



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y**

**TELECOMUNICACIONES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**

**DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA: IDENTIFICACIÓN DE EMOCIONES A TRAVÉS DEL  
RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE GESTOS FACIALES**

**AUTOR: FREIRE GRANDA, JORGE GUILLERMO**

**DIRECTORA: ING. PAREDES TERÁN, NANCY IVETT Mgs.**

**SANGOLQUÍ**

**2018**

# CERTIFICADO DEL DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Identificación de emociones a través del reconocimiento automático de gestos faciales**” fue realizado por el Sr. **Freire Granda, Jorge Guillermo** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 6 de agosto del 2018

Ing. Nancy Paredes, Mgs.

**DIRECTORA**

C. C. 1803058021

# AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Freire Granda, Jorge Guillermo*, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: *“Identificación de emociones a través del reconocimiento automático de gestos faciales”* es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 6 de agosto del 2018



**JORGE GUILLERMO FREIRE GRANDA**

**C.C. 1715471726**

# AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES

## AUTORIZACIÓN

*Yo, Freire Granda, Jorge Guillermo autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Identificación de emociones a través del reconocimiento automático de gestos faciales” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.*

Sangolquí, 6 de agosto del 2018

**JORGE GUILLERMO FREIRE GRANDA**

**C.C. 1715471726**

## DEDICATORIA

*Eres una mujer que simplemente me hace llenar de orgullo, te amo y no va haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido. Esta tesis no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían, es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a dudar ha sido gracias a ti, no sé en donde me encontraría de no ser por tus consejos, compañía y tu amor. Te doy mis sinceras gracias, amada madre.*

*A mis hermanos, amigos y familia en general, quienes a lo largo de mi vida han sabido estar en todo momento brindándome su apoyo incondicional e impulsándome a seguir adelante.*

*Jorge Guillermo Freire Granda*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por haberme dado la vida, y la oportunidad de ser una persona de bien.*

*A mis padres y hermanos por inculcarme los mejores hábitos y valores que una persona puede llegar a tener, por sus consejos y los ánimos para nunca desmayar frente a las adversidades de la vida.*

*A mi familia que ha sido el motor que ha impulsado mi vida.*

*A mis maestros por todos los conocimientos que supieron impartirme y mediante estos poder crecer tanto intelectualmente como personalmente.*

*A mis amigos que con el pasar del tiempo se convirtieron en mi familia, y que juntos hemos luchado, para llegar todos a la meta que nos planteamos desde que empezamos esta prestigiosa carrera profesional.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICADO DEL DIRECTOR</b> .....	i
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	ii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>INTRODUCCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	1
1 Introducción del proyecto de investigación .....	1
1.1 Resumen del proyecto.....	1
1.2 Antecedentes y justificación del proyecto .....	2
1.3 Objetivos de la investigación .....	5
1.3.1 Objetivo general .....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2 Marco teórico.....	6
2.1 <i>Lenguaje Corporal</i> .....	6
2.1.1 Gestos del rostro.....	6
2.1.2 Tipos de Felicidad.....	8
2.1.3 La mirada Lenguaje no verbal .....	9
2.2 Computación Afectiva.....	10
2.3 Tipos de Expresiones Faciales .....	11
2.4 Técnicas de detección de rostros .....	13

2.4.1 LDA (Linear Discriminant Analysis).....	13
2.4.2 LPP proyecciones preservando la localidad.....	14
2.4.3 DCT (Discrete Cosine Transform).....	14
2.4.4 PCA Análisis de componentes principales .....	14
2.5 Confiabilidad de detección.....	15
2.5.1 Clasificador tipo Haar .....	16
2.6 Ruido AWGN.....	17
2.6.1 Filtro Gaussiano .....	18
2.7 Reconocimiento de expresiones.....	19
2.8 Aplicaciones .....	23
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>25</b>
<b>METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>25</b>
3 Metodología .....	25
3.1 Descripción general del proyecto de investigación .....	25
3.2 Extracción de Características (Viola-Jones) .....	27
3.2.1 Extracción del componente objeto (Boca) .....	29
3.2.2 Extracción del componente objeto (Ojos) .....	33
3.3 Procesamiento de las Componentes Extraídas .....	36
3.3.1 Procesamiento del Objeto Boca .....	36
3.3.2 Procesamiento del Objeto Ojos .....	37
3.4 Base de Datos.....	39
3.5 Algoritmo Análisis de Componentes Principal (PCA) .....	46
3.5.1 Extracción de Imagen a ser procesada.....	48
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>50</b>
<b>4 Análisis de Resultados Obtenidos</b> .....	<b>50</b>
4.1 Experimentos para determinar las características de la base de datos.....	53
4.1.1 Calidad de la Imagen.....	53
4.1.2 Intensidad de la muestra.....	58
4.1.3 Eliminación de ruido .....	59
4.2 Experimentos realizados .....	61
4.3 Análisis de resultados.....	62

<b>CAPÍTULO V</b> .....	66
5 Conclusiones y Recomendaciones .....	66
<b>CAPÍTULO VI</b> .....	68
6 Líneas de Trabajos Futuros .....	68
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	70
7 Bibliografía.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> <i>TABLA EMOCIONES POSITIVAS, EMOCIONES NEGATIVAS Y EMOCIONES AMBIGUAS.....</i>	12
<b>TABLA 2</b> <i>TABLA DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TÉCNICAS LDA, LPP, DCT Y PCA.....</i>	15
<b>TABLA 3</b> <i>TABLA DE MARGEN DE DETECCIÓN BOCA.....</i>	31
<b>TABLA 4</b> <i>TABLA DE MARGEN DE DETECCIÓN OJOS.....</i>	34
<b>TABLA 5</b> <i>TABLA DE BASES DE DATOS.....</i>	39
<b>TABLA 6</b> <i>TABLA RESTRICCIONES ESTABLECIDAS.....</i>	41
<b>TABLA 7</b> <i>CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE.....</i>	52
<b>TABLA 8</b> <i>RESULTADOS UN MISMO SUJETO Y 4 EMOCIONES CON DIFERENTES RESOLUCIONES.....</i>	54
<b>TABLA 9</b> <i>RESULTADOS PARA UN MISMO SUJETO Y 4 EMOCIONES CON LA MISMA RESOLUCIÓN Y TAMAÑO.....</i>	58
<b>TABLA 10</b> <i>RESULTADOS PARA UN MISMO SUJETO Y 4 EMOCIONES, ELIMINACIÓN DE CIERTAS PARTES EXCEDENTES.....</i>	61
<b>TABLA 11</b> <i>RESULTADOS 10 SUJETOS Y 4 EMOCIONES CON LA MISMA RESOLUCIÓN Y TAMAÑO.....</i>	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> TIPOS DE SONRISAS .....	8
<b>FIGURA 2</b> CARACTERÍSTICA DE DOS, TRES Y CUATRO RECTÁNGULOS .....	17
<b>FIGURA 3</b> SIMULACIÓN DEL FILTRO GAUSSIANO (A) IMAGEN ORIGINAL (B) IMAGEN CON RUIDO GAUSSIANO (C) IMAGEN FILTRADA.....	18
<b>FIGURA 4</b> ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, EJEMPLO .....	20
<b>FIGURA 5</b> SEGMENTACIÓN CON RESPECTO A LAS COMPONENTES PRINCIPALES .....	20
<b>FIGURA 6</b> CLASIFICACIÓN POR MEDIO DEL ALGORITMO K-MEAN .....	21
<b>FIGURA 7</b> DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MÉTODO DE IDENTIFICACIÓN DE EMOCIONES.....	26
<b>FIGURA 8</b> EXTRACCIÓN DE OJOS Y BOCA.....	28
<b>FIGURA 9</b> DETECCIÓN DEL OBJETO BOCA DE FORMA ERRÓNEA.....	30
<b>FIGURA 10</b> DETECCIÓN DEL OBJETO BOCA DE FORMA CORRECTA.....	32
<b>FIGURA 11</b> DETECCIÓN DEL OBJETO OJOS DE FORMA ERRÓNEA.....	33
<b>FIGURA 12</b> DETECCIÓN DEL OBJETO OJO DE FORMA CORRECTA.....	35
<b>FIGURA 13</b> DETECCIÓN DEL OBJETO OJOS Y CEJAS.....	35
<b>FIGURA 14</b> DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESAMIENTO DE COMPONENTES EXTRAÍDAS.....	36
<b>FIGURA 15</b> PROCESAMIENTO DEL COMPONENTE OBJETO BOCA.....	37
<b>FIGURA 16</b> PROCESAMIENTO DEL COMPONENTE OBJETO OJOS.....	38
<b>FIGURA 17</b> EXPRESIONES FACIALES (A) NEUTRAL (B) IRA (C) TRISTEZA (D) FELICIDAD .....	42
<b>FIGURA 18</b> TIPOS DE MUESTRAS BASE DE DATOS BOCA (A) FELICIDAD, (B) TRISTEZA Y (C) NEUTRAL O IRA.....	43
<b>FIGURA 19</b> TIPOS DE MUESTRAS EN LA BASE DE DATOS OJOS (A) FELICIDAD O NEUTRAL Y (B) IRA.....	43
<b>FIGURA 20</b> DIAGRAMA DE FLUJO DEL ALGORITMO DE DETECCIÓN EN RELACIÓN A LA BASE DE DATOS .....	45
<b>FIGURA 21</b> DIAGRAMA INPUT Y OUTPUT DE PCA.....	46
<b>FIGURA 22</b> RECONOCIMIENTO DE EXPRESIÓN IRA.....	49
<b>FIGURA 23</b> INTERFAZ GRÁFICA DEL PROYECTO DE IDENTIFICACIÓN DE EMOCIONES.....	53
<b>FIGURA 24</b> FOTOGRAFÍA (A) SAMSUNG NOTE 8 (B) CÁMARA LAPTOP HP .....	56
<b>FIGURA 25</b> (A Y C) DETECCIÓN DE LOS OJOS (B Y D) IMAGEN BINARIA .....	56
<b>FIGURA 26</b> (A Y C) DETECCIÓN DE LA BOCA (B Y D) IMAGEN BINARIA .....	57
<b>FIGURA 27</b> (A) AMBIENTE OSCURO, INFERIOR A 90 LUX (B) AMBIENTE NORMAL, EN UNA MEDIA DE 300 LUX (C) AMBIENTE MUY LUMINOSO, MAYOR A 400 LUX.....	59
<b>FIGURA 28</b> COMPONENTE OBJETO BOCA (TRISTEZA) CON UN EXCEDENTE.....	60
<b>FIGURA 29</b> COMPONENTE OBJETO BOCA (FELICIDAD) CON UN EXCEDENTE.....	60
<b>FIGURA 30</b> TASA DE DETECCIÓN PARA CADA EMOCIÓN UTILIZANDO 10 SUJETOS .....	63
<b>FIGURA 31</b> TASA DE DETECCIÓN PARA CADA EMOCIÓN HOMBRES Y MUJERES.....	64
<b>FIGURA 32</b> TASA DE DETECCIÓN PARA CADA EMOCIÓN DE NIÑOS.....	64

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN 1</b> FORMULA PARA PCA INPUT .....	47
<b>ECUACIÓN 2</b> DISTANCIA EUCLIDIANA .....	48

## RESUMEN

El lenguaje corporal es el medio comunicativo más directo, ya que se lo expresa de una forma inconsciente e involuntaria, sin hacer uso del habla, es decir la manera de apreciarlo es de forma visual. El rostro es la parte más expresiva del cuerpo humano, porque las personas tienen la capacidad de reconocer expresiones y deducir de ellas estados emocionales. El presente proyecto de investigación, tiene como propósito la identificación de emociones a través del reconocimiento de gestos faciales, utilizando para ello, el software de Matlab y dos bases de datos, las cuales han sido creadas en base a los componentes que van a ser procesados a lo largo de la ejecución del algoritmo, es decir, expresiones de la boca y los ojos. Las bases de datos se encuentran divididas en, una que corresponde a muestras de los ojos y la otra que corresponde a las muestras de la boca. Con el fin de diferenciar cuatro emociones básicas, que puede tener una persona “Felicidad, Ira, Tristeza y Neutral”. Mediante la técnica estadística denominada Análisis de Componentes Principales (PCA) y las bases de datos, se procederá a realizar el reconocimiento de emociones.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **RECONOCIMIENTO EMOCIONES**
- **ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES**
- **BASE DE DATOS**
- **LENGUAJE CORPORAL**
- **ALGORITMO VIOLA-JONES**

## **ABSTRACT**

Body language is the most direct communicative medium, because it is expressed in an unconscious and involuntary way, without using speech, that is to say the way to appreciate it is visually. The face is the most expressive part of the human body, because people have the ability to recognize expressions and deduce from them emotional states. The purpose of this research project is to identify emotions through the recognition of facial gestures, using Matlab software and two databases, which have been created based on the components that are going to be Processed throughout the execution of the algorithm, i.e. expressions of the mouth and eyes. The databases are divided into, one that corresponds to samples of the eyes and the other that corresponds to the samples of the mouth. In order to differentiate four basic emotions, you can have a person "happiness, anger, sadness and Neutral". By means of the statistical technique called Principal component Analysis (PCA) and the databases, the recognition of emotions will be carried out.

### **KEYWORDS:**

- **EMOTIONS RECOGNITION**
- **PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS**
- **DATABASE**
- **BODY LANGUAGE**
- **VIOLA-JONES ALGORITHM**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 1 Introducción del proyecto de investigación

#### 1.1 *Resumen del proyecto*

El presente trabajo de investigación está enfocado en el reconocimiento de gestos faciales, con la ayuda de una cámara web y haciendo uso de un algoritmo de análisis de características implementado en el software de Matlab, se hace posible el reconocimiento de las cuatro expresiones faciales básicas, que son: Felicidad, Ira, Tristeza y Neutral.

El proyecto se encuentra dividido en 4 fases, las cuales se detallarán brevemente para de esta manera tener una visión general de todo el proyecto. La primera parte abarca la detección de los componentes a ser analizados y procesados, que en este caso son: la boca y los ojos, lo que se hace posible con la ayuda del algoritmo de Viola-Jones (Parra, 2015) el cual es encargado de realizar la detección del rostro, ojos, nariz y boca. La segunda fase comprende el filtraje y procesamiento de la muestra detectada, ya sea ojos o boca, según sea el caso. Para la tercera fase, una vez extraída la muestra, se la procesa con el fin de ejecutar un algoritmo de filtraje, el cual es encargado de eliminar el ruido, para luego pasar a tener una muestra binaria, posterior a esto, se hace uso del algoritmo de Análisis de Componentes Principales PCA (Ruiz Aranibar, 2013) y la distancia Euclidiana (EcuRed, 2008), con el propósito de realizar un análisis de comparación y

obtener la mínima distancia con respecto a las bases de datos diseñadas para este proyecto, las cuales se encuentran divididas en dos partes, una que comprende bocas y otra a ojos, las cuales han sido extraídas de un grupo de 24 personas. Finalmente, en la última fase se observan los resultados obtenidos, por medio de una interfaz gráfica creada con la ayuda del software de Matlab.

## **1.2 Antecedentes y justificación del proyecto**

En la actualidad el ser humano está expuesto a diferentes situaciones tanto en su vida familiar y profesional, como por ejemplo el estrés laboral que vive día a día, al estar frente de un computador, por largas jornadas de trabajo. En el Ecuador este tipo de problemáticas no han sido estudiadas desde el punto de vista emocional de las personas, pues tanto desde el aspecto psicológico como tecnológico, existen pocos estudios en el ámbito de la inteligencia artificial (IA) para mejorar esta situación cotidiana de gran parte de la población. La Computación Afectiva es parte de la IA, cuyo objetivo es lograr un equilibrio entre las emociones y el proceso cognitivo humano, en el diseño de tecnologías y teorías para hacer frente a las necesidades humanas. En la computación afectiva convergen diversas disciplinas científicas para dar a las computadoras la habilidad de reconocer, entender y expresar emociones, a la vez que interactúa de manera natural con los usuarios.

El interés de la presente investigación se basa en la importancia de detectar los estados emocionales como: felicidad, ira, tristeza y neutral que una persona adopta, en cualquier situación de su vida cotidiana. Es por este motivo que se encontró el interés de desarrollar una aplicación que realizará el reconocimiento de las expresiones faciales.

Con el fin de impulsar posteriores investigaciones en el mismo campo, es por lo cual, esta investigación servirá de base para futuras investigaciones.

Para poder diferenciar un estado de ánimo con otro, se compara los gestos faciales según las técnicas que el lenguaje corporal lo recomienda (McColl, 2016). Una de estas es levantar las cejas en un saludo social, que indica ausencia de miedo y agrado.

