



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD. GUZMÁN**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS  
DE LA COMPUTACIÓN**

**TESIS**

**TEMA:**

**ASESOR VIRTUAL EN EL ÁREA DE COSMETOLOGÍA  
MEDIANTE TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**PRESENTA:**

**I.S.C. JAIR EMMANUEL FERNANDEZ TERRONES**

**DIRECTORES:**

**M.C. María Eugenia Puga Nathal  
Dr. Ismael Edrein Espinosa Curiel  
M.C. Rubén Zepeda García**

**CD. GUZMÁN JALISCO, MÉXICO, AGOSTO DE 2018**

Cd. Guzmán, Jal. a 09/Agosto/2018

Oficio No. DEPI/57/18

ASUNTO : AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

**C. JAIR EMMANUEL FERNÁNDEZ TERRONES**  
**N.C. M16290030**

En cumplimiento con el documento normativo de las disposiciones para la operación de estudios de posgrado del Tecnológico Nacional de México y con base en la aprobación del Comité Tutorial comisionado para su revisión; la División de Estudios de Posgrado e Investigación le otorga la autorización de impresión de su trabajo de tesis intitulado:

**“ASESOR VIRTUAL EN EL ÁREA DE COSMETOLOGÍA MEDIANTE TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL”**

dirigido por la **M.C. María Eugenia Puga Nathal**, desarrollado como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias de la Computación, de acuerdo al plan de estudios MCCOM-2011-05.

Sin otro asunto en particular, quedo de usted.

**ATENTAMENTE**



**DR. HUMBERTO BRACAMONTES DEL TORO**  
**JEFE DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



S.E.P. TecNM  
INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE CD. GUZMÁN  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E  
INVESTIGACIÓN

C.p. Archivo



Av. Tecnológico No. 100 C.P. 49100 A.P. 150  
Cd. Guzmán, Jal. Tel. Conmutador (341) 5 75 20 50  
[www.itcg.edu.mx](http://www.itcg.edu.mx)



[www.itcg.edu.mx/Sistemas de Gestión/Calidad](http://www.itcg.edu.mx/Sistemas de Gestión/Calidad)

## **Resumen**

Con el paso del tiempo el maquillaje se ha vuelto una profesión compleja que requiere cierto nivel de análisis y observación para adaptar las técnicas de acuerdo al tipo de piel, la forma del rostro, etc. Este nuevo alcance que tiene hoy en día el maquillaje y las técnicas que utiliza han permitido dar al rostro un aspecto más natural que se adapta a la edad y a cada una de las circunstancias, realzando sus rasgos, pero respetando siempre su estilo y personalidad.

En la actualidad el maquillaje se ha transformado en un elemento indispensable en el cuidado personal, ya no se trata de pintar el rostro sino de aplicar colores, sombras y relieves para potenciar la belleza natural del rostro. Es decir que mediante el maquillaje es posible realzar la armonía, las proporciones y el equilibrio del rostro, proporcionando un aspecto cuidado, luminoso y bello.

Frecuentemente, las personas le dedican gran parte de su tiempo y dinero en verse bien apoyado por expertos en belleza. En los últimos años, el automaquillaje ha cobrado relevancia y las personas están aprendiendo como arreglarse solas. Actualmente, las principales formas de asesorías para aprender a auto maquillarse son videos de Internet o aplicaciones que guían en el proceso de colorimetría; sin embargo, estas herramientas no ofrecen soluciones personalizadas basados en las características faciales reales de las personas.

Debido a lo anterior y a los avances en técnicas de procesamiento de imágenes, se presenta la oportunidad de desarrollar aplicaciones de software que integren técnicas de reconocimiento facial para la identificación de las características básicas del rostro con la finalidad de sugerir una colorimetría al momento de ser aplicado un maquillaje facial.

