiciones de iluminación con respecto al algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH)?</li> <li>• ¿Es factible determinar el desempeño del algoritmo Fisherface para el reconocimiento facial en diferentes poses del rostro con respecto al algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH)?</li> </ul>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar el desempeño del algoritmo Fisherface y LBPH en el reconocimiento facial en las diferentes condiciones de iluminación.</li> <li>• Analizar el desempeño del algoritmo Fisherface y LBPH en el reconocimiento facial en las diferentes poses del rostro.</li> </ul>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El algoritmo Fisherface tiene un mayor acierto en distintas condiciones de iluminación que le algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH).</li> <li>• El algoritmo Fisherface tiene un mayor acierto en distintas condiciones de posición de rostro que el algoritmo Local Binary Pattern Histogram (LBPH).</li> </ul>	<p><b>VARIABLES INDEPENDIENTES:</b></p> <p>Imágenes faciales con distintos tipos de iluminación</p> <p>Imágenes faciales con distintos posiciones del rostro</p>
<p><b>POBLACION Y MUESTRA:</b></p> <p>Se emplea el muestreo no probabilístico ya que la muestra con la que trabaja consiste en llevar el control de 20 personas (rostros) con las cuales se realizaran las pruebas necesarias para llegar a nuestras conclusiones.</p>			<p><b>DISEÑO:</b></p> <p>Comparativa-Descriptiva</p>

## Anexo 02. Operacionalización de Variables

Tipos de variables	Definiciones conceptuales	Definición operacional	Indicadores
<p><b>Variable independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Imágenes faciales con distintos tipos de iluminación</li> <li>- Imágenes con distintos grados de pose facial</li> </ul>	<p>Imágenes faciales con distintos tipos de iluminación: Las imágenes del rostro pueden tener distintos ángulos de iluminación y generar distintos porcentajes de acierto.</p> <p>Imágenes faciales con distintos grados de pose facial: Las imágenes del rostro pueden tener distintos grados de posición del rostro y generar distintos porcentajes de acierto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación y llenado en la tabla descriptiva en diferentes condiciones de iluminación.</li> <li>- Observación y llenado en la tabla descriptiva con distintos grados de pose facial.</li> </ul>	<p>Cantidad de imágenes con distorsión de iluminación inicial.</p> <p>Cantidad de imágenes con distorsión final</p>
<p><b>Variable dependiente:</b> Porcentaje de acierto en el reconocimiento facial</p>	<p>Porcentaje de acierto en el reconocimiento facial: Resultado del análisis dando como aceptada o rechazada nuestra hipótesis en el campo del reconocimiento facial.</p>	<p>Se utilizó para el análisis estadístico la tabla T-Student en ambos casos.</p>	<p>Diferencias de las distorsiones en iluminación</p> <p>Diferencias de las distorsiones en posición</p>

### Anexo 3. Inicialización de la cámara web LBPH

```
bool Init()
{
    if(!capture.open(0))
    {
        cout << "No se ha podido acceder a la webcam" << endl;
        return false;
    }

    if(!faceDetector.load("haarcascade_frontalface_alt_tree.xml"))
    {
        cout << "No se encuentra el archivo haarcascade_frontalface_alt_tree.xml" << endl;
        return false;
    }

    if(!EyeDetector.load("haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml"))
    {
        cout << "No se encuentra el archivo haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml" << endl;
        return false;
    }

    if(!rEyeDetector.load("haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml"))
    {
        cout << "No se encuentra el archivo haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml" << endl;
        return false;
    }

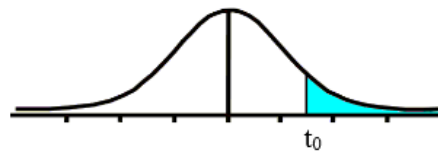
    return true;
}
```

#### Anexo 4: Obtiene las coordenadas del rostro para identificarlo

```
Rect face, lEye, rEye;
if(GetFaceAndEyes(copyFrame, face, lEye, rEye))
{
    if(entrenado)
    {
        Mat nface;
        CropFace(copyFrame(face), nface, lEye, rEye);
        if(agregarRostro)
        {
            Mat fface;
            flip(nface, fface, 1);
            rostros.push_back(fface);
            ids.push_back(identificador);
            rostros.push_back(nface);
            ids.push_back(identificador);
            agregarRostro = false;
            capCount += 1;
            cout << "Se han capturado " << capCount << " Rostros" << endl;
        }
        if(entrenar && rostros.size() >= 1)
        {
            model->update(rostros, ids);
            cout << "\nNombre de la persona: ";
            cin >> names[identificador];
            system("cls");
            entrenar = agregarRostro = entrenado = false;
            rostros.clear();
            ids.clear();
            identificador += 1;
            capCount = 0;
            cout << msg1;
        }
    }
    if(identificador >= 1)
    {
        int id = -1;
        double confidence = 0.0;
        Mat nface;
        CropFace(copyFrame(face), nface, lEye, rEye);
        //calquier confidence mayor que threshold id = -1
        //redicir o aumentar este valor segun nos convenga
        model->set("threshold", 70);
        model->predict(nface, id, confidence);
        if(id >= 0)
        {
            string msg = names[id] + " : " + to_string((int)confidence);
            DrawMarker(frame, face, msg, 20);
        }
        else DrawMarker(frame, face, "???", 20);
    }
    else DrawMarker(frame, face, "???", 20);
}
```

### Anexo 3: Tabla T-Student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822