Se han realizado estudios sobre lenguaje corporal tal es el caso del robot humanoide Nao, el cual induce emociones a personas con discapacidad de acuerdo con el estado de ánimo que la persona tiene y se los llama robots terapéuticos (Díaz & del Pobil, 2015). De la misma manera existe un programa capaz de reconocer el estado de ánimo de la persona, por medio de la postura que el usuario adquiere, utilizando lenguaje corporal, el cual es encargado de ayudar a detectar las emociones, incluso si se excluyen las expresiones faciales, el algoritmo “Detección y el análisis de las emociones mediante el lenguaje corporal” se basa en el análisis de la posición que adoptan los hombros tanto izquierdo como derecho y también la posición que tiene el torso (Singh, Sharma, & Jain, 2015). Uno de los problemas que se les presenta a los estudiantes al hacer búsquedas en diferentes repositorios, es que se encuentran con un gran número de resultados, es aquí donde tiene ventaja el ámbito de la computación afectiva, se destaca una aplicación instalada en el computador llamada EmoRemSys, el cual es un sistema de recomendación de recursos educativos, basado en técnicas de computación afectiva, que permite localizar recursos educativos con base en un análisis sentimental del estudiante haciéndolo adaptable a las necesidades del usuario (Bustos, Hernandez, Vasquez, Hernandez, & Zatarain, 2016).

En cuanto a los clasificadores Haar (Guevara, Echeverry, & Urueña, Scientia et Technica, 2008), se han hecho estudios en donde se presenta la implementación y aplicación de un método de detección de rostros y características faciales, en donde se obtuvo un porcentaje de detección de rostros y de ojos del 100% y 92% respectivamente, con tiempo de procesamiento bajo (Guevara, Echeverry, & Urueña, 2008).

Finalmente, para el caso de reconocimiento de emociones faciales se han hecho diversos estudios usando tanto técnicas PCA como Discrete Cosine Transform (DCT), las aplicaciones son útiles en campos muy diversos como la biometría, la clasificación de imágenes o la seguridad, un ejemplo de este estudio es la aplicación de un sistema de reconocimiento de emociones faciales realizado por Adria Martínez, el cual consiste en realizar una aplicación móvil usando la cámara web del dispositivo y haciendo uso de redes neuronales para realizar el reconocimiento de la emoción generada por el usuario (Martínez, 2015), los resultados que se obtuvieron fueron buenos, con una tasa de detección de 78.69%. Para propósito de este estudio la diferencia con la aplicación antes mencionada es la detección del rostro, la cual se produce por medio de una computadora, otra diferencia es la base de datos, que consiste de muestras de ojos y bocas no con redes neuronales como es el caso del estudio de Martínez.

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Reconocer gestos faciales basados en un algoritmo implementado para lenguaje no verbal.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Investigar las técnicas de reconocimiento de expresiones faciales.
- Desarrollar una base de datos con expresiones faciales.
- Diseñar una interfaz de reconocimiento de gestos usando datos característicos del rostro, tales como; ojos, cejas y boca.
- Desarrollar un algoritmo que permita el reconocimiento de gestos faciales.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2 Marco teórico**

##### **2.1 *Lenguaje Corporal***

El lenguaje corporal es la forma de comunicarse mediante movimientos, gestos y posturas del cuerpo, con el fin de transmitir las emociones y pensamientos que tiene la persona, sin necesidad de hablar. En ciertas ocasiones de manera involuntaria la persona expresa mucho, mediante el lenguaje corporal.

Sin embargo a pesar de que se indica que el cuerpo humano puede expresar mucho, sin hacer uso de la comunicación oral, no se debe confiar ciegamente y dar una conclusión apresurada, ya que, existen varios factores que pueden inferir sobre él, tales como; temperatura, cansancio, ruido, etc. Una vez teniendo en cuenta estos factores se puede dar una decisión visual coherente.

##### **2.1.1 Gestos del rostro**

Las emociones que expresa el rostro, es uno de los factores más importantes del lenguaje no verbal, es por esto que, al tener más rasgos, se tiene un enfoque prioritario, al momento de deducir que emoción expresa la persona. Si bien es cierto que las actitudes, gestos y posturas de las personas adultas frente a las actitudes de los niños son diferentes, guardan algunos factores en común, claro que no son tan expresivos

como lo hace un niño, por ejemplo; al momento de interpretar un estado de susto, un niño directamente se tapa los ojos o en ciertas ocasiones se tapan las orejas cerrando los ojos, esto no se ve frecuentemente en los adultos, sino que se aprecia el mismo caso pero no tan notorio, es decir con un grado menor de expresividad (Pale & Ramírez, 2016).

Mientras que hay casos que tanto la persona adulta como un niño involuntariamente realizan acciones que expresan lo mismo, tales como; al momento de llevarse las manos a cara, suele ser por, algún pensamiento negativo o como muestra de inseguridad.

A continuación se muestran algunas acciones que indican el estado emocional de la persona, al momento de efectuar cualquiera de estos gestos (Navarro, 2014)

- Taparse la boca, como muestra de ocultar algo, siendo el caso que si la persona estaría hablando y realiza esta acción, es como una muestra de arrepentirse de algo que dijo.
- Tocarse la oreja, como muestra de que no se siente a gusto de lo que el receptor le está diciendo.
- Tocarse la nariz, es un indicativo que esa persona está mintiendo, ya que inconscientemente tiene una ardor en la nariz.
- Rascarse el cabello, como muestra de que esa persona esta insegura de lo que está diciendo en ese momento.

### 2.1.2 Tipos de Felicidad

El arte de sonreír, sin duda es una cualidad que todas las personas tienen, y es de esta manera que existen muchas formas y maneras de demostrar que una persona se encuentra cómoda o feliz en un determinado momento, tal como se presenta en la Figura 1. En el ámbito del lenguaje corporal, es muy fácil deducir cuando una persona se encuentra en ese estado emocional, inclusive se puede apreciar cuando una sonrisa es real versus a una ficticia.



**Figura 1** Tipos de sonrisas  
Fuente: (Rosas, 2012)

Es por esto que no existe solo una forma de sonreír, sino que es posible distinguir varios tipos de sonrisas.

- Sonrisa falsa, el lado izquierdo de la boca suele elevarse más, debido a que la parte del cerebro más especializada en las emociones está en el hemisferio derecho, el cual controla principalmente la parte izquierda del cuerpo. (Navarro, 2014)

- La sonrisa natural, una sonrisa verdadera se puede reconocer cuando se producen arrugas junto a los ojos, se elevan las mejillas y descienden lentamente las cejas.
- Sonrisa tensa, es cuando la persona se ríe por compromiso sin ni siquiera abrir la boca, mostrando un gesto de inconformidad.

### **2.1.3 La mirada Lenguaje no verbal**

La mirada en el ámbito de gestos faciales, tiene mucho que ver con la dilatación y la contracción de la pupila, ya que, inclusive cuando una persona miente la pupila se contrae (Palacios, 2010), mientras que cuando una persona esta relajada la pupila se dilata.

De la misma manera se puede saber cuándo una persona se encuentra incomoda, impaciente o relajada. En ciertas situaciones sociales, la falta de contacto visual, se puede interpretar como nerviosismo o timidez. A continuación se muestran otras funciones que tiene la mirada.

- Dilatación y contracción de las pupilas, se dice que cuando las pupilas se dilatan, es cuando una persona está viendo algo que le agrada, mientras que cuando se contraen quiere decir que expresan hostilidad.
- Levantar las cejas, gesto que representa un saludo, usualmente se hace en muestra de grado o simpatía.
- Pestañar rápidamente, muestra de aburrimiento o desconfianza.

- Miras hacia los lados, muestra de aburrimiento, buscando de forma inconsciente una vía de escape.

## 2.2 Computación Afectiva

La historia de la computación afectiva está ligada a los logros de la neurociencia afectiva. Investigaciones en los cambios de personalidad y el estudio de las emociones.

La computación afectiva es el estudio y el desarrollo de sistemas y dispositivos capaces de reconocer, interpretar, procesar y estimular las emociones humanas. (Banafa, 2016)

Los campos en los que interviene la computación afectiva son la ciencia cognitiva de la computación y la psicología. El dispositivo debe ser capaz de interpretar el estado emocional de los humanos y adaptar su comportamiento a ellos, proporcionándole una respuesta adecuada y acorde a la situación. La forma de percibir las cosas alrededor del dispositivo en el ámbito de la computación afectiva, lo hace por medio de sensores, cámaras, micrófonos y la lógica del software.

Sin darnos cuenta al estar frente a un computador y mantener contacto con él, la persona inconscientemente, puede observar lo que es la computación afectiva, ya que, al interactuar con las teclas, la computadora envía una respuesta, o realiza una acción frente a una excitación, lo mismo sucede con el mouse, la temperatura que la persona aplica y los movimientos, sean bruscos o no, la computadora puede saber de qué ánimo se encuentra la persona, a esto se lo llama, aprendizaje automático, otro ejemplo común

es la detección de la voz, por medio de una aplicación llamada Microsoft Speech el cual es capaz de reconocer la voz, y realizar tareas que se le encomiende (Microsoft, 2016).

El inicio de la rama informática en el área de la computación afectiva se la atribuye a la Doctora Roselin Picard, gracias a ella se popularizó el término computación afectiva, por medio de su libro “Affective Computing” publicado en el año 1997. Ella define a la computación afectiva como una disciplina dentro del campo de la inteligencia artificial que intenta desarrollar métodos de computación para reconocer las emociones humanas y generar emociones sintéticas. (Barquero, 2016)

La doctora Picard, en base a sus conocimientos extensos en el campo de la computación afectiva, se involucra con el tema de autismo, ella pretende fomentar el uso de tecnologías innovadoras que puedan mejorar y acelerar el ritmo de la investigación y la terapia del autismo, es por ello que su equipo de investigación ha desarrollado un ESP (Emotional-Social intelligence Prosthesis), herramienta que permite a una persona con autismo monitorizar sus propias reacciones faciales.

### **2.3 Tipos de Expresiones Faciales**

A lo largo del tiempo se han realizado estudios donde se han clasificado las emociones, a continuación se presentan en la Tablas 1, estos casos.

**Tabla 1**

*Tabla de Emociones Positivas, Emociones Negativas y Emociones Ambiguas*

Emociones Negativas		Emociones Positivas		Emociones Ambiguas
<b>Ira</b>	Tristeza	Alegría	Amor	Sorpresa
<b>Miedo</b>	Vergüenza	Humor	Felicidad	Esperanza
<b>Ansiedad</b>	Aversión			Compasión

Fuente: (Berastegi, 2018)

En la década de 1960, Silvan Tomkins (ANV, 2014), indico que son cuatro las expresiones faciales básicas, las cuales son; Felicidad, Tristeza, Ira y Neutral, además demostró que las expresiones faciales estaban asociadas con ciertos estados emocionales, un detalle importante es que las personas que no pueden ver, realizan las mismas expresiones faciales que las personas videntes, esto quiere decir que, no solo observando se aprende, sino que es algo innato que el ser humano tiene, y que se produce inconsciente, a continuación se detalla ciertas características de cómo identificar cuando una persona está fingiendo la emoción, desde un punto de vista psicológico.

Un rostro que expresa felicidad viene acompañado de una sonrisa, ahora bien, hay ciertos detalles que diferencian una sonrisa falsa de una sonrisa real; las esquinas de la boca tienen que estar levantadas, deben estar expuestos ciertos dientes, presencia de una arruga que se observa desde la nariz hasta las esquinas de la boca, las mejillas deben estar levantadas y tensas. Un rostro que muestra tristeza, es aquel que muestra los siguientes rasgos, las cejas dibujadas hacia adentro y hacia arriba, así como también,

se forma un triángulo entre las esquinas de los labios y la piel que se encuentra por debajo de las cejas, adicional a esto, la mandíbula se levanta, y el labio inferior sobresale.

Para un rostro que expresa la emoción de enojo, los rasgos que se aprecian son los siguientes, las cejas se juntan hacia abajo, la mirada se encuentra fijamente, se forman dos líneas verticales entre las cejas, y los párpados inferiores se encuentran tensos, en algunos de los casos las fosas nasales se ensanchan, en lo que se refiere a la boca en ciertos casos se encuentra abierta y en otros cerrada, la mandíbula inferior sobresale. Para el caso de un rostro neutral, se puede deducir cuando no existen rasgos muy notorios, es decir, un rostro sin facciones y sin movimiento alguno (Rule & Ambady, 2016).

## **2.4 Técnicas de detección de rostros**

En este estudio se va hacer uso de técnicas aplicadas al reconocimiento de expresiones emocionales, a continuación se describen algunas de las técnicas más utilizadas.

### **2.4.1 LDA (Linear Discriminant Analysis)**

La función principal que tiene esta técnica es la de convertir un problema de alta dimensión en uno de baja, además se busca maximizar la separación de la proyección conformado por un grupo de imágenes no semejantes. (Martinez, Loaiza, & Caicedo, 2011)

### **2.4.2 LPP proyecciones preservando la localidad**

La técnica LPP es un algoritmo lineal, de la misma manera que la técnica PCA su función principal es la de reducir la dimensión de los datos.

Este método presenta algunos inconvenientes, entre ellos es, la dificultad de recuperar los datos originales respecto de los datos proyectados, esto se debe a que su base de datos es no ortogonal.

### **2.4.3 DCT (Discrete Cosine Transform)**

La técnica DCT es una transformada de cosenos, la cual se representa como la suma de una secuencia finita, que se encuentra oscilando a diferentes frecuencias. Se utiliza en aplicaciones de procesamiento de señal, es por esta razón que se aplica en procesamiento de audio e imágenes, una de sus aplicaciones fundamentales es la de realizar el reconocimiento facial. (Abdallash, Abdallash, & Lynn, 2007)

### **2.4.4 PCA Análisis de componentes principales**

Transforma un número de variables posiblemente correlacionadas en un pequeño número de variables correlacionadas llamadas componentes principales, a través de una técnica no lineal que utiliza bajo coste computacional. En la sección 2.7. se explicará en detalle cual es la función de esta técnica y por qué se utilizó para este trabajo.

En la Tabla 2 se presentan las ventajas y desventajas de usar las diferentes técnicas como; Linear Discriminant Analysis (LDA), Locality Preserving Projections (LPP), Discrete Cosine Transform (DCT) y Principal Component Analysis (PCA) (Ruiz Aranibar, 2013).

**Tabla 2**

*Tabla de ventajas y desventajas de las técnicas LDA, LPP, DCT y PCA.*

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>LDA</b>	Fácil de aplicar especialmente si se tiene el programa informático.	Las suposiciones de normalidad e igualdad de varianzas no siempre se cumplen en las variables del modelo.
	Está disponible en muchos programas estadísticos.	La clasificación de nuevas observaciones no es muy eficiente a medida que se incrementa el número de variables.
<b>LPP</b>	Algoritmo lineal es rápido y útil para aplicaciones prácticas.	No puede recuperar los datos originales.
		Se entrena el sistema con N imágenes.
<b>DCT</b>	Bajo coste computacional.	Componentes no ortogonales.
	No necesita ser entrenado con imágenes.	
<b>PCA</b>	Menor coste computacional.	Necesita ser entrenado con imágenes.
	Componentes ortogonales.	
	Perdida mínima de información.	
	Facilita calcular el porcentaje de varianza proyectada.	

Fuente: (Hernández, 2010)

## 2.5 Confiabilidad de detección

Hoy en día existen varios algoritmos capaces de realizar la detección de un rostro, uno de estos algoritmos es el de Viola-Jones, el cual es utilizado frecuentemente en varias aplicaciones, esto, indica que el algoritmo es confiable y que carece de un acierto de detección bastante alto que corresponde a 99.1%. El algoritmo de Viola-Jones, carece

de un factor importante, debido a que puede detectar caras en imágenes de tamaño arbitrario, esto es bastante favorable ya que no se limita a una sola dimensión, no importa si la imagen es grande o pequeña, de igual manera no importa si el rostro está demasiado cerca o alejado de la imagen, igual va a poder detectar la cara. Esto se debe a que el algoritmo utiliza clasificadores tipo Haar (López, Valveny, & Vanrell, 2014), permitiendo realizar una detección multiescala.

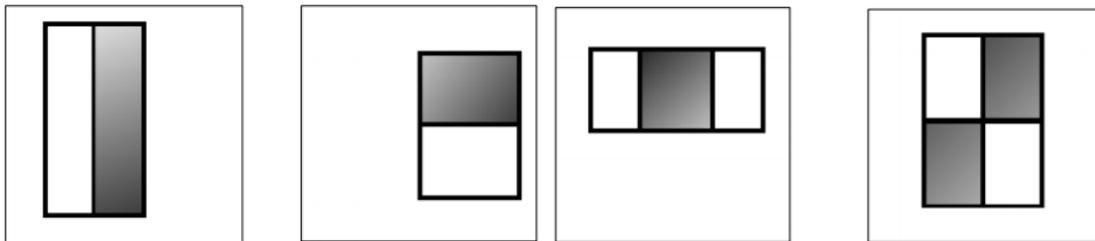
La principal ventaja de utilizar el algoritmo de Viola-Jones, es que es robusto, rápido y se puede aplicar en tiempo real. La rapidez que tiene se debe a que la clasificación se realiza mediante características y no pixel por pixel, ya que esto tomaría mayor tiempo, y también utilizaría mayor procesamiento. Existen trabajos realizados, los cuales se han tomado como base para este estudio, entre estos se tiene, “Reconocimiento de rostros basados en características invariantes” (Cruz Pérez, 2008), el cual realiza el reconocimiento de personas usando el algoritmo de Viola-Jones, la técnica PCA y la Kernel PCA (KPCA). El método utiliza una función que mapea los datos del espacio característico original a uno de mayor dimensionalidad, de esta forma un problema no lineal se traslada a uno lineal, los resultados muestran que KPCA tiene mayor porcentaje de acierto respecto a PCA, 66,67% y 96.67%, respectivamente.