Este trabajo de investigación se enfoca en el diseño y desarrollo de un Sistema para el reconocimiento de tono de piel que, a través de técnicas de reconocimiento facial en modelos tridimensionales, identifica el tono de piel y sugiere el tono de maquillaje ideal que se debe aplicar el usuario.

## **Resumen en inglés**

Over the time, makeup has become a complex profession that requires a certain level of analysis and observation to adapt the techniques according to the type of skin and the shape of the face. This new reach that makeup and the techniques used has nowadays, has allowed giving the face a more natural look that adapts to age and each of the circumstances, enhancing their features but always respecting their style and personality.

Nowadays makeup has become an indispensable element in personal care. It is no longer a question of painting the face but of applying colors, shadows, and reliefs to enhance the natural beauty of the face. That is to say that through makeup it is possible to enhance the harmony, the proportions and the balance of the face, providing a careful, luminous and beautiful appearance.

Frequently, people devote a large part of their time and money to being well supported by beauty experts. In recent years, self-makeup has become relevant, and people are learning how to fix themselves. Currently, the primary forms of advice to learn how to automate are Internet videos or applications that guide the process of colorimetry; however, tools do not offer personalized solutions based on people's real facial characteristics.

Due to the above and on the advances in image processing techniques, there is the opportunity to develop software applications that integrate facial recognition techniques to identify the essential characteristics of the face in order to suggest a colorimetry when facial makeup is applied.

This research work focuses on the design and development of an Expert System that, through techniques of facial recognition in three-dimensional models, identifies skin tone and suggests the ideal makeup tone that should be applied by the user.

## **Dedicatoria**

A ti Dios por darme la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño y principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme otra carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón que estén conmigo a mi lado.

A mi hermano, mi cuñada y mis sobrinas que, aunque no estén presentes, siempre me apoyan en cada una de las decisiones que tomo.

Los quiero con todo mi corazón y este trabajo que me llevo dos años hacerlo es para ustedes, por ser el pequeño de la casa aquí está lo que ustedes me brindaron.

## **Agradecimientos**

El desarrollo de esta tesis no fue un proceso fácil, por el contrario, fue un proceso que presentó una diversidad de contratiempos e incluyendo decisiones que momentáneamente me alejaron de mis objetivos. Todo lo positivo y negativo hizo parte del proceso de lo que hoy podemos ver reflejado en mi proyecto de tesis, todas estas experiencias y momentos fueron necesarias, para una mejor formación.

Agradezco a mi familia por darme todo su apoyo y quererme por sobre todas las cosas.

Agradezco las enseñanzas brindadas por todos y cada uno de mis maestros a lo largo de estos dos años que estuve en la Maestría. De todos me llevo algo muy especial y sé que lo aprendido jamás lo olvidaré.

Debo agradecer de manera especial y sincera a la Maestra María Eugenia Puga Nathal por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a Salvador Vázquez Cárdenas por el apoyo en el manejo de los colores dentro la Visión Artificial, ya que sin su orientación y dedicación al trabajo no se hubiera logrado esta investigación.

Agradezco también el compañerismo, amistad y apoyo moral de mis compañeros y amigos de la universidad, que han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