### **2.5.1 Clasificador tipo Haar**

Los clasificadores de tipo Haar permiten hacer una asociación entre los conocimientos aprendidos y los nuevos, disminuye el coste computacional y permite obtener información de una zona concreta, provocando un ahorro de eficiencia y espacio

al momento de realizar el procesamiento, los clasificadores Haar toman principalmente tres tipos de filtros digitales, para detectar orillas, líneas y diagonal.

El valor de una característica de dos rectángulos es la diferencia entre la suma de los pixeles dentro de las regiones. Estas regiones tienen el mismo tamaño y la misma forma y son adyacentes vertical y horizontalmente. Una característica de tres rectángulos calcula la suma dentro de los rectángulos de las orillas y los resta de la suma del rectángulo del centro. Finalmente una característica basada en cuatro rectángulos calcula la diferencia entre los pares diagonales de los rectángulos, tal como se aprecia en la Figura 2.



**Figura 2** Característica de dos, tres y cuatro rectángulos.  
Fuente: (Delgado, 2012)

## 2.6 Ruido AWGN

El ruido se define como un parámetro que no se puede aislar por completo, pero si se puede disminuir su efecto, por medio de operaciones de filtrado.

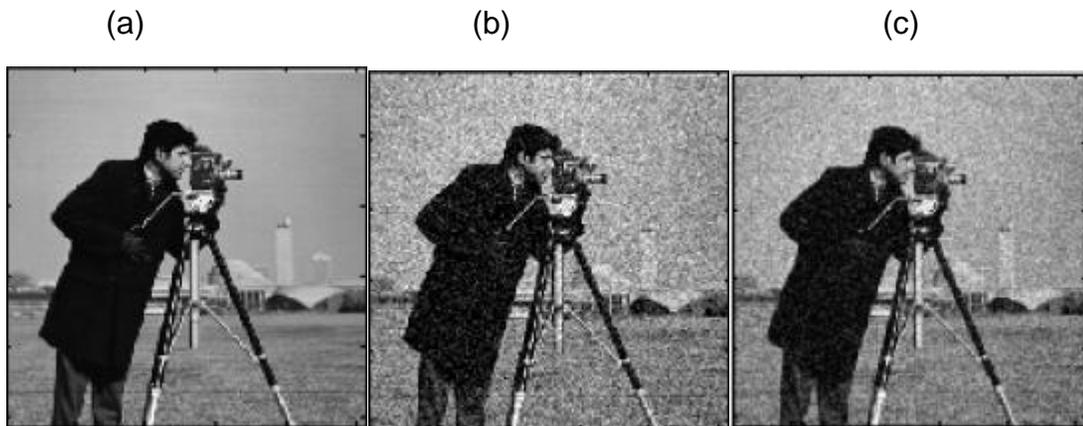
La operación de suavizado tiene por objetivo reducir el ruido y efectos de espurios, que se presenta en imágenes a consecuencia del proceso de captura, digitalización y

transmisión. Existen varios tipos de algoritmos capaces de reducir el ruido, como lo son los filtros lineales y no lineales.

### 2.6.1 Filtro Gaussiano

Su objetivo es suavizar la imagen, son útiles cuando se tiene una imagen con gran cantidad de ruido y se requiere eliminar. También se utilizan para resaltar la información correspondiente a una determinada escala (tamaño de la matriz) (Sigmur, 2017).

En la Figura 3 se observa tres imágenes, en donde (a) representa a la Imagen original, (b) Imagen con ruido gaussiano y (c) Filtro gaussiano. Se observa que al usar el filtro gaussiano, la eliminación del ruido es bastante buena y además emborrona los bordes.



**Figura 3** Simulación del Filtro Gaussiano (a) Imagen original (b) Imagen con ruido gaussiano (c) Imagen filtrada.

Fuente: (Otero & Guerrero, 2009)

De acuerdo a un estudio realizado por Paola Otero y Fredy Guerrero, demuestran que al aplicar el filtro Gaussiano con menor desviación estándar la imagen se aprecia de mejor manera, es decir la imagen tiene menor ruido (Otero & Guerrero, 2009).

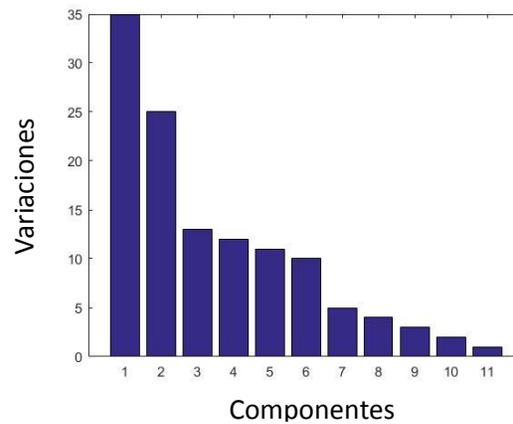
## **2.7 Reconocimiento de expresiones**

Tal como se observó en la sección 2.4. la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA), guarda ciertas ventajas frente a otras técnicas, para poder comprender cuál es la función de esta técnica, y cómo hace para clasificar y reducir las variables, se presenta un ejemplo.

El primer paso es reducir el tamaño de variables, en donde se clasifican cuales sirven y cuáles no, posterior a esto se representa de manera visual el resultado.

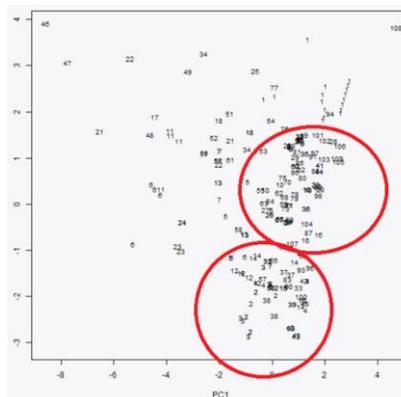
El ejemplo consiste en realizar el análisis, reducción y clasificación de herramientas compradas en una ferretería, en donde las componentes serian; orden de compra, año de compra, lote comprado, precio, peso, largo, ancho, alto, tolerancia, etc.

En la Figura 4 se puede observar la clasificación de las herramientas, las tres primeras componentes aglutinan la mayor varianza, por lo que podemos decir que son las componentes principales para realizar el análisis. Se podría decir que la primera componente principal representa las características de las piezas compradas mientras que la segunda componente principal representa las propiedades de la compra.

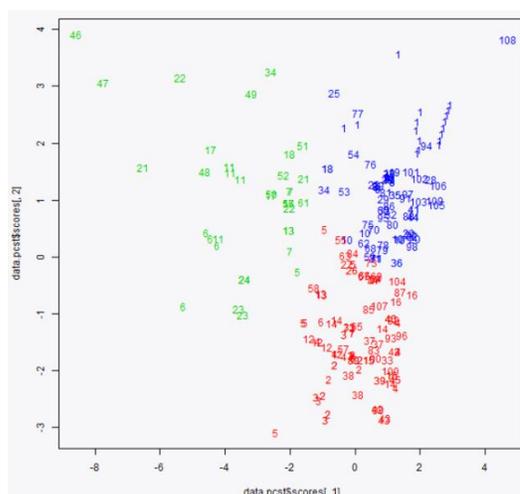


**Figura 4** Análisis de componentes Principales, ejemplo.  
Fuente: (LIS Solutions, 2015)

Una vez que se han obtenido los valores y se han representado, se procede a realizar el cálculo del análisis de componentes principales, para al final obtener un nuevo grafico en dos dimensiones, en la Figura 5 se muestra un ejemplo de la clasificación de variables, en el cual se aprecia de mejor manera un grupo de valores correspondientes a las muestras ingresadas, y también algunos valores que están fuera, llamadas componentes alejadas, estos valores no infieren con las componentes principales.



**Figura 5** Segmentación con respecto a las componentes principales.  
Fuente: (LIS Solutions, 2015)



**Figura 6** Clasificación por medio del algoritmo K-mean  
Fuente: (LIS Solutions, 2015)

En la Figura 6, se puede observar tonalidades de color azul, rojo y verde, las cuales corresponden al proceso de clasificación realizado por el Análisis de Componentes Principales, con la ayuda del algoritmo k-mean, el cual realiza el cálculo de la distancia más cerca respecto a sus k vecinos.

Los datos más pronunciados por su cercanía son los correspondientes a los colores azul y rojo, claramente se distingue que la mayor respuesta se encuentran ahí, si se desearía realizar un cálculo más profundo, se estudiaría el comportamiento de los datos en color verde, que obviamente son datos dispersos, pero tienen una razón de por qué están ahí y en esa posición.

El Análisis de Componentes Principales (PCA), primeramente es un método matemático, que es usado para clasificar y reducir el número de variables, de manera que se muestre el mismo resultado pero con pocas variables, es decir un promedio de toda la información que se tiene. Y de esta manera poder representar en un plano

bidimensional o tridimensional todas las componentes que se tenía en un inicio por medio de una matriz.

La ventaja que se tiene es alta, ya que el simple hecho de poder visualizar el resultado, hace que se entienda de una mejor manera, logrando así, proceder a realizar el mejor procedimiento, ahorrando costo computacional y tiempo.

Es decir, si se reduce el número de variables a dos o tres nuevas, se pueden representar los datos originales en el plano o en un gráfico de tres dimensiones, en donde, se visualiza de forma gráfica un resumen de los datos originales, tal como sucedió en el ejemplo antes mencionado, en la primera componente se representó las características de las piezas, mientras que en la segunda componente, las propiedades que guardan dichas piezas.

PCA puede considerarse como una transformada lineal de los datos en un nuevo sistema de coordenadas, consiguiendo de esta manera que los datos se proyecten en un nuevo eje de coordenadas, pasando a ocupar un papel principal los datos de covarianza, y poderlos relacionarlos de una mejor manera. (Cárdenas, 2011)

## 2.8 Aplicaciones

Al tratarse de una medida de reconocer emociones, las aplicaciones son diversas, ya que, hoy por hoy, existen empresas que desarrollan programas para el reconocimiento de expresiones faciales y de esta manera reconocer las diferentes emociones que tiene la persona, sin embargo este estudio fue realizado con un enfoque distinto a los ya existentes, buscando obtener un porcentaje de detección igual o mayor, con el uso de la técnica PCA, el algoritmo de Viola-Jones, la distancia euclidiana, un nuevo clasificador y diferentes bases de datos. Su aplicabilidad es amplia, desde empresas de marketing, que analizan la expresión mientras se mira la publicidad, e inclusive aplicaciones médicas donde se utiliza a personas que tienen autismo, ya que ante un estímulo ocasionado en el paciente se producen expresiones las cuales son estudiadas para ver el comportamiento que tiene el paciente.

Otra aplicación realizada es el control de acceso a estudiantes a la biblioteca de la Universidad Privada del Norte, la cual consiste en un sistema de reconocimiento facial, usando el algoritmo de Viola-Jones para la detección de rostros, el algoritmo se implementó en la plataforma de trabajo OpenCV, también cuenta con un base de datos de entrenamiento (Lezcano, 2013), la diferencia que tiene este trabajo con el presente estudio es que este trabajo se enfoca en el reconocimiento de rostros y no de expresiones faciales, la similitud que tiene es que los dos utilizan el algoritmo de Viola-Jones.

La biometría informática, es una rama en donde también abarca el reconocimiento de rostros, esta aplicación es destinada para empresas o industrias, en donde se requiere la restricción a personas no autorizadas, los métodos seleccionados para este estudio son:

la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA) y la Transformada Discreta del Coseno (DCT), en donde la técnica PCA, resulto ser la más favorable, ya que su procesamiento es más rápido, debido a que sus componente son ortogonales (Bertino & Orozco, 2016), para este estudio el enfoque primordial es el reconocimiento de rostros, lo que no sucede con el presente trabajo investigativo, lo que sí tienen en común, es la técnica utilizada para realizar el procesamiento de la imagen, la cual se realiza con la ayuda del Análisis de componentes principales (PCA).

En lo que abarca el campo de la medicina, se ha realizado estudios, en los que, se han utilizado, robótica terapéutica, aprendizaje social y procedimientos de inducción del estado de ánimo (MIP). Para este caso se ha utilizado un robot humanoide el cual es capaz de inducir emociones mediante el lenguaje corporal, dependiendo el estado de ánimo del paciente, con el fin de provocar reacciones positivas a los pacientes. (C & del Pobil, 2015)

## CAPÍTULO III

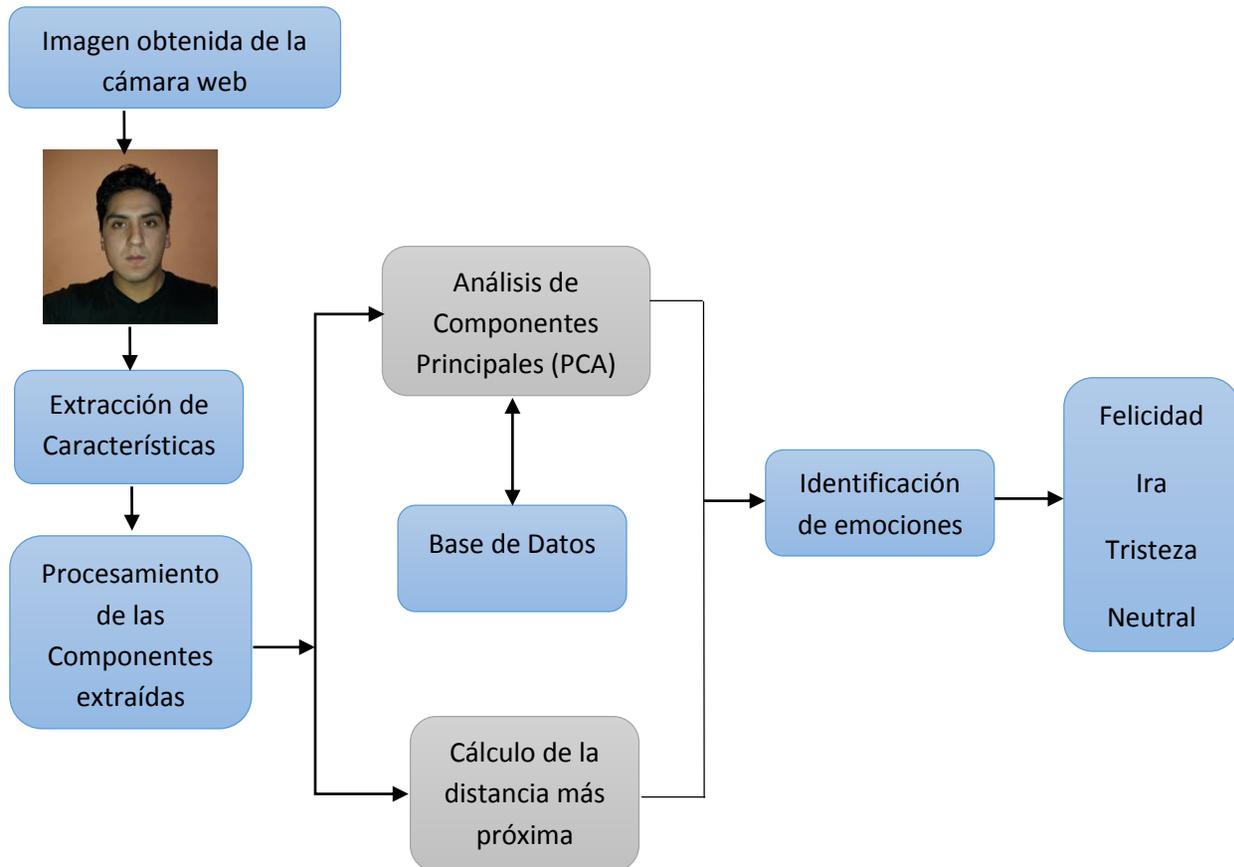
### METODOLOGÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

#### 3 Metodología

##### 3.1 Descripción general del proyecto de investigación

Con el propósito de identificar las cuatro emociones básicas que puede tener una persona, las cuales son; Felicidad, Ira, Tristeza y Neutral, se utilizó la cámara web de la Laptop HP modelo “envy x360”, para capturar la expresión del rostro del usuario y haciendo uso de los algoritmos PCA y Viola-Jones los cuales son encargados de realizar parte del procesamiento y análisis de comparación con la base de datos, siendo la función principal del algoritmo PCA la clasificación y segmentación de las componentes extraídas del algoritmo de Viola-Jones, finalmente el resultado obtenido se muestra en una interfaz gráfica implementada en el software de Matlab.

En la Figura 7 se muestra el diagrama de bloques del algoritmo implementado.



**Figura 7** Diagrama de bloques del método de identificación de emociones.

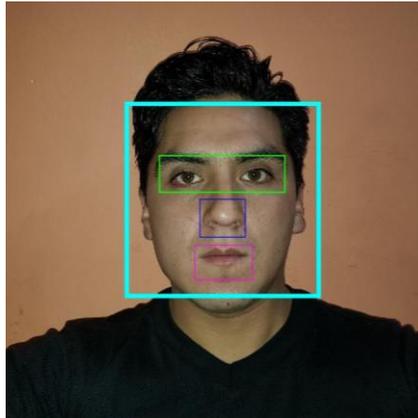
El presente proyecto de investigación consiste en el uso de la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA), el cual es utilizado para el reconocimiento automático de gestos faciales, su función principal es la de obtener un valor numérico entero, que corresponde a la distancia más próxima de la comparación entre la imagen de muestra con respecto a la base de datos, usando el software de Matlab, el cual es encargado de realizar todo el procesamiento de Imágenes.

Para la extracción de características se utiliza el algoritmo de Viola-Jones, el cual es encargado de extraer los componentes principales como lo son, la identificación del rostro, ojos nariz y boca. Para el propósito de este trabajo investigativo, se extrae los gestos correspondientes a las cejas, los ojos y la boca, ya que son las regiones donde se tiene mayor movimiento, se da prioridad a la boca, es decir dependiendo del gesto que tenga la boca, pasa a procesar cejas y ojos, para al final poder dar un resultado más verídico.

### **3.2 Extracción de Características (Viola-Jones)**

A continuación se presenta en detalle el desarrollo del algoritmo para la identificación de emociones a través del reconocimiento automático de gestos faciales, para lo cual primero se realiza la extracción de componentes del rostro, en este caso los ojos y la boca, cabe mencionar que la imagen de entrada se obtuvo por medio de la cámara web, la cual tiene una resolución de 1280x720 píxeles, estas muestras servirán para poder realizar el respectivo procesamiento, más adelante se explican las técnicas utilizadas para su posterior análisis de comparación con las bases de datos que se presentan en las Figuras 18 y 19.

En la Figura 8, se observa la detección del rostro, ojos, nariz y boca. Esto se lo consigue con el algoritmo de Viola-Jones, el cual nos permite separar los objetos para luego ser procesados. Se escogió este algoritmo ya que tiene ciertas ventajas, como el ser robusto, con tasa de detección muy alta y muy bajas tasas de falsos positivos.



**Figura 8** Extracción de ojos y boca.

Para extraer las componentes del rostro se ha tomado como herramienta computacional a MATLAB, ya que es un software matemático que ofrece en uno de sus entornos, el procesamiento de imágenes, por medio de un lenguaje de programación.

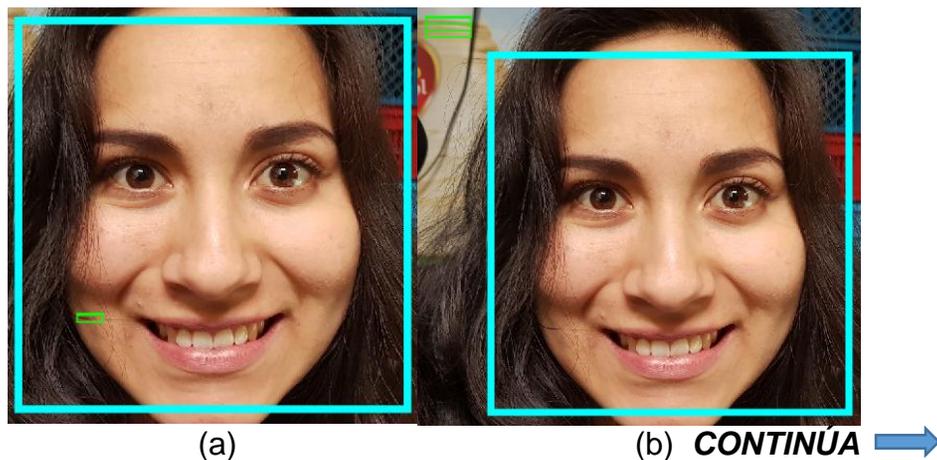
Las debilidades que se presenta al utilizar el algoritmo de Viola-Jones son: encontrar el margen más adecuado, que corresponde a la sensibilidad para detectar los objetos, ya sean, ojos, cejas o boca, esto depende de varios parámetros como lo es la iluminación, contraste y la calidad de la imagen, otra debilidad es que no detecta las cejas, estos temas serán abordados más adelante.

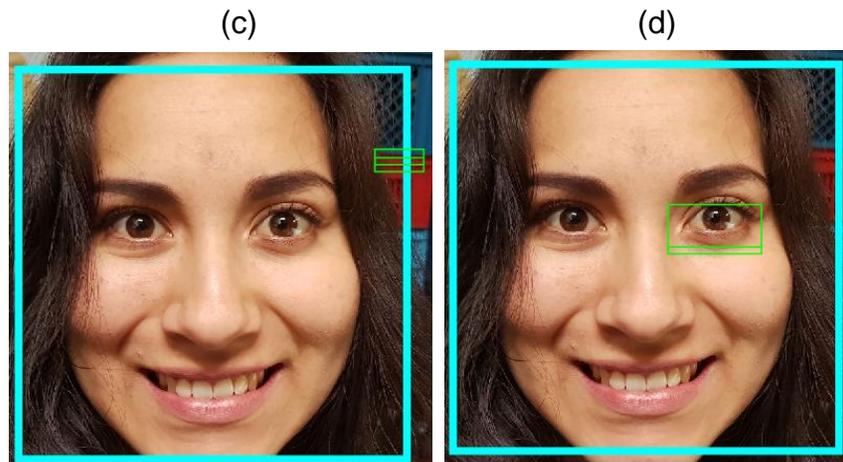
Si bien es cierto el algoritmo de Viola-Jones utiliza clasificadores tipo Haar, para propósito de este trabajo investigativo, se propuso un nuevo clasificador, con el fin de extraer solo las regiones que interesen, que para este caso son la boca, los ojos y las cejas.

### 3.2.1 Extracción del componente objeto (Boca)

Para poder identificar las diferentes emociones, es necesario recoger muestras para luego pasar a la etapa de comparación, en este apartado, se explica paso a paso el procedimiento que se hizo, para obtener una muestra exitosa. Por medio del algoritmo de Viola-Jones se logró la detección del objeto “boca”, sin embargo fue necesario añadir una etapa de filtraje, ya que no bastó con ajustar el margen de detección en el algoritmo de Viola-Jones, el cual es el encargado de variar la sensibilidad para detectar los ojos y la boca.

Tal como se muestra en la Figura 9, se puede apreciar que la detección de la boca no es correcta. En ciertos casos confunde el ojo como si fuera la boca, como sucede en el caso (d). Mientras que en otros casos la detección es inclusive fuera del área de detección del rostro, como lo es en el caso (b).





**Figura 9** Detección del objeto boca de forma errónea.

Se ingresó varios valores numéricos en el margen de detección del algoritmo de Viola-Jones, para la detección del objeto “boca”, los valores ingresados para el margen fueron los siguientes: 10, 15, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 160, 170, 180 y 190, como se presenta en la Tabla 3. Con el fin de obtener mayor porcentaje de segmentación de la boca, al variar el valor del margen de detección del algoritmo de Viola-Jones, valores que para ciertas imágenes, se ajustaban, mientras que para otras, tenía mayor error, inclusive al modificar el margen, ciertas imágenes que ya eran detectadas, aparecían con error.

El análisis que se presenta en la Tabla 3, se realizó con un total de diez rostros cinco imágenes correspondientes a un hombre y cinco a una mujer.

Fue necesario añadir un nuevo algoritmo de filtraje, que solucione los falsos positivos obtenidos del algoritmo Viola-Jones. Con ciertas restricciones, como por ejemplo que la boca no debe encontrarse fuera del área de detección del rostro, y también que su ubicación nunca debe ser por encima de los ojos.

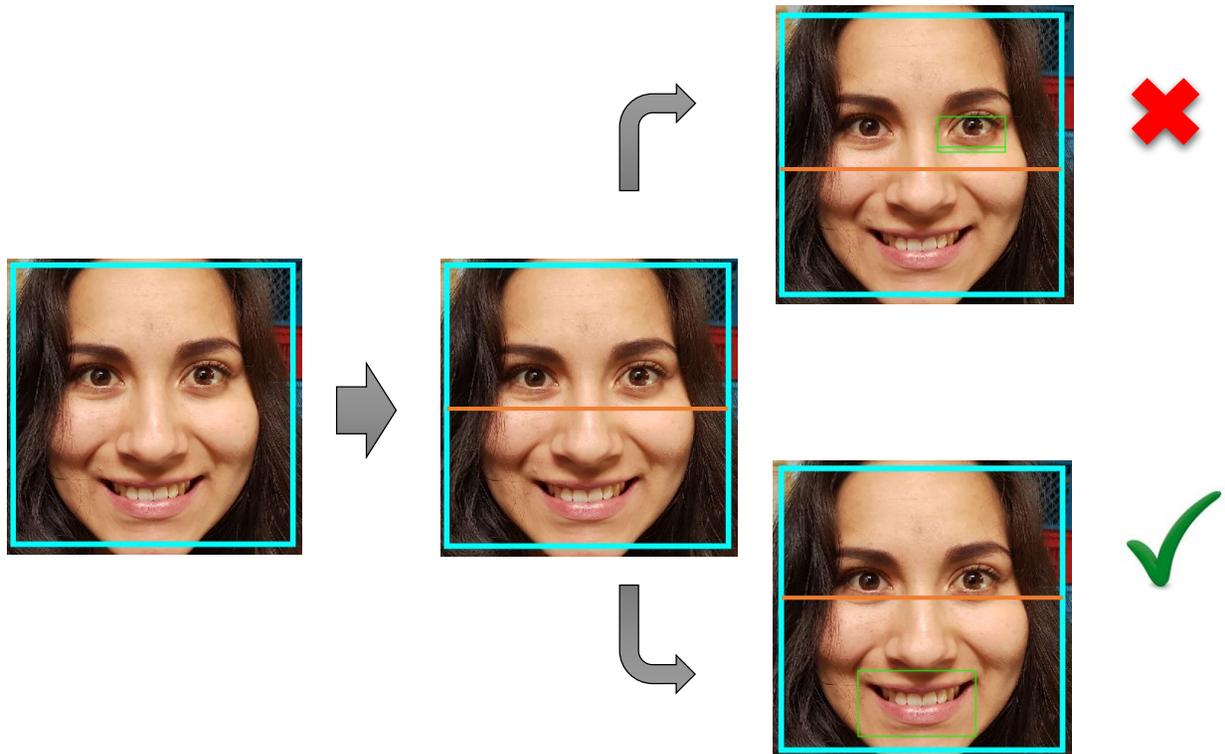
**Tabla 3***Tabla de Margen de Detección Boca*

<b>Margen de Detección</b>	<b>Segmentación de la boca (%)</b>
10	1
15	2
20	3
30	5
40	10
50	15
100	30
150	40
160	50
170	60
180	70
190	70

Una vez encontrado el valor numérico que correspondería al margen de detección del objeto “boca”, que para este caso sería de 180, ya que tiene un 70% de acierto en las imágenes detectadas, motivo por el cual se decidió por este valor, para la ejecución de este proyecto, se procede a implementar el nuevo algoritmo de filtraje, con el fin de aumentar el porcentaje de acierto en la detección del objeto “boca”.

Para solventar el problema de confusión entre el ojo y la boca, se dividió por la mitad el área del rostro detectado, como se presenta en la Figura 10, con esto se consiguió las coordenadas del punto medio del área de la imagen detectada, y por consiguiente se valida que la boca debe tener mayor magnitud, con respecto a las coordenadas del punto medio, en el eje y.

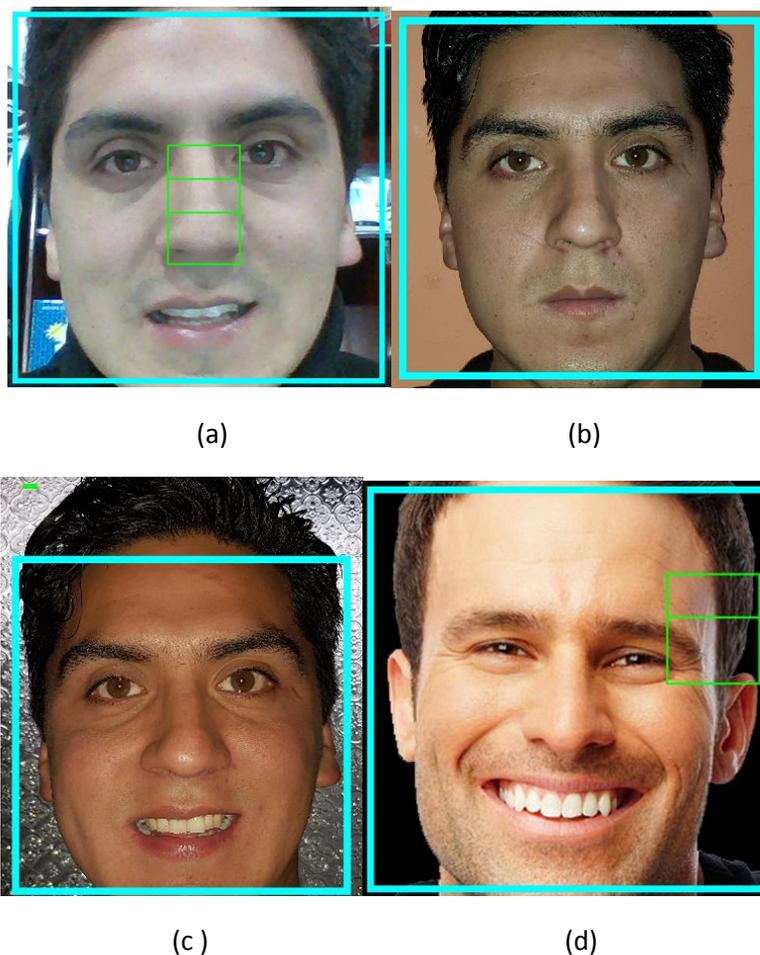
Mientras que en el caso que fuera menor no se grafique ni guarde la imagen, con esta validación el porcentaje de detección aumento a un 80%.



**Figura 10** Detección del objeto boca de forma correcta.

### 3.2.2 Extracción del componente objeto (Ojos)

Para el caso de la detección de los ojos, de la misma manera que en el caso anterior, se debe ajustar el valor numérico correspondiente al margen de detección, que en otras palabras es la sensibilidad que adopta el algoritmo de Viola-Jones para detectar los ojos. En la Figura 11 se puede apreciar los falsos positivos que da como resultado el algoritmo ante varios valores asignados al margen de detección. Para el caso (b) se utilizó un valor de margen igual a 3, para (c) un margen de 4, para (d) un margen de 6, mientras que para el caso (a) se ingresó un margen igual a 7.



**Figura 11** Detección del objeto ojos de forma errónea.

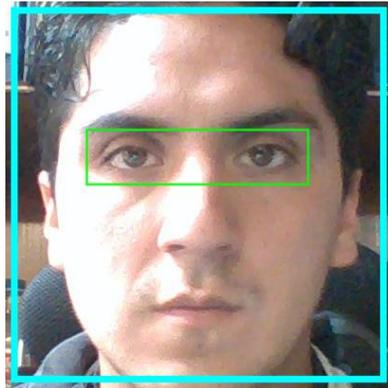
Al igual que en la detección de la boca, se busca el valor del margen más adecuado con respecto a la segmentación de los ojos, que para este caso fue un valor de 10, al ser un valor menor con respecto al de la boca, fue fácil encontrarlo, para este caso los valores que se utilizaron, para encontrar el valor numérico que se ajuste al mayor número de imágenes detectadas se muestran en la Tabla 4, cabe mencionar que los valores obtenidos, se realizó con la misma cantidad de muestras que se utilizó para el caso de la boca.

**Tabla 4**

*Tabla de Margen de Detección Ojos*

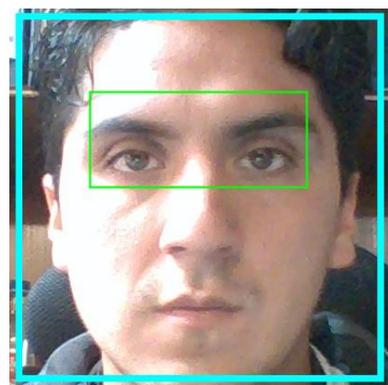
<b>Margen de Detección</b>	<b>Imágenes Detectadas (%)</b>
4	10
5	20
6	35
7	40
8	45
9	60
10	70
11	70

Una vez obtenido el valor numérico deseado, con un acierto del 70% en las imágenes procesadas, de igual manera se procedió a la implementación de un nuevo código para filtrar ciertos falsos positivos que no detecto el algoritmo de Viola-Jones, en la Figura 12 se refleja, una de las imágenes que el algoritmo de Viola-Jones detectó exitosamente, con esta nueva validación el porcentaje de detección aumento a un 80%.



**Figura 12** Detección del objeto ojo de forma correcta.

Tal como se puede apreciar en la Figura 12, el algoritmo de Viola-Jones detecta únicamente los ojos, para nuestro caso es necesario obtener también como muestra, las cejas, ya que el propósito del proyecto es el reconocimiento de gestos faciales, en donde el movimiento de las cejas juega un papel muy importante en el lenguaje corporal. Por consiguiente se extendió un 20% hacia arriba el área detectada, dando lugar a que las cejas formen parte de esta nueva región, como se presenta en la Figura 13.