## Índice

Resumen.....	iii
Resumen en inglés .....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos .....	vi
Índice.....	vii
Índice de Tablas .....	ix
Índice de Figuras.....	x
Capítulo 1 Introducción .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.3.3 Preguntas de Investigación .....	3
1.3.4 Justificación .....	4
1.3.5 Motivación .....	4
1.3.6 Delimitación.....	4
1.3.6 Metodología .....	5
1.3.7 Contribuciones .....	6
1.3.8 Organización de la tesis .....	6
Capítulo 2 Fundamento teórico y trabajo relacionado.....	8
2.1 El Maquillaje.....	8
2.1.1 Proceso de maquillaje .....	11
2.2 Clasificación de tono de piel.....	13
2.2.1 Tutores de belleza .....	15
2.3 Reconocimiento facial automático.....	17
2.4 Identificación de color en Tiempo Real.....	23
2.5 Clasificadores.....	28
2.5.1 Principales algoritmos Clasificadores.....	31
2.5.1.1 Bayes Network Learning .....	31
2.5.1.2 Naïve Bayes Utilizando Estimación de Clases .....	32
2.5.1.3 Decisión Stump.....	32
2.5.1.4 Random Forest .....	32
2.5.1.5 Random Tree.....	33
2.5.1.6 Support Vector Machines .....	33
Capítulo 3 Métodos Propuestos .....	35
3.1 Sistema para el reconocimiento de tono de piel para el Asesor Virtual de Maquillaje .....	35
3.2 Método para el Reconocimiento Facial .....	35
3.2 Identificación de colores .....	37
3.3 Reconocimiento Facial basado en video.....	38
3.3.1 Conversión de colores.....	39

3.4 Identificación de colores basado en video .....	40
3.5 Base de Datos de Colores .....	42
3.7 Eficiencia del Sistema para el reconocimiento de tono de piel VS clasificadores automáticos de imágenes .....	43
Capítulo 4 Sistema para el reconocimiento de tono de piel.....	52
4.1 Evaluación del Sistema para el reconocimiento de tono de piel.....	53
4.2 Recomendaciones .....	59
4.3 Limitaciones observadas.....	59
Capítulo 5 Capítulo 5 Conclusión y Trabajo Futuro.....	61
5.1 Conclusión .....	61
5.2 Trabajo Futuro .....	63
Bibliografía .....	65

## Índice de Tablas

Tabla 1 Aplicaciones móviles.....	16
Tabla 2 Graduaciones de saturación en el modelo HSV.....	27
Tabla 3 Rangos de Colores en el modelo HSV.....	41
Tabla 4 Resultado de los Clasificadores en multiresolutionFeatures_5 .....	48
Tabla 5 Resultado de los Clasificadores en statisticalFeatures.....	50

## Índice de Figuras

Figura 1 Etapas de la metodología de trabajo.....	6
Figura 2 Rostro andrógino. ....	9
Figura 3 Rostro Adulto con diferentes contrastes.....	10
Figura 4 Clasificación de tonos de piel de la Escala FITZPATRICK .....	14
Figura 5 Esquema General de Implementación de un sistema de Reconocimiento Facial .....	22
Figura 6 Espacio de colores HSV .....	25
Figura 7 Cono del modelo HSV.....	26
Figura 8 Transformación RGB a HSV.....	28
Figura 9 Diagrama de bloques de las etapas del procesamiento de imágenes.....	30
Figura 10 Clasificador Haar.....	36
Figura 11 Cálculo de Haar sobre imágenes .....	36
Figura 12 Resultados visuales análisis de multiresolutionFeatures_5.....	46
Figura 13 Pantalla de Inicio de Asesor Virtual de Maquillaje.....	52
Figura 14 Sistema para el reconocimiento de tono de piel .....	53
Figura 15 Análisis 1 de Tono de piel con el Sistema para el reconocimiento de tono de piel .....	54
Figura 16 Análisis 2 de Tono de piel con el Sistema para el reconocimiento de tono de piel .....	55
Figura 17 Análisis 3 de Tono de piel con el Sistema para el reconocimiento de tono de piel .....	55
Figura 18 Pregunta 1¿Conoce usted el tono de base de maquillaje de su piel?.....	56
Figura 19 Pregunta 2 Marque el Tono que usted corresponde que es ideal para su tono de piel. ....	56
Figura 20 Pregunta 3 Color de tono le indicó la aplicación con respecto al estudio realizado. ...	57
Figura 21 Pregunta 4 está satisfecho con la sugerencia del color de piel que le sugirió la aplicación. ....	57
Figura 22 Pregunta 5 recomendaría esta aplicación a otras personas para que conozcan su tono de piel.....	58

## **Capítulo 1 Introducción**

### **1.1 Antecedentes**

En la actualidad el maquillaje significa mucho más que la aplicación de productos cosméticos sobre el rostro con el fin de darle un aspecto mejor. El maquillaje se ha transformado en una forma de estudio y valoración del rostro y en un elemento indispensable para realzar la personalidad de las personas. Actualmente el maquillaje representa una de las principales cartas de presentación para mujeres y también para hombres (Miller, 1982).

En nuestra sociedad el maquillaje se adapta a la edad y a las circunstancias de cada persona. Además, se adapta a al tipo de evento que asistirán las personas, desde fiestas, salidas sociales hasta el trabajo diario en oficina. El maquillaje es un proceso que requiere conocimientos avanzado para realizarlo adecuadamente. Entre sus principales actividades están la corrección de imperfecciones, aplicación de base ideal de maquillaje con respecto al tono de piel, polvos traslucidos, rubor, labios, cejas, sombra de ojos, delineado y mascara de pestañas (Dellinger, 1993).

En los últimos años cada vez más personas deciden auto maquillarse debido en parte a los costos de un maquillaje profesional; sin embargo, debido a la gran cantidad de aspectos a considerar durante el maquillaje, frecuentemente estas personas cometen errores en su aplicación que afectan como se ven y generan una impresión negativa. Por ejemplo, no aplicar colores de maquillaje facial adecuados de acuerdo a su tono de color de piel. Debido a lo anterior, cobra vital importancia tener un asesor virtual que sea capaz de sugerir técnicas de maquillaje, colores para sombra de ojos, labial, y rubor, etc. en base a las características de las personas.

Uno de los principales aspectos para realizar un maquillaje adecuado es la identificación del color facial. Esta actividad influye en otras actividades como seleccionar el color de la sombra de ojos, labial, y el rubor. Si bien para un experto en maquillaje es una actividad relativamente sencilla debido a que puede inspeccionar directamente el rostro de las personas, realizar esta actividad de forma automática con un software es una actividad que plantea bastantes retos que aún son problemas de investigación abiertos.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

Para lograr la identificación computacional del color facial es necesario resolver dos problemas computacionales complejos. El primero de ellos es la identificación automática de rostros en una imagen, y el segundo es la identificación del color de la piel en dicho rostro. La detección automática de rostro es compleja porque los rostros son objetos no dirigidos y dinámicos, que presentan una gran diversidad de formas colores y texturas, éstas ocasionadas por factores naturales o por modificación estética, las cuales son las características de identidad de una persona. Por su parte, la identificación automática del color de la piel es complejo porque existe diversos factores que la afecta, por ejemplo, la cantidad de la luz de la imagen, el ruido, sombras, la posición de la cara en la foto, etc.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar y desarrollar un software que integre algoritmos para la identificación automática del rostro y color facial y que con esa información sugiera la colorimetría idónea para las personas en base a su color facial.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Con la finalidad de poder lograr el objetivo general planteado se diseñaron varios objetivos particulares a cumplir, los cuales se enlistan a continuación:

- Identificar e implementar los algoritmos más adecuados para la detección de la simetría, forma del rostro y color de piel de una persona.
- Diseñar e implementar un clasificador de colores faciales.
- Diseñar e implementar un algoritmo de sugerencias de colorimetría.
- Diseñar e implementar una aplicación de software que integre los elementos desarrollados para dar sugerencias de la colorimetría adecuada a las personas de acuerdo a su color facial.

### **1.3.3 Preguntas de Investigación**

La aportación al conocimiento y las preguntas de investigación planteadas al inicio de este trabajo fueron las siguientes:

- ¿Cómo se puede identificar el rostro automáticamente en tiempo real?
- ¿Cuáles son los principales retos en la identificación automática de color facial?
- ¿Qué elementos debe considerar un algoritmo para identificar automáticamente el tono facial?
- ¿Cuáles son los rangos de tono de piel a considerar?
- ¿Cómo deben integrarse algoritmos de identificación de rostros y color facial en una aplicación que sugiera el tono de base de maquillaje?
- ¿Qué tan eficiente es una aplicación de maquillaje en tiempo real basado con técnicas de reconocimiento facial?