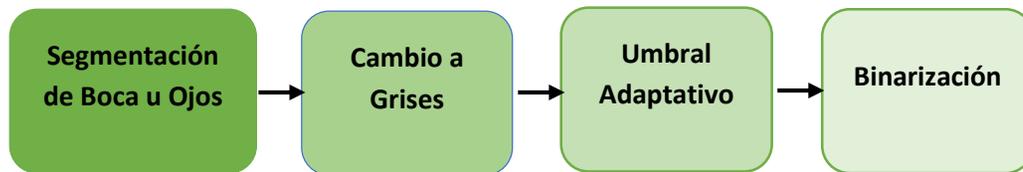


**Figura 13** Detección del objeto ojos y cejas.

### 3.3 Procesamiento de las Componentes Extraídas

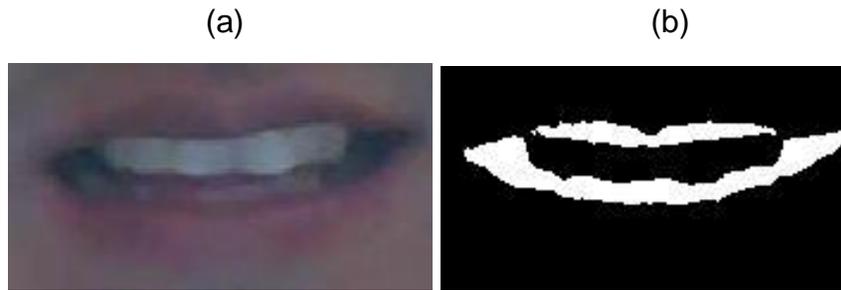
#### 3.3.1 Procesamiento del Objeto Boca

Es necesario convertir el componente extraído, en este caso la boca, a grises, ya que para este estudio, la presencia o ausencia de color, es indistinta, lo que importa es el contorno del objeto a ser procesado, además para pasar a la siguiente etapa, exige que la imagen este en grises para filtrar el ruido, tal como se aprecia en la Figura 14.



**Figura 14** Diagrama de bloques del Procesamiento de componentes extraídas

El paso siguiente es filtrar el ruido del componente objeto, es decir, la función principal es la de extraer los objetos que sean concatenados y de esta manera las porciones que sean pequeñas las elimine, dejando el componente objeto con menor ruido con respecto a la original, esto se consigue por medio del umbral adaptativo, el cual utiliza estadística de primer orden y es encargado de convertir la intensidad de la componente objeto en una imagen binaria, en el rango normalizado de 0 a 1. Esto se puede apreciar en la Figura 15 literal (b).



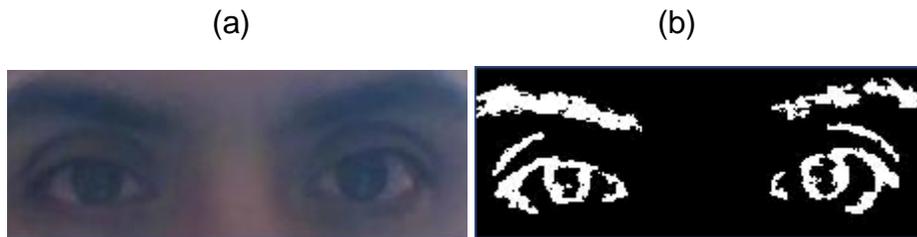
**Figura 15** Procesamiento del componente objeto boca.

De esta manera se consigue que la muestra sea lo más acercada a la realidad y con el menor ruido posible, a fin de que no exista confusión al momento de pasar a la etapa de comparación con la base de datos.

### **3.3.2 Procesamiento del Objeto Ojos**

Para obtener la componente objeto ojos, con el menor ruido posible, se realiza el mismo procedimiento que se hizo para el caso del componente objeto boca. De esta manera se garantiza que la nueva imagen binaria que tiene rango de 0 a 1, pueda pasar a la siguiente etapa sin ningún problema. Sin embargo se debe considerar que el procesamiento para este caso, debe ser más riguroso, ya que a diferencia de la boca, no es solo una región la que se debe extraer, sino que aquí, ya interviene dos cejas y dos ojos, por lo que se debe considerar 4 regiones, y no despreciar ninguna de ellas. En otras palabras tiene que ser más sensible al momento de realizar el filtraje y eliminación de ruido.

En la Figura 16 se puede apreciar el procesamiento que se ha realizado para la extracción de los ojos, en una nueva imagen binaria, de mismo tamaño.



**Figura 16** Procesamiento del componente objeto ojos.

### 3.4 Base de Datos

Durante la investigación previa del proyecto, se ha estudiado las diferentes bases de datos existentes que corresponden a expresiones faciales, las cuales algunas son de acceso público y otras no, en la Tabla 5 se observa las bases de datos investigadas de acuerdo a; cantidad de sujetos, cuantas expresiones y a que tipo corresponde cada una de ellas ya sean actuadas o espontaneas.

**Tabla 5**

*Tabla de Bases de Datos*

<b>Base de datos</b>	<b>Sujetos</b>	<b>Expresiones</b>	<b>Tipo</b>
<b>JAFFE Database</b>	10	7	Actuada
<b>Cohn-Kanade Database</b>	100	Gran rango	Actuada
<b>MMI Database</b>	53	Gran rango	Actuada/Espontánea
<b>FGNet Database</b>	18	7	Espontánea
<b>UTDallas-HIT</b>	284	11	Espontánea
<b>MIT-CBCL</b>	12	9	Espontánea
<b>BU-3DFE Database</b>	100	7	Actuada
<b>FABO Database</b>	23	Gran rango	Actuada

Como se observa en la Tabla 5, se puede concluir que para el caso de 10 personas que es la mínima y en su defecto 284 que es la máxima cantidad de personas, se puede deducir que no existe un estándar de una cantidad mínima de personas para establecer una base de datos.

El motivo por el cual se optó por crear una nueva base de datos, fue con el proposito de construir una base de datos de ojos y otra de bocas, ninguna de las bases de datos indicadas en la Tabla 5 se ajustan a estas condiciones, ya que las bases de datos de

acceso público, corresponden solamente a rostros de entre 7 a un gran rango de expresiones, mas no a muestras de bocas y ojos exclusivamente.

La resolución es muy importante, ya que para este estudio la detección es por medio de la cámara web de la laptop, donde la imagen captada, guarda ciertos parámetros tanto de resolución como de tamaño, la resolución que adoptan las imágenes son de 166 x 90 pixeles, es decir, la base de datos debe tener los mismos parámetros que la imagen a ser comparada, esto se explica en mejor detalle en el apartado 4.1.1

La nueva base de datos se encuentra dividida en dos partes, una que corresponde a las muestras de la boca, con una capacidad de 216 muestras y otra que está compuesta de 192 muestras que corresponden a las muestras de los ojos, con un total de 408 muestras, las cuales fueron extraídas de; doce mujeres, diez hombres y dos niños, un total de veinticuatro personas. Las bases de datos tanto de bocas como de ojos están compuestas entre Felicidad, Ira, Tristeza y Neutral, las cuales su función es de ser comparadas con el componente objeto ya sea boca u ojos.

Se han establecido ciertas restricciones mandatorias, con el fin de obtener un reconocimiento exitoso de la expresión generada, en donde las bases de datos mencionadas en la Tabla 5 no acogen algunas de estas restricciones, entre ellas se tiene por ejemplo, para el caso de Felicidad, tanto la boca como los ojos deben estar abiertos, ver Tabla 6.

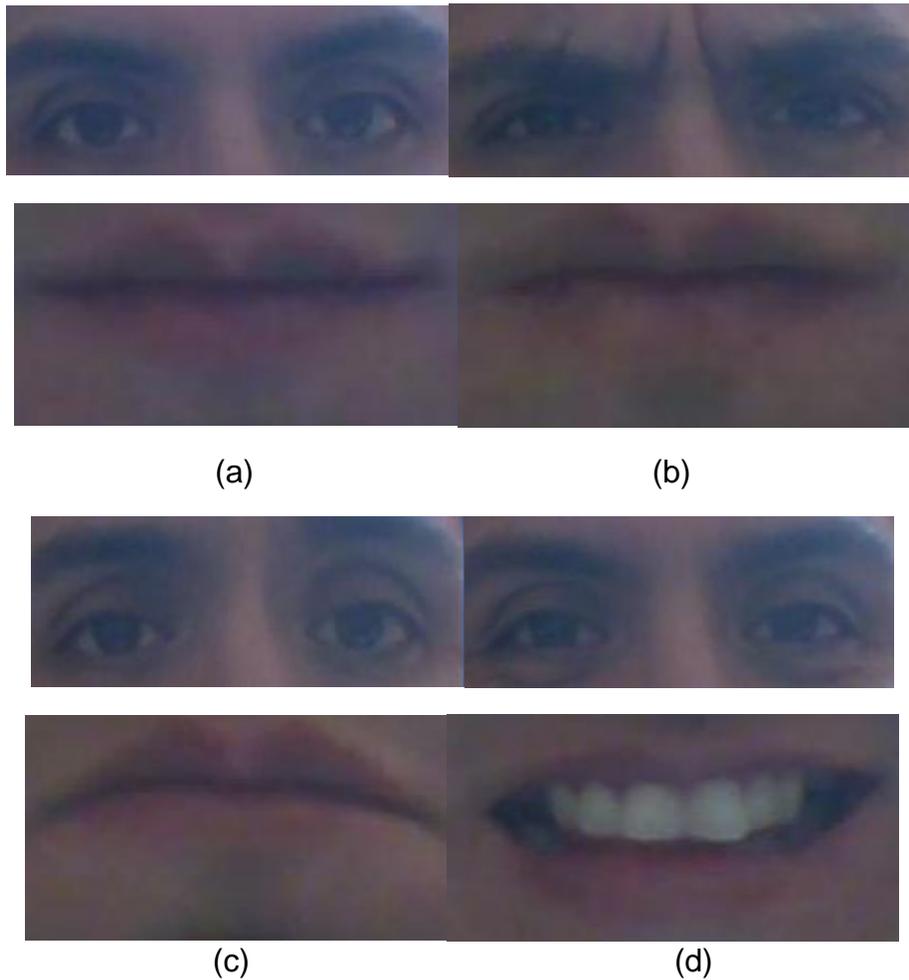
Si bien es cierto, según el lenguaje corporal no existe una sola forma de expresar su estado de ánimo, ya que tan solo para sonreír una persona lo puede hacer con los ojos cerrados o abiertos, de igual manera sucede con la tristeza, se puede representar tanto con los ojos y boca, cerrados o abiertos, es así, que para este proyecto, se plantearon ciertas restricciones mostradas en la Tabla 6, las cuales se debe acatar para que las expresiones que se ingresen sean reconocidas exitosamente.

**Tabla 6**

*Tabla restricciones establecidas*

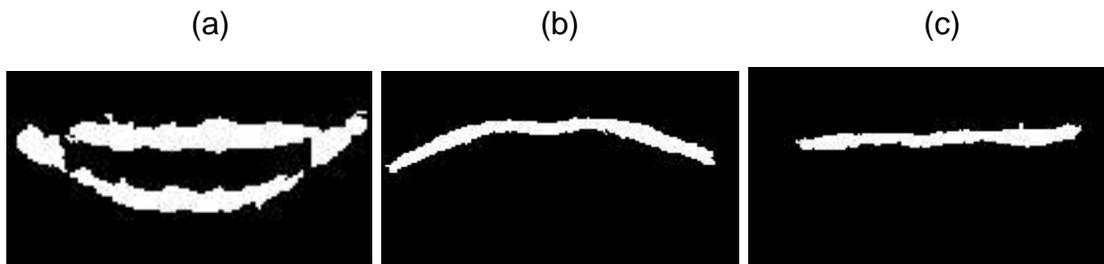
	<b>Boca</b>	<b>Ojos</b>
<b>Felicidad</b>	Abierta	Abiertos o Cerrados
<b>Ira</b>	Cerrada	Abiertos
<b>Tristeza</b>	Cerrada	Abiertos o Cerrados
<b>Neutral</b>	Cerrada	Abiertos

Para el caso de tristeza se puede abrir o cerrar los ojos, independientemente como el usuario lo desee, mientras que para los demás casos es mandatorio regirse a las restricciones establecidas. En la Figura 17 se observa cómo podrían ingresar las expresiones, tanto para el caso de Felicidad, Ira, Tristeza y Neutral.



**Figura 17** Expresiones Faciales (a) Neutral (b) Ira (c) Tristeza (d) Felicidad

En la Figura 18 se visualiza los tipos de muestras que contiene la Base de Datos Boca, siendo (a) Felicidad, (b) Tristeza y (c) Neutral o Ira.



**Figura 18** Tipos de muestras Base de Datos Boca (a) Felicidad, (b) Tristeza y (c) Neutral o Ira.

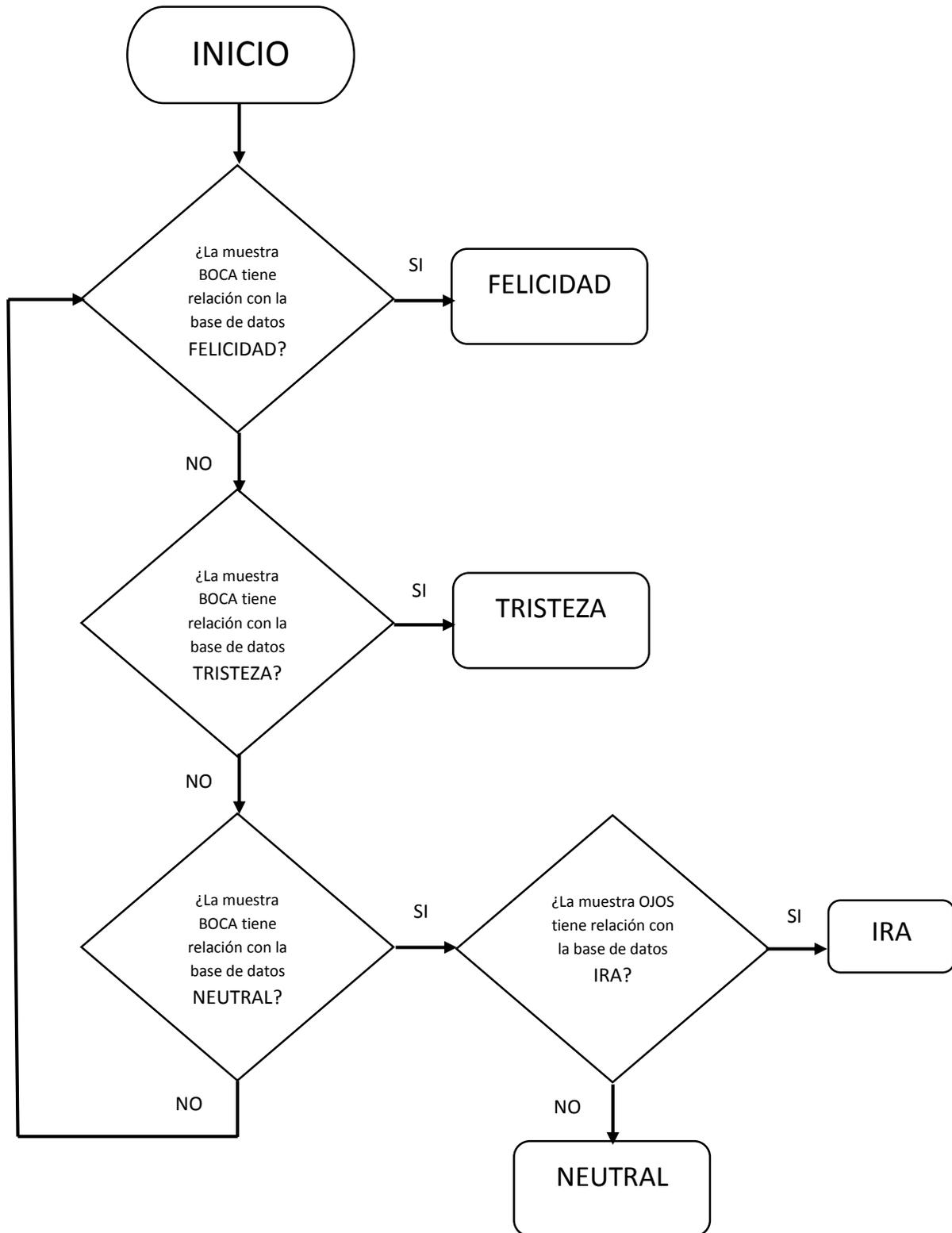


**Figura 19** Tipos de muestras en la Base de Datos Ojos (a) Felicidad o Neutral y (b) Ira.

Si bien es cierto que la base de datos boca tiene más muestras con respecto a la base de datos ojos, esto se debe a que en primera instancia el programa implementado, verifica, analiza y compara el objeto boca con la base de datos, para el caso de felicidad y tristeza el algoritmo implementado no necesita pasar a verificar los ojos, ya que como se observa en la Figura 18, las dos muestras son totalmente distintas, esto no sucede con el gesto de ira y neutral, es aquí donde la base de datos ojos juega un papel muy importante ya que compara los ojos con la base de datos y diferencia si corresponden a ira o a un gesto neutral.