### **1.3.4 Justificación**

Desarrollar el presente trabajo de investigación es importante porque podría ayudar a las personas a cometer menos errores en el maquillaje debido a que se identificará el tono de piel de las personas para la aplicación de una base de maquillaje correcta lo cual se traduce, en menos situaciones que pueden afectar su autoestima y autoconcepto debido a una errónea selección de base de maquillaje con respecto a su tono de piel. El contar con una aplicación de este tipo puede de una forma práctica aumentar esto.

Desde el punto de vista de la industria del maquillaje este desarrollo tiene el potencial de mejorar la relación empresa- cliente en la selección de productos de belleza ya que realiza un estudio previo sobre las características del rostro como lo es el tono de piel de las personas debido a que este estudio es la parte fundamental para el proceso de maquillaje.

### **1.3.5 Motivación**

El desarrollo de este trabajo responde al interés que tiene el autor en dos áreas de importancia: por un lado, la belleza y en particular el maquillaje, y por otra parte la computación. En este sentido, mi motivación es integrar los avances de la inteligencia artificial en la belleza con el objetivo de facilitar mediante el con reconocimiento facial que más personas puedan disfrutar de un buen maquillaje y así ayudarles a aumentar su autoestima.

### **1.3.6 Delimitación**

Inicialmente se había planeado desarrollar un asesor virtual en el área de cosmetología mediante técnicas de reconocimiento facial que ayudará en todo el proceso de maquillaje como en ojos, nariz boca mejillas y ceja cada uno con su respectivo estudio de colorimetría

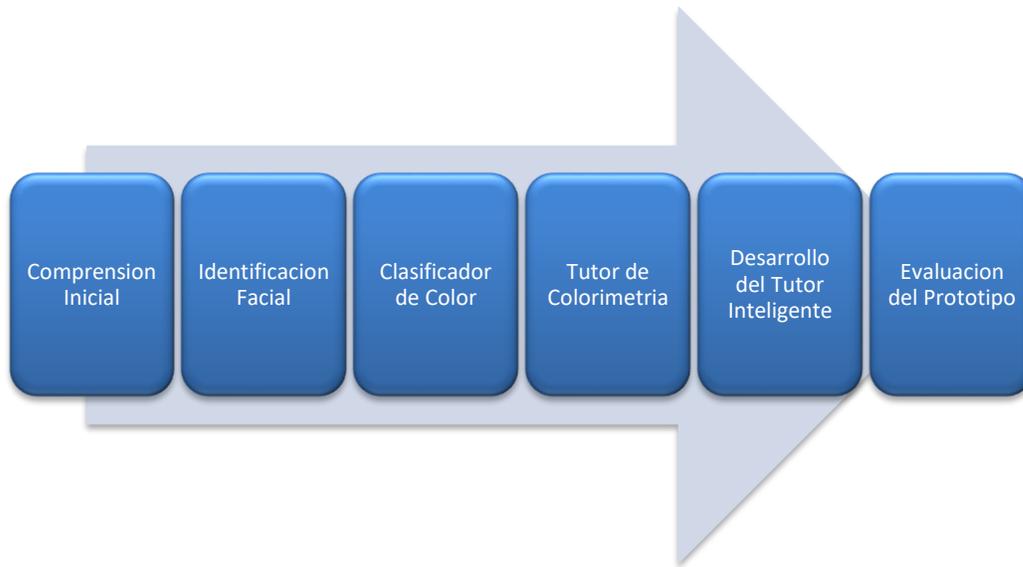
y técnicas de maquillaje para su aplicación al rostro; sin embargo, debido a restricciones de tiempo y la magnitud del proyecto este trabajo de investigación se delimitó a la identificación del tono de piel del rostro.