Se tomó como primer punto de discriminación al componente boca, ya que su base de datos correspondiente tiene tres tipos de muestras, con un total de 216, tres por cada

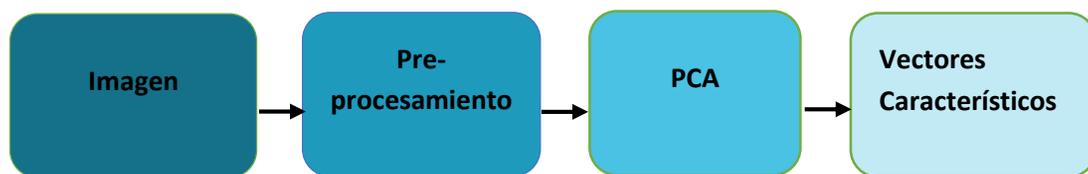
expresión, todas con las mismas dimensiones, las mismas que se observan en la Figura 18, siendo (a) Felicidad, (b) Tristeza y (c) Neutral o Ira, mientras que para el caso de la base de datos ojos, se tiene dos tipos de muestras, tres por cada expresión, un total de 192, de igual manera todas con las mismas dimensiones, tal como se aprecia en la Figura 19, siendo (a) Neutral y (b) Ira, es por este motivo que se tiene más muestras del componente boca ya que debe diferenciar bien una de otra, para luego pasar a comparar el componente ojos, con su respectiva base de datos, para finalmente dar un resultado valedero, en la Figura 20 se observa el Diagrama de Flujo, correspondiente al procedimiento que conlleva lo antes mencionado.



**Figura 20** Diagrama de flujo del algoritmo de detección en relación a la Base de Datos

### 3.5 Algoritmo Análisis de Componentes Principal (PCA)

Una vez que se tiene la imagen a ser analizada el primer paso que se realizó fue la binarización de la imagen, con el propósito de pasar a la etapa de pre-procesamiento, en donde se elimina el ruido, con el fin de tener una imagen solo del objeto a ser procesado, ya sea boca u ojos, cabe mencionar que tanto las muestras de la base de datos como la imagen que va a ser comparada, tienen la misma resolución de 166 x 90 píxeles, esto se debe a que se obtiene el promedio de cada imagen, pixel por pixel, por lo que una imagen no puede ser más grande que otra o viceversa. Teniendo en cuenta este detalle se puede pasar a la etapa de reducción de variables por medio de la técnica de Análisis de Componentes Principales (PCA) ver Figura 21, dando como resultado una matriz de 14940 x 190, vectores característicos.



**Figura 21** Diagrama input y output de PCA

La matriz que va a ser ingresada en (PCA), con el fin de obtener las componentes principales, corresponde a una matriz de 14940 x 216 píxeles. La cual se obtuvo por medio de;

Siendo;

Im: Dimensión de cada muestra correspondiente a la Base de Datos boca u ojos.

BBD: Total de píxeles en la base de datos Boca.

OBD: Total de píxeles en la base de datos Ojos.

$$I_m = 166 \times 90 = 14940 \text{ píxeles}$$

$$BBD = 14940 \times 216 \text{ píxeles}$$

$$OBD = 14940 \times 192 \text{ píxeles}$$

Antes de ingresar la matriz a (PCA), y teniendo en cuenta que cada fila corresponde a cada muestra de la base de datos, según sea el caso, 216 filas para la boca y 192 filas para los ojos, se procedió a obtener el promedio de cada píxel en la base de datos, guardando el mismo orden, de esta manera; *de la muestra 1 se toma el pixel 1, de la muestra 2 se toma el pixel 1.... de la muestra 216 se toma el pixel 1*, y así, sucesivamente con todos los píxeles, dando como resultado una matriz promedio  $P$ , de 14940 x 216 píxeles para la boca y 14940 x 192 píxeles para los ojos. Finalmente se resta la matriz original con la matriz  $P$  (ver Ecuación 1) y el resultado será el valor de entrada para (PCA).

$$\text{Input (PCA)} = \text{Matriz Original} - \text{Matriz } P$$

**Ecuación 1** Formula para PCA input

### 3.5.1 Extracción de Imagen a ser procesada

Para poder realizar el reconocimiento de gestos faciales ya sea Felicidad, Ira, Tristeza o Neutral, es necesario detectar el objeto a ser estudiado, el cual ya se mencionó en el apartado 3.2.1 y 3.2.2, una vez detectado es necesario eliminar el ruido y extraer la región que interesa, en este caso, boca u ojos, el cual ya se mencionó en el apartado 3.3.1 y 3.3.2, teniendo la base de datos correspondiente a boca y ojos, se procede a realizar el análisis y objetivo de este estudio.

El paso siguiente es extraer todas las muestras que corresponden a gestos neutrales, estos se encuentran etiquetados en la base de datos, se extraen estos gestos en particular, ya que esta es la base de comparación con los demás gestos. Posterior a esto, se cargan todas las imágenes que tiene la base de datos y se procede a realizar la comparación con los vectores característicos resultantes del procedimiento de (PCA). Una vez realizado este paso, con la ayuda de la distancia euclidiana, se tienen los valores necesarios para encontrar una similitud con la base de datos.

$$D.E.=\sqrt{(\text{Comp. Obj}' - \text{MuestraBD})' \times (\text{Comp. Obj}' - \text{MuestraBD})}$$

#### **Ecuación 2** Distancia Euclidiana

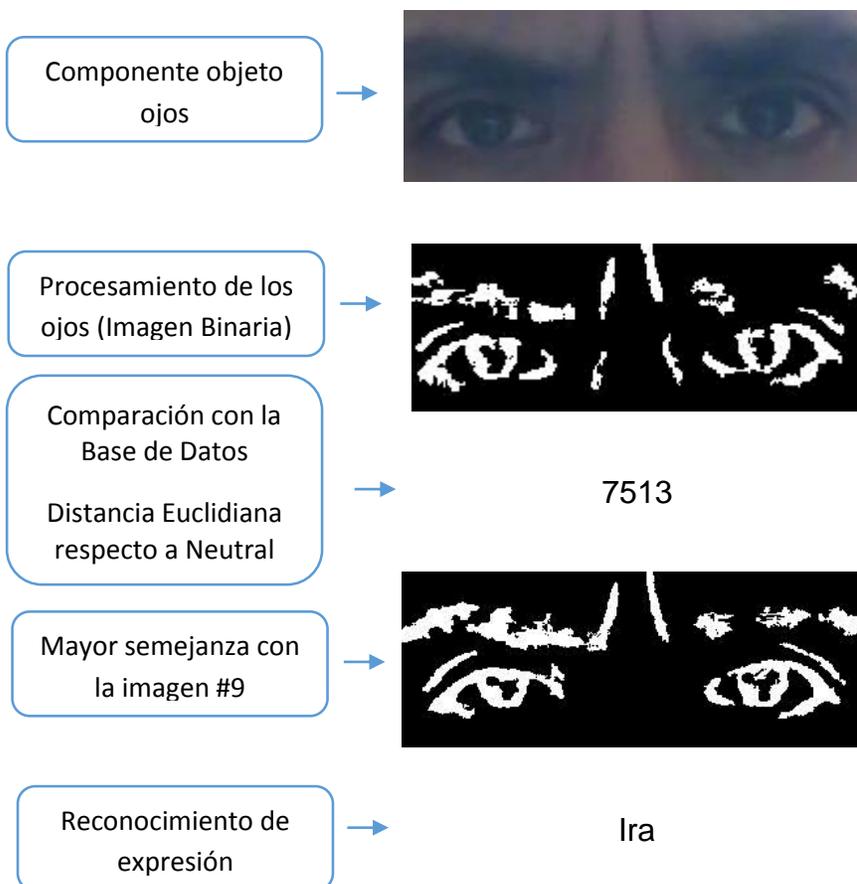
Siendo;

**Comp.Obj** : El componente objeto “boca u ojos” dependiendo el caso.

**MuestraBD** : Procedimiento PCA en función de la Base de Datos “boca u ojos” dependiendo el caso.

Estas comparaciones son medidas por medio de valores numéricos, los cuales sirven para poder saber que distancia tiene con respecto a la muestra neutral y de esta manera poder asociar con el gesto más adecuado. Tal como se muestra en la Figura 22, se puede observar que la distancia que tiene la muestra con respecto a la imagen neutral, corresponde a una imagen extraída de la base de datos ojos, con una distancia de 7513, la cual indica que el gesto es de Ira.

En base a este ejemplo, las distancias que se obtuvieron con los demás gestos; Tristeza, Felicidad y Neutral fue de 8524, 9278 y 7864, respectivamente, siendo la menor distancia la correspondiente a Ira.



**Figura 22** Reconocimiento de expresión Ira

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

#### **4 Análisis de Resultados Obtenidos.**

Como se pudo observar en el apartado anterior, se explicó detalladamente el proceso que conlleva la implementación del programa, es decir, se indicó como quedó finalmente el algoritmo, mientras que en esta sección se explicará los inconvenientes que se presentaron a lo largo de la ejecución del proyecto de investigación, así como, también las soluciones y pruebas que se hicieron, a fin de obtener resultados exitosos.

En un inicio, con el fin de hacer pruebas, las muestras corresponden a una persona y también a imágenes de uso libre, por fácil asequibilidad, con el propósito de empezar a crear una base de datos y encontrar falencias que estas tuvieren, a medida que la base de datos este más sólida el número de personas va incrementando a un total de 10 sujetos, surgieron inconvenientes, tales como; exceso de ruido en las muestras ya sean (boca u ojos), otro problema que se presentó fue la detección de las muestras, resultando a veces favorables y en otros casos nada favorables, e incluso en raras veces sin detección de ningún objeto, problemas de incompatibilidad en cuanto a dimensiones de la imagen, provocando en algunas ocasiones tiempos altos de ejecución, esto se debía a los diferentes tamaños que tenían las imagen, ya sean capturadas por la cámara web y las descargadas vía Internet, se solventaron estos inconvenientes, en donde más adelante se explica detalladamente, el proceso seguido. Luego de solventar el

inconveniente, se realizaron pruebas a diferentes sujetos; doce mujeres, diez hombres y dos niños, un total de veinticuatro personas, las cuales en un inicio algunos resultaban favorables y otros no, se solventó el inconveniente, agregando las muestra de ellos a la base de datos, a fin de aumentar la base de datos y tener un porcentaje mayor de acierto, finalmente las expresiones no favorables dieron resultados positivos.

En primera instancia con el proposito de calibrar la base de datos se realizaron 2 experimentos a fin de determinar características de imagen, resolución, iluminación y eliminación de objetos excedentes. Estas pruebas se realización a un mismo sujeto, en donde se tomaron 20 fotografías de cada emoción, 10 se destinaron a la base de datos y las 10 restantes sirvieron para hacer pruebas, logrando así tener al final una base de datos sólida, con muestras normalizadas.

Una vez que la base de datos se encuentra pulida se realizó dos experimentos, los cuales consistían en hacer pruebas, en donde, el primer experimento se realizó con un mismo sujeto, dando una tasa de detección del 80%, para este experimento se usó una base de datos de 40 muestras.

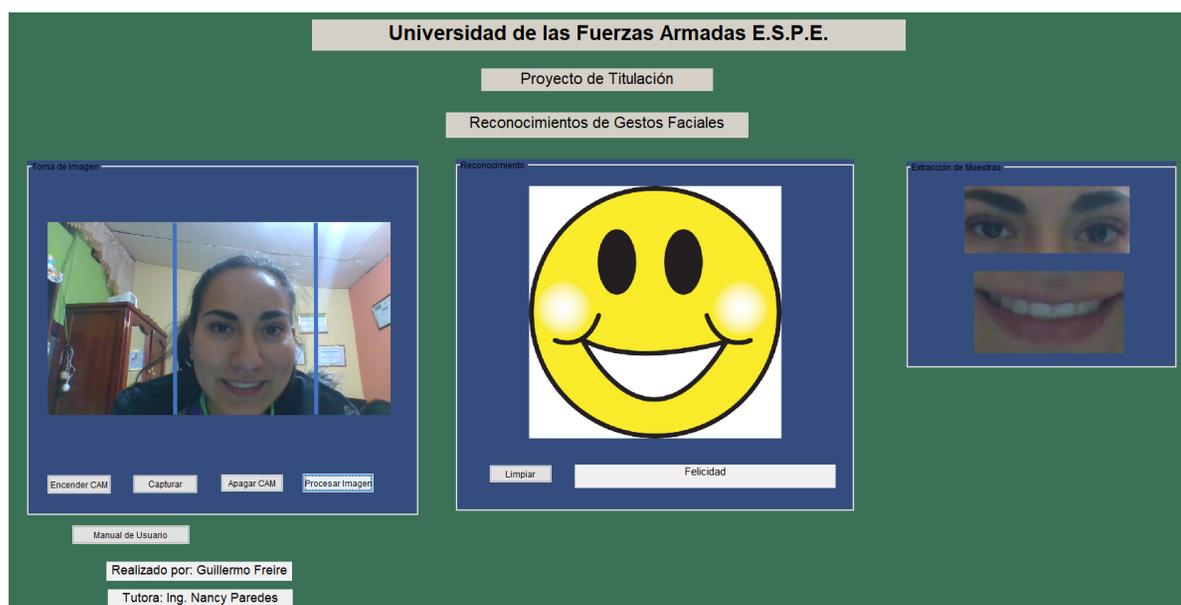
Para el segundo experimento se utilizó diez personas, usando una base de datos más amplia con un total de 408 muestras, dando como resultado, una tasa de detección del 84.24%, los cuales se detallan de mejor manera en el apartado 4.2.

Las pruebas de rendimiento efectuadas se realizaron con el hardware especificado en la Tabla 7.

**Tabla 7***Características del Hardware*

<b>Procesador</b>	<b>Intel Core i7-5500U CPU 2.40GHz</b>
<b>Placa de Video</b>	Intel HD Graphics 5500
<b>Cámara web</b>	HP Truevision HD
<b>Resolución</b>	1280x720
<b>Memoria RAM</b>	16.0 GB
<b>Sistema Operativo</b>	Windows 10
<b>Versión de Matlab</b>	R2016a

En la Figura 23 se muestra la interfaz gráfica del proyecto de investigación, identificación de emociones, demostrando el funcionamiento del mismo. En el cual se observa al usuario interactuando con el algoritmo implementado por medio de la Interfaz gráfica, que para este caso la expresión facial fue de Felicidad, en donde el programa extrae las componentes a ser comparadas, para al final por medio de un emoticon indicar cuál es el estado de ánimo del usuario. Cabe mencionar que el usuario debe posicionarse entre las líneas verticales de color azul, para conseguir una detección correcta del rostro.



**Figura 23** Interfaz gráfica del proyecto de Identificación de emociones

#### 4.1 Experimentos para determinar las características de la base de datos

El objetivo principal para tener una detección exitosa es cubrir toda el área que corresponde en este caso al componente boca, por consiguiente es necesario capturar todos los rasgos posibles, y de esta manera diferenciar entre los cuatro gestos (Felicidad, Ira, Tristeza y Neutral). A lo largo del proyecto, se presentaron varios inconvenientes, los cuales fueron solventados y se discuten a continuación.

##### 4.1.1 Calidad de la Imagen

El inconveniente inicial se presentó con la cantidad de píxeles y la calidad de la imagen, ya que con el propósito de hacer pruebas se tomaron muestras de diferentes dispositivos. La imagen del rostro de la persona se obtuvo por medio de varios

dispositivos móviles, entre ellos: Samsung S5, Samsung S7 edge y Samsung Note 8, con los cuales se tenía una buena imagen de alta calidad, ya que la resolución era de 12 Megapíxeles. Adicional a esto, también se tomó muestras desde la cámara incorporada en una laptop con resolución de 3 megapíxeles.

El problema que se presentó al tener varias imágenes con diferentes tipos de resoluciones, provocó que en algunas imágenes el algoritmo implementado no detecte correctamente los componentes del rostro y se requiera múltiples configuraciones.

El primer experimento para la pulir la base de datos, consistió en tomar 20 fotografías por emoción de un mismo sujeto con diferentes formatos, es decir con cámaras de distinta resolución, los dispositivos utilizados para este caso son: Samsung Note 8, Samsung S7, Samsung S5 y la cámara incorporada en el computador, 10 fotografías aleatorias de cada emoción fueron destinadas para la base de datos, mientras que las 10 restantes de cada emoción se destinaron para hacer pruebas, los resultados que se obtuvieron se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Resultados para un mismo sujeto y 4 emociones con diferentes resoluciones*

	<b>Felicidad</b>	<b>Ira</b>	<b>Tristeza</b>	<b>Neutral</b>	<b>Tasa de detección</b>
<b>Felicidad</b>	10%	50%	-	40%	10%
<b>Ira</b>	30%	<b>30%</b>	-	40%	30%
<b>Tristeza</b>	-	20%	<b>20%</b>	60%	20%
<b>Neutral</b>	50%	30%	-	<b>20%</b>	20%
<b>Media</b>	-	-	-	-	<b>20%</b>

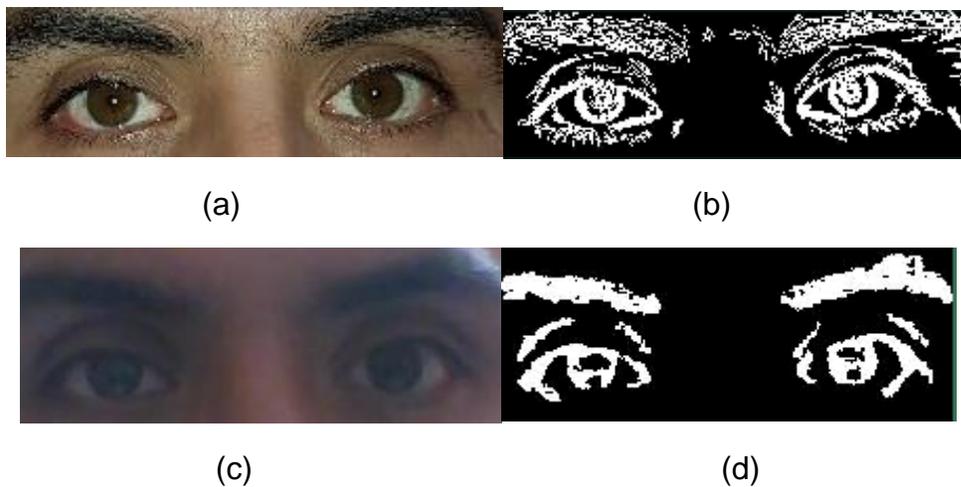
Como se observa la tasa de detección es muy baja es del 20%, esto se debe a la variación que existe entre las resoluciones que ofrecen los diferentes equipos utilizados, 3 dispositivos móviles y la cámara web del computador. El usar distintas resoluciones, provocó que la detección demore en algunos casos más, que en otros.

En la Figura 24 se muestra gráficamente lo expuesto anteriormente, la imagen (a) fue tomada desde el móvil Samsung Note 8 mientras que la imagen (b) representa a la cámara web incorporada en la laptop Hp modelo "Envy x360". La imagen (a) tiene un peso de 1,17 MB y una dimensión de 2160 x 2160, mientras que la imagen (b) tiene un peso de 67,2 KB y dimensiones de 1280 x 720. Al comparar las muestras (a) y (b) se puede apreciar que la imagen del lado izquierdo tiene mejor resolución que la imagen del lado derecho, al realizar el procesamiento, es decir pasar a grises, eliminar el ruido y finalmente pasar a tener una imagen binaria, las dos muestras son totalmente distintas, pese a que es la misma persona, esto se observa en la Figura 25, el ojo humano puede apreciar que no existe diferencia y podría reconocer que son los mismos ojos, pero al ser procesada, se presentan como dos imágenes totalmente distintas.



**Figura 24** Fotografía (a) Samsung Note 8 (b) cámara laptop HP

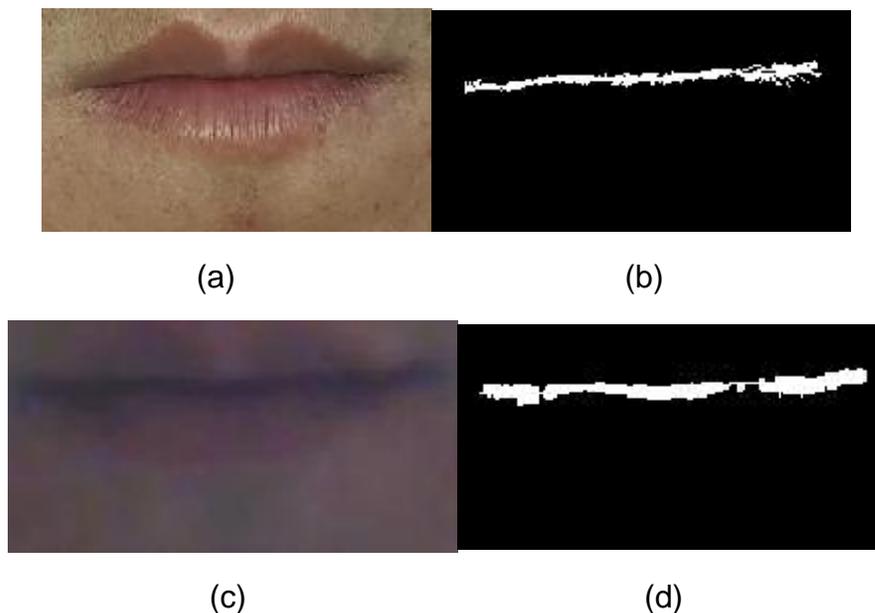
También se tiene el caso de imágenes que fueron descargadas de Internet con menor resolución, que la que se capturaba por medio de la cámara incorporada en la laptop, por lo que al pasar por la etapa de filtraje se perdían varios de los rasgos que eran importantes y que indicaban el estado de ánimo de la persona.



**Figura 25** (a y c) detección de los ojos (b y d) imagen binaria

Para el caso de la boca la diferencia que existía era mínima, no importaba si tenía mayor o menor resolución, esto se puede apreciar en la Figura 26, el problema está en el reconocimiento de los ojos.

En las Figuras 25 y 26 se representan los gestos de una expresión neutral de una misma persona, con la diferencia en las resoluciones aplicadas.



**Figura 26** (a y c) detección de la boca (b y d) imagen binaria

En relación a la resolución, para implantar un único algoritmo, se decidió utilizar un solo dispositivo para la recepción de la imagen. Se escogió la cámara web, debido a que es posible discriminar los gestos en boca y ojos con un menor tiempo de procesamiento.

El segundo experimento consistió en tomar 20 fotografías por emoción de un mismo sujeto, todas con la misma resolución de 166 x 90 píxeles, usando la cámara web, en

donde, 10 fotografías aleatorias de cada emoción fueron destinadas para la base de datos, mientras que las 10 restantes de cada emoción se destinaron para hacer pruebas, los resultados que se obtuvieron se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Resultados para un mismo sujeto y 4 emociones con la misma resolución y tamaño*

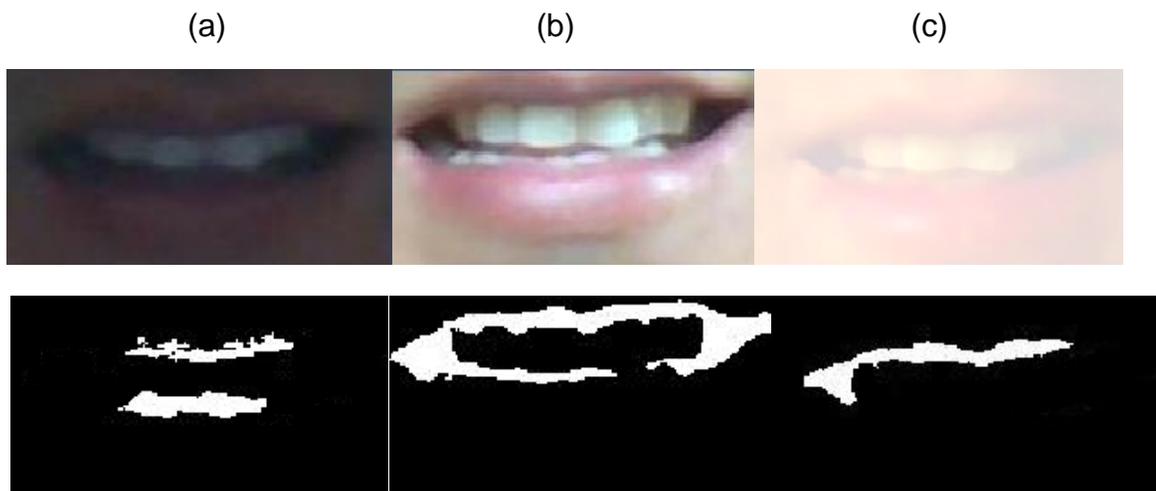
	<b>Felicidad</b>	<b>Ira</b>	<b>Tristeza</b>	<b>Neutral</b>	<b>Tasa de detección</b>
<b>Felicidad</b>	50%	30%	-	20%	50%
<b>Ira</b>	10%	60%	-	30%	60%
<b>Tristeza</b>	-	20%	60%	20%	60%
<b>Neutral</b>	10%	20%	-	70%	70%
<b>Media</b>	-	-	-	-	60%

La tasa de detección para este caso fue de 60% ya que las imágenes que se utilizaron fueron normalizadas tanto las que corresponden a la base de datos como también las imágenes de prueba.

#### 4.1.2 Intensidad de la muestra

La luminosidad y el contraste juegan un papel muy importante en la imagen, ya que no se debe exceder en luz y tampoco tiene que ser muy oscura la imagen, en ambos casos la información no es legible y al pasar por la etapa de filtraje no se podría extraer rasgos importantes, es por eso que se debe estar en una lugar neutral, se recomienda que la intensidad de luz sea en media de 300 lux.

En Figura 27 se muestran algunos casos de estos, para el caso (a) la imagen es muy oscura mientras que para el caso (b) la imagen procesada extrae la mayor parte de rasgos posibles. Finalmente en el caso (c) existe mucha iluminación por lo que no se puede obtener la mayor parte de rasgos.



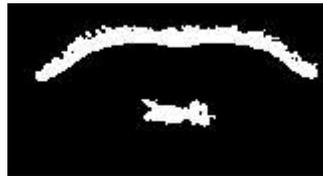
**Figura 27** (a) Ambiente oscuro, inferior a 90 lux (b) Ambiente normal, en una media de 300 lux (c) Ambiente muy luminoso, mayor a 400 lux.

Finalmente, las imágenes que eran menor a 90 lux y mayor a 400 lux fueron descartadas, debido a que no se podía extraer el objeto a ser comparado. Este procedimiento fue considerado en la base de datos con una media de 300 lux.

#### 4.1.3 Eliminación de ruido

Otro requerimiento que se presentó fue eliminar ciertas partes excedentes tales como líneas que se forman en la piel, entre los labios, la quijada y otras que se tiene en el contorno de la boca, de la misma manera en los ojos se forman las líneas de las ojeras

y otras que se forman entre las cejas, para este caso, todas aquellas líneas vienen a ser excedentes o ruidos, que se tienen que eliminar. En las Figuras 28 y 29 se muestran ejemplos de líneas excedentes.



**Figura 28** Componente objeto Boca (Tristeza) con un excedente.



**Figura 29** Componente objeto Boca (Felicidad) con un excedente.

En las Figuras 28 y 29 se puede notar visualmente que corresponden a tristeza y felicidad respectivamente, con la diferencia que tienen un objeto excedente, el cual se debe eliminar, debido a que, estos excedentes hacen que la muestra sea distinta, a la esperada.

La eliminación de estos excedentes se logra haciendo un análisis pixel por pixel, este procedimiento se basa en devolver  $n$  matrices, dependiendo del número de objetos que tenga la muestra, para el caso de la Figura 29, devuelve dos matrices binarias una con el objeto boca y otra con el ruido excedente, el proceso de seleccionar cuál de las

dos matrices tomar, se logra, obteniendo la cantidad de unos por matriz, de esta manera el que tenga menor número de unos, será descartada.

## 4.2 Experimentos realizados

Una vez que se validó la base de datos, se procedió a realizar el primer experimento y teniendo en cuenta tanto la eliminación del ruido como la intensidad de luz, eliminando los objetos excedentes y con una intensidad de iluminación de media 300 lux, la tasa de detección fue de un 80%, esto se puede apreciar en la Tabla 10, la cual se realizó al mismo sujeto de prueba del experimento 1, con la misma cantidad de muestras que en el experimento anterior, 40 en la base de datos. Cabe mencionar que para este experimento, las muestra con objetos excedente e imágenes con un valor mayor a 400 lux y menor a 90 lux, fueron descartadas. A fin de completar la base de datos, las imagen eliminadas fueron reemplazadas con unas nuevas, la cuales cumplan con estas condiciones.

**Tabla 10**

*Resultados para un mismo sujeto y 4 emociones, eliminación de ciertas partes excedentes*

	Felicidad	Ira	Tristeza	Neutral	Tasa de detección
Felicidad	90%	-	-	10%	90%
Ira	-	80%	-	20%	80%
Tristeza	-	20%	70%	10%	70%
Neutral	10%	10%	-	80%	80%
Media	-	-	-	-	80%

Una vez obtenido el 80% de tasa de detección para un solo sujeto, se optó por realizar un último experimento, el cual se realizó a un total de 10 personas, los cuales constaban en la base de datos, conformados por hombres, mujeres y niños, para este escenario se utilizó un total de 408 muestras, correspondientes a boca y ojos, 216 y 192 respectivamente. La tasa de detección que se obtuvo es de 84.24% esto se puede observar en la Tabla 11.

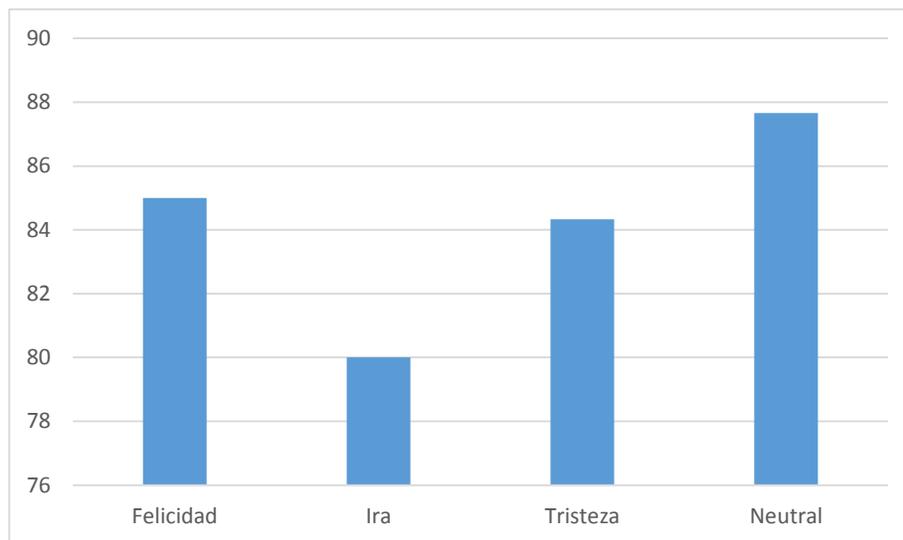
**Tabla 11**

*Resultados para 10 sujetos y 4 emociones con la misma resolución y tamaño*

	<b>Felicidad</b>	<b>Ira</b>	<b>Tristeza</b>	<b>Neutral</b>	<b>Tasa de detección</b>
<b>Felicidad</b>	85%	-	-	15%	85%
<b>Ira</b>	6%	80%	-	4%	80%
<b>Tristeza</b>	-	15.67%	84.33%	-	84.33%
<b>Neutral</b>	12.34%	-	-	87.66%	87.66%
<b>Media</b>	-	-	-	-	84.24%

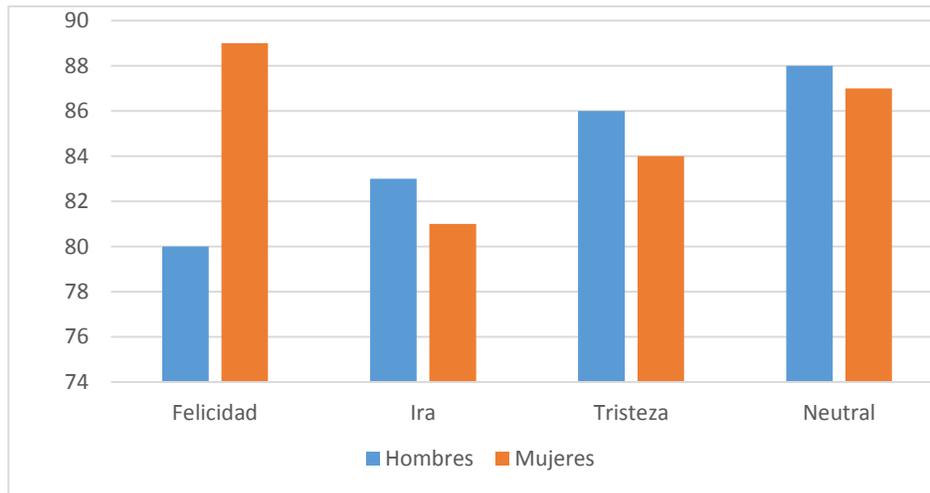
### 4.3 Análisis de resultados

Una vez que se han establecido las restricciones pertinentes y se han corregido a lo largo del proyecto, ciertos errores que han ido apareciendo y a la par se han solucionado, para poder lograr una tasa de detección del 84,24%, en la Figura 30 se observa en detalle la tasa de detección para cada emoción realizada a un grupo de 10 sujetos, en donde se aprecia que el valor más alto corresponde a la emoción Neutral con un 87,66%, mientras que la menor tasa de detección es la de Ira con 80%.