### **1.3.6 Metodología**

La metodología de este trabajo de investigación se dividió en las siguientes etapas (ver figura 1).

- Etapa 1. Compresión inicial del problema. Esta etapa consiste en la revisión de la literatura para conocer el estado del arte del problema que se desea atacar.
- Etapa 2. Identificación facial. El objetivo de esta etapa fue identificar el mejor método para la identificación facial.
- Etapa 3. Clasificador de color. El objetivo de esta etapa fue identificar los rangos de colores computacionalmente para los diferentes tonos de piel de las personas.
- Etapa 4. Tutor de colorimetría. El objetivo de esta etapa diseñar un algoritmo para la identificación y clasificación de los tonos de piel.
- Etapa 5. Desarrollo de tutor inteligente. El objetivo de esta etapa fue combinar los algoritmos de colorimetría y de identificación del rostro en tiempo real para la identificación automática del tono de piel en el rostro y sugerir una base de maquillaje.

- Etapa 6. Evaluación del prototipo. En esta etapa se realizaron pruebas con usuarios para determinar el tono de piel de las personas, y así poder evaluar la precisión del sistema experto con los usuarios.



*Figura 1 Etapas de la metodología de trabajo*

### **1.3.7 Contribuciones**

Las contribuciones principales de la presente tesis son las siguientes:

- Un algoritmo para la detección del tono de piel en tiempo real
- Rangos de tonos de piel en el modelo HSV
- Implementación del algoritmo de detección de tono de piel en tiempo real.

### **1.3.8 Organización de la tesis**

El resto del presente documento se organiza de la siguiente manera. El Capítulo 2 presenta conceptos básicos del proceso de maquillaje e introduce las principales técnicas de análisis y extracción de las características mediante diferentes técnicas de reconocimiento facial, así como las diferentes aplicaciones relacionadas con la sugerencia

de maquillaje. El Capítulo 3 describe la metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación, así como el estudio de las técnicas de reconcomiendo facial e identificación de colores para el desarrollo del proyecto. El Capítulo 4 introduce los componentes para la detección de rostros, la identificación y clasificación de los colores del rostro y la sugerencia de color de base de maquillaje con respecto a la extracción de las características obtenidas además los diferentes tipos de pruebas realizadas con la aplicación a los usuarios, así como los resultados obtenidos de los mismos en la extracción de las características. El Capítulo 4 describe la estructura gráfica del Asesor Virtual de Maquillaje con cada uno de sus módulos. Finalmente, el Capítulo 5 presenta las conclusiones respondiendo las preguntas de investigación y el trabajo a futuro para los módulos del Asesor Virtual de Maquillaje.

## **Capítulo 2 Fundamento teórico y trabajo relacionado**

En este capítulo se explican los conceptos y definiciones básicas que enmarcan la presente investigación y que se derivan de las siguientes tres áreas: el proceso de maquillaje, el reconocimiento automático de rostros y clasificación de tono de piel.

### **2.1 El Maquillaje**

El maquillaje siempre se ha utilizado para resaltar una belleza física, no sólo en la actualidad, sino también desde la antigüedad; lo que han cambiado son las técnicas y tendencias.

El maquillaje es algo que se usa todos los días no sólo para destacar ciertos rasgos, sino también para disimular algunas imperfecciones y, por qué no, para subir el ánimo de vez en cuando, el maquillaje puede variar dependiendo de la ocasión, horario y temporada.

Toda persona es bella, pero siempre puede serlo un poco más, y cuando eso pasa, el mundo a su alrededor cambia completamente. No sólo le da un giro a su vida personal o a su entorno, sino también al ámbito laboral en que se desenvuelve.

Es general, excepciones habrá: las personas que se maquillan la cara bastante y notoriamente, comparado con lo poco o nada que lo hacen los hombres.

El maquillaje, se ha creído siempre, ayuda a aumentar la belleza de un rostro. Ahora sabemos que la importancia del maquillaje radica en que aumenta el contraste de los elementos de la cara los labios lucen más rojos, los ojos más delineados y grandes, las pestañas más abundantes y negras, así como las cejas y las mejillas más coloridas, y este contraste produce dos efectos: disminuye la edad aparente, o sea, hace ver la cara más joven, y hace ver la cara más femenina y distinta de la masculina.

El profesor Richard Russell, Psicólogo del instituto Gettysburg College, ha encontrado, después de hacer dos investigaciones, que adjudicamos identidad de género femenino o masculino a los rostros, basados en gran medida en el contraste. Cuando apreciamos mayor contraste, tendemos a pensar que el rostro es femenino, cuando el contraste es menor le adjudicamos sexo masculino. En la figura 1 de un rostro andrógino se puede apreciar el efecto, la cara de la izquierda luce más femenina que la de la derecha, y es la misma cara, solo que el contraste se ha aumentado (Gettysburg, 2009).



*Figura 2 Rostro andrógino.*

La piel de la mujer es un poco más clara que la del hombre, independientemente de la raza, pero ni los ojos ni los labios lo son, así que maquillar el rostro logra el efecto de crear aún más contraste y, por tanto, dar una apariencia más femenina al rostro.

En la pintura egipcia, de la época de los faraones, la distinción de sexos según el color de la piel es dramática. Este efecto feminizante hace a la mujer más atractiva. Por otro lado, con el envejecimiento se pierde contraste: los labios se ponen pálidos, la cantidad de pelo en el rostro y en la cabeza disminuye, el color del cabello y de las cejas se aclara, las pestañas se caen y la piel se oscurece un poco. Las arrugas son una clave importante para adjudicar vejez a un sujeto, pero existen otras claves sutiles y tan importantes como las mencionadas.

En un experimento realizado por el sicólogo Richard Russell se mostraban imágenes de rostros con diferencias apreciables de contraste como se muestra en la figura 2, la cara de la izquierda luce más joven que la de la derecha por efecto del contraste. Los evaluadores adjudicaron más edad a las caras sin contraste que a las mismas caras con contraste, con apreciable diferencia. Esto explica por qué la industria de cosméticos mueve millones de dólares al año, en todo el mundo; esto explica por qué las mujeres gastan minutos valiosos cada día en la función de maquillarse (Gettysburg, 2013).



*Figura 3 Rostro Adulto con diferentes contrastes.*

Una buena aplicación de maquillaje hace proyectar seguridad, liderazgo; la gente le toma más en serio, pide más su opinión y todo esto, porque su autoestima es más fuerte, segura y determinante. Nos guste o no. Nos parezca justo o no, una buena apariencia física es sinónimo de aceptación social.

Recuerda que el maquillaje tiene que ser un aliado; y al elegirlo correctamente, puedes ayudarte a resaltar las mejores características de tus facciones, destacando así, aún más tu belleza física. Y claro, intentar mejorar las que no resulten tan atractivas, pero sin eclipsar tu verdadera personalidad, para lograr esto

### 2.1.1 Proceso de maquillaje

Bobbi Brown una maquilladora artística profesional recomienda seguir una guía de 10 pasos (Kirschbaum, 2018):