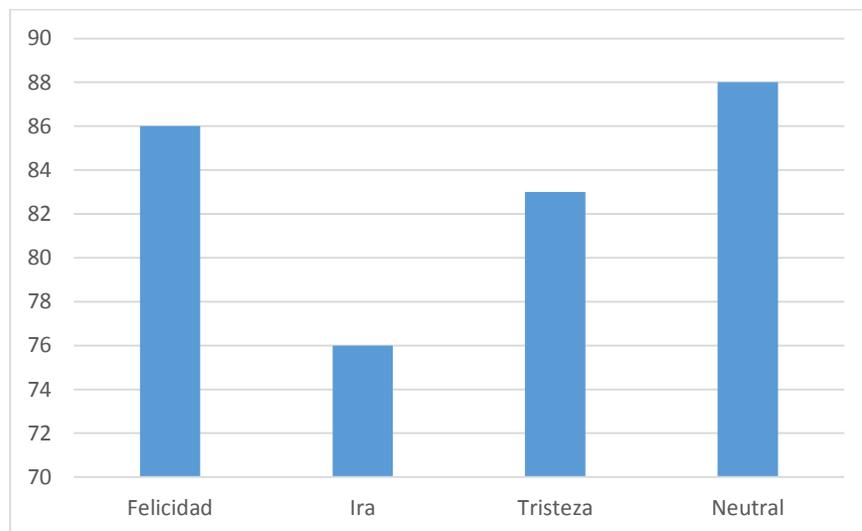
**Figura 30** Tasa de detección para cada emoción utilizando 10 sujetos

Se realizó la comparación de hombres versus mujeres en donde los valores se asemejaban, esto se puede apreciar en la Figura 31, para el caso de Ira, Tristeza y Neutral fue mayor la tasa de detección para los hombres, mientras que para el caso de Felicidad la tasa de detección fue mayor para las mujeres, según investigadores de las universidades de Florida y Colombia, descubren que el gen monoaminooxidasa (MAOA), encargado de regular la enzima que degrada a la serotonina y la dopamina. Cuando este gen se manifiesta poco, los niveles de estos neurotransmisores aumenta y como consecuencia mejor el estado de ánimo. (Mirón, 2016), se dice que las mujeres son más carismáticas que los hombres, esto se debe a que las mujeres tiene menor cantidad de gen monoaminooxidasa, que los hombres, es por este motivo que los hombres muestran un poco más de seriedad que una mujer.



**Figura 31** Tasa de detección para cada emoción Hombres y Mujeres

En la Figura 32 se observa la tasa de detección para cada emoción correspondiente a solo niños, en donde se aprecia claramente que la menor tasa de detección es la de Ira, esto se debe a que el algoritmo implementado es sensible a los rasgos que se producen al fruncir las cejas, los niños aun no tienen muy pronunciados estos rasgos.



**Figura 32** Tasa de detección para cada emoción de niños

Las pruebas realizadas tanto en los experimentos para calibrar la base de datos como los experimentos realizados, son personas que fueron ingresadas al entrenamiento de la base de datos, es por este motivo que la tasa de detección es de 84.24%, cabe mencionar que para personas que no entraron en el entrenamiento de la base de datos, los niveles de detección bajan, en algunos casos el programa detecta exitosamente la emoción del usuario no registrado, esto se debe a que existe una similitud con alguna imagen que se encuentra en la base de datos, la solución para este inconveniente es añadir las muestras respectivas del usuario nuevo, para poder tener resultados favorables.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5 Conclusiones y Recomendaciones

- Se logró realizar el reconocimiento de las cuatro expresiones básicas que puede tener una persona las cuales son; Felicidad, Ira, Tristeza y Neutral, por medio de la técnica de análisis de componentes principales (PCA) y con la ayuda de la distancia euclidiana se obtuvo la aproximación numérica que tiene más similitud con la detección captada.
- Se logró implementar un nuevo algoritmo capaz de tener mayor exactitud de detección en base a la optimización de algoritmo de Viola-Jones, esto se hizo posible dividiendo el área del rostro detectado en dos partes, en donde la parte superior es exclusivamente para los ojos, mientras que la parte inferior corresponde a la zona de la boca, de esta manera se consigue que no haya confusión al momento de detectar entre la boca y el ojo.
- Se logró elaborar una base de datos la cual está conformada por dos partes una que corresponde a muestras de la boca y otra que contiene muestras de los ojos. Las cuáles serán utilizadas para realizar la comparación de la expresión capturada por medio de la cámara web, que podrá ser usada en futuros trabajos.

- Se logró obtener una tasa de detección que es del 84,24%, para 10 sujetos entre hombres, mujeres y niños, considerando las restricciones indicadas en la Tabla 6. Con 408 muestras en la base de datos, que corresponden a muestras de boca y ojos, 216 y 192 respectivamente.
- Se logró realizar el programa acompañado de una interfaz gráfica, con la ayuda de Matlab, la cual es intuitiva y a la vez dinámica y fácil de utilizar. Adicional se tiene el manual de usuario, para conseguir una mejor manipulación del programa.
- Se recomienda, al momento de realizar la captura fotográfica acercarse a las dos líneas verticales paralelas de color azul, que se encuentran fijadas en la cámara web, con el fin de obtener mejores resultados.
- Se recomienda regirse a las restricciones establecidas para cada expresión, a fin de obtener buenos resultados, entre estas restricciones, para el caso de la expresión neutral tener los ojos abiertos y la boca cerrada.
- Se recomienda antes de manipular la interfaz gráfica, dar clic en el botón manual de usuario, de tal manera que la persona que va a utilizar el programa, tenga noción de para qué sirve cada uno de los botones.

## CAPÍTULO VI

### LÍNEAS DE TRABAJOS FUTUROS

#### 6 Líneas de Trabajos Futuros

- Como trabajo futuro principalmente se propone, aumentar la base de datos tanto de los ojos como de la boca, a fin, de que el programa sea más fiable, de tal manera que abarque un rango más amplio de personas, ya que para este caso de investigación, las muestras recogidas fueron de veinticuatro personas. Siendo doscientas dieciséis muestras que contiene la base de datos boca y ciento noventa y dos muestras para el caso de la base de datos ojos.
- Se propone como trabajo futuro tomar una muestra más para el reconocimiento de expresiones faciales, siendo este nuevo componente los rasgos que tiene la nariz.
- En cuanto a expresiones faciales, se propone aumentar una expresión más, ya sean emociones positivas, negativas o ambiguas, estas se presentan en la Tabla 1.
- Una vez culminado el trabajo de investigación se propone como trabajo futuro el estudio e implementación de nuevos filtros con el fin de eliminar el ruido y la extracción del componente a ser comparado, en escenas de mucha o poca iluminación.

- Como trabajo futuro se propone incrementar el número de personas usando lentes y barba, a fin de aumentar la base de datos y abarque un rango mayor de personas.

## CAPÍTULO VII

### 7 Bibliografía

- Abdallash, S., Abdallash, A., & Lynn, A. (2007). A New Face Detection Technique using 2D DCT and Self Organizing Feature Map. *Engineering and technology*, 26.
- Amirtharajan, R., Subrahmanyam, R., Prabhakar, P. J., Kavitha, R., & Bosco Balaguru, J. (s.f.). *MSB over hides LSB - A dark communication with integrity*. Thanjavur, India: SASTRA University.
- Arora, A., & Pratap Singh, M. (2016). Image Steganography Using Enhanced LSB substitution Technique. *Fourth International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing (PDGC)*, (pág. 4). Kurukshetra, India.
- Banafa, A. (06 de Junio de 2016). *¿Qué es la computación afectiva?* Obtenido de OpenMind: <https://www.bbvaopenmind.com/que-es-la-computacion-afectiva/>
- Barquero, F. (23 de Abril de 2016). *Computacion Afectiva*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/roy56rw7sgeq/computacion-afectiva/>
- Berastegi, J. (1 de Diciembre de 2018). *Inteligencia emocional*. Obtenido de Cómo se clasifican las emociones?: <https://blogs.eitb.eus/inteligenciaemocional/2008/12/01/%C2%BFcomo-se-clasifican-las-emociones/>
- Bertino, C., & Orozco, S. (2016). *Diseño de un Sistema Biometrico de Reconocimiento Facial en Tiempo Real*. Pereira: Colombia.
- Blanes, J. S., & Gorricho, J. L. (s.f.). *Técnicas de Evaluación de la Calidad de la Imagen. Tendencias y métricas basadas en bordes*.
- Burgos, P. (27 de Diciembre de 2013). *Programa Janus: el reconocimiento facial avanzado*. Obtenido de Mundo Digital: <http://www.mundodigital.net/programa-janus-el-reconocimiento-facial-avanzado/>
- Bustos, M., Hernandez, A., Vasquez, R., Hernandez, G., & Zatarain, R. (17 de Noviembre de 2016). *An educational recommender system by using emotions detection*. Obtenido de Gale Academic OneFile: <http://go.galegroup.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA464244242&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=fulltext&issn=16469895&p=AONE&sw=w&authCount=1&isAnonymousEntry=true>
- C, D., & del Pobil, A. (13 de Septiembre de 2015). *How important is body language in mood induction procedures with a humanoid robot?* Obtenido de IEEE Research: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7333697/?reload=true>

- Cárdenas, M. (16 de Mayo de 2011). *Analisis de Compondentes Principales*. Obtenido de Ciemat:  
<http://wwwae.ciemat.es/~cardenas/docs/lessons/PCA.pdf>
- Carvajal Gámez, B. E. (2008). *Técnica de Inserción de Información en Video aprovechando el mismo Ancho de Banda*. México D.F.
- Cole, E. (2003). *Hiding in Plain Sight Steganography*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Coltuc, D. &. (2007). Very fast watermarking by reversible contrast mapping. *IEEE Signal Process.*
- Cruz Pérez, C. (13 de Agosto de 2008). *Unirioja*. Obtenido de Dialnet:  
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjQ7qGanZLcAhXOMd8KHxWtDkiQFggmMAA&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4748282.pdf&usg=AOvVaw1wn6aNmUze8P1MVDLt9uGe>
- Delgado, M. (14 de Noviembre de 2012). *Extracción automática de*. Obtenido de upcommons:  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15485/78399.pdf>
- Departamento de Computacion. (28 de Octubre de 2015). *Ruido y Filtrado*. Obtenido de Departamento de Computación:  
<http://www.dc.uba.ar/materias/t1/2015/c2/archivos/ClaseRuidoFiltrado2C2015.pdf>
- Díaz, C., & del Pobil, A. (31 de Agosto de 2015). *How important is body language in mood induction procedures with a humanoid robot*. Obtenido de IEEE Xplore:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7333697/>
- EcuRed. (25 de Marzo de 2008). *Que es la distancia Euclidiana*. Obtenido de EcuRed:  
[https://www.ecured.cu/Distancia\\_eucl%C3%ADdea](https://www.ecured.cu/Distancia_eucl%C3%ADdea)
- Gambhir, A., & Sibaram, K. (2016). Integrating RSA Cryptography & Audio Steganography. *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)* (pág. 4). Greater Noida, India: Galgotias University.
- García Cano, D. (2004). *Análisis de herramientas estaganográficas*. Leganés.
- Guevara, M., Echeverry, J., & Urueña, W. (2008). Detección de Rostros en Imágenes Digitales usando Clasificadores tipo Haar. *Scientia et Technica*, 1-8.
- Guevara, M., Echeverry, J., & Urueña, W. (19 de Julio de 2008). *Scientia et technica*. Obtenido de Detección de rostros en imágenes digitales usando clasificadores en cascada:  
<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3679>
- Hernández, R. (2010). *Estudio de Técnicas de Reconocimiento Facial*. Barcelona: BCN.

- Kempf, J.-B. (s.f.). *VLC engine relicensed to LGPL*. Obtenido de <https://www.videolan.org/press/lgpl-libvlc.html>
- Lezcano, F. (2013). Desarrollo de una aplicación inteligente basada en reconocimiento facial para controlar el acceso a la biblioteca. *REFI UPN*, 1-6.
- Lis, S. (28 de Agosto de 2015). *Algoritmo PCA: de lo complejo a lo sencillo*. Obtenido de Lis Solutions: Algoritmo PCA: de lo complejo a lo sencillo
- López, A., Valveny, E., & Vanrell, M. (23 de Noviembre de 2014). Cascada de Clasificadores. Obtenido de *coursera*: <https://es.coursera.org/lecture/deteccion-objetos/l5-5-cascada-de-clasificadores-pRnHu>
- Martínez, A. (2015). Sistema de Reconocimiento de Emociones Faciales. *TFG EN INGENYERIA*, 1-13.
- Martinez, D., Loaiza, H., & Caicedo, E. (2011). Una propuesta para incrementar por. *Ingeniería y Ciencia*, 116.
- McColl, D. (12 de Febrero de 2016). *Classifying a Person's Degree of Accessibility From Natural Body Language During Social Human-Robot Interactions*. Obtenido de IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7406759/>
- Microsoft. (14 de Mayo de 2016). *Microsoft*. Obtenido de Microsoft Speech: <https://developer.microsoft.com/es-es/windows/speech>
- Mirón, V. (5 de Julio de 2016). Las mujeres somos genéticamente más felices que los hombres. Obtenido de *Nueva Mujer*: <https://www.nuevamujer.com/tu-vida/2016/07/05/mujeres-geneticamente-mas-felices-que-hombres.html>
- Moher, S. H. (2007). *Analog & Digital Communications. Second Edition*. JOHN WILEY & SONS, INC.
- Navarro, P. (12 de Junio de 2014). *Todo Lo Que Deberías Saber Sobre el Lenguaje Corporal*. Obtenido de Habilidad Social: <https://habilidadesocial.com/el-lenguaje-corporal/>
- Otero, P., & Guerrero, F. (2009). *Análisis de señales con ruido AWGN y filtrado*. Madrid: BNC.
- Paez, M. (24 de Octubre de 2017). *Computación Afectiva*. Obtenido de Ruis Healy Timnes: <http://www.ruizhealytimes.com/ciencia-y-tecnologia/computacion-afectiva>
- Palacios, J. (14 de Mayo de 2010). *Cinco signos de que nos mienten*. Obtenido de Jerónimo Palacios & associates: <https://jeronimopalacios.com/2010/05/5-signos-de-que-nos-mienten/>
- Pale, M., & Ramírez, J. (21 de Abril de 2016). Análisis del reconocimiento de la expresión facial emocional en niños y adolescentes Mexicanos. Obtenido de *Psicología y Educación*: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6349994.pdf>

- Parra, E. (27 de Abril de 2015). *Aceleración del algoritmo de Viola-Jones mediante rejillas de procesamiento masivamente paralelo en el plano focal*. Obtenido de Universidad de Sevilla: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/30319>
- Pérez, T. (9 de Enero de 2018). *Emociones, informática y Dios: los intereses de una ingeniera (de Rosalind W. Picard)*. Obtenido de mujeres con ciencia: <https://mujeresconciencia.com/2018/01/09/emociones-informatica-y-dios-los-intereses-de-una-ingeniera/>
- Rosas, J. E. (17 de marzo de 2012). *Como identificar una sonrisa verdadera*. Obtenido de Knesix Institute: <https://knesix.institute/como-identificar-una-sonrisa-verdadera/>
- Rossmann, M. R. (2014). El Espectro de Frecuencias. *Cultura, Ciencia y Tecnología. ASDOPEN-UNMSM*.
- Ruiz Aranibar, G. (10 de Noviembre de 2013). Análisis Discriminante. Obtenido de *Revista Varianza*: [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S9876-67892013000100002&script=sci\\_arttext](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S9876-67892013000100002&script=sci_arttext)
- Rule, N., & Ambady, N. (25 de Marzo de 2016). *Guide to Reading Microexpressions*. Obtenido de Science of People: <https://www.scienceofpeople.com/guide-reading-microexpressions/>
- Sigmur. (26 de Octubre de 2017). Técnicas de filtrado . Obtenido de UM: [www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema06.pdf](http://www.um.es/geograf/sigmur/teledet/tema06.pdf)
- Singh, S., Sharma, V., & Jain, K. (4 de Septiembre de 2015). *EDBL - algorithm for detection and analysis of emotion using body language*. Obtenido de IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7375234/>
- Softonic.com. (2007). *Resolución e iluminación*. Obtenido de Softonic.com: <https://imageroavi.softonic.com/>
- Sugathan, S. (2016). *An Improved LSB Embedding Technique for Image Steganography*. India: Siemens Healthcare Pvt. Ltd.
- Tayel, M., Gamal, A., & Shawky, H. (s.f.). *A Proposed Implementation Method of an Audio Steganography Technique*. Egypt: Alexandria University.
- Torres, S. (23 de Abril de 2005). *Reducción del ruido en una imagen integral*. Obtenido de Universidad de Jaen: <http://www4.ujaen.es/~satorres/practicas/practica2.pdf>
- Viedma, C. (11 de Septiembre de 2016). *¿Qué es la computación afectiva? ¿Nuevo método de aprendizaje en niños?* Obtenido de SerPadres: <https://www.serpadres.es/3-6-anos/educacion-desarrollo/articulo/que-es-la-computacion-afectiva-nuevo-metodo-de-aprendizaje-en-ninos-731480952471>