- **Paso 1: hidratación.** Este paso es la clave para mantener la piel bien nutrida y fresca. Además, asegura que el corrector y el maquillaje se puedan aplicar uniforme y suavemente.
- **Paso 2: aplica pre-corrector y corrector.** Si tienes círculos muy oscuros necesitas mayor cobertura, comenzar con un pre-corrector para mejorar y neutralizar la coloración bajo los ojos. Usar una brocha para corrector para aplicarlo lo más cerca posible a la línea de las pestañas y sobre la esquina interna del ojo. Con cuidado, difundir el pre-corrector con tus dedos. Después, aplica un corrector de base amarilla y un tono más claro que tu piel directamente sobre el pre-corrector.
- **Paso 3: la base correcta.** Probar algunos tonos de maquillaje de base amarilla sobre un lado de tu rostro: el tono que desaparezca sobre tu piel será el correcto. Verifica ese mismo tono sobre la frente ya que ahí puede ser un poco más oscura tu piel. Aplica el maquillaje en las zonas donde el tono de la piel necesite unificarse –alrededor de la nariz y los labios, donde frecuentemente aparecen enrojecimientos- utilizando tus dedos o una esponja de maquillaje. Para una cobertura más uniforme, utiliza una brocha adecuada, así la aplicación será más sencilla.
- **Paso 4: polvo traslúcido.** Para que tu maquillaje dure más tiempo y se vea como recién aplicado, utiliza un poco de polvo traslúcido sobre el corrector. Aplícalo sobre tu rostro usando brocha o esponja. Para añadir un toque cálido a la piel, aplica un polvo bronceador sobre tus mejillas, frente, nariz, mentón y cuello.

- **Paso 5: el rubor.** Sonreír y aplica un tono neutro de rubor sobre la prominencia laríngea “manzanita de adán” y en tus mejillas usando una brocha para rubor. Difumínalo hacia arriba en dirección a la línea del cabello y después hacia abajo para suavizar el color. Aplica una capa de un rubor más brillante (justo en la manzana de las mejillas) sobre el tono neutral para lograr un look más fresco.
- **Paso 6: los labios.** Usa el color natural de tus labios como guía para encontrar tu tono ideal: ese realmente realzará el de tus labios. Para conseguir un aspecto natural y una mayor definición, delinea tus labios después de aplicar el labial. Usa un pincel para labios para cubrir cualquier borde.
- **Paso 7: las cejas.** Para lograr un look más natural, definí tus cejas con una sombra del mismo tono de tu cabello: usa el pincel para cejas o el que sirve para delinear el párpado (si tienes cejas escasas) para aplicar la sombra. Comenzó en la esquina interior de la ceja y seguí su forma natural dando pequeños toques. Si tienes cejas rebeldes, usa una fórmula con cepillo para definir las y controlarlas.
- **Paso 8: la sombra de ojos.** Aplica un color de sombra de ojos de un tono claro desde la línea de las pestañas hasta el hueso de la ceja. Elegí una sombra de un tono medio y aplícala sobre el párpado móvil y hasta el pliegue. Hacer todo con un pincel.
- **Paso 9: delinea.** Definí la línea superior de tus pestañas con un tono de sombra oscuro. Para un look más duradero humedece, primero, el pincel. Si decides delinear tus ojos también en el párpado inferior, asegúrate de que ambas líneas se toquen en la esquina externa del ojo.
- **Paso 10: máscara de pestañas.** Si decides rizar tus pestañas, asegúrate de hacerlo antes de aplicar la máscara; si las rizas después de maquillarlas corres el riesgo de

romperlas. Aplica de 2 a 3 capas de máscara, cepillando desde la base hasta la punta. Gira el cepillo para separar las pestañas y evitar que se formen grumos

## **2.2 Clasificación de tono de piel**

La clasificación del tono de piel en el área de cosmetología se ha basado en el estudio del “Fototipo” es la capacidad de la piel para asimilar la radiación solar. Su clasificación oscila entre I y VI según la escala Fitzpatrick, una clasificación numérica para el color de piel desarrollado en 1975 por Thomas B. Fitzpatrick, un dermatólogo de la Universidad de Harvard como un procedimiento de clasificar la respuesta de los diferentes tipos de piel a la luz ultravioleta (UV), las cuales son (Sachdeva, 2009):

- Fototipo I: personas de piel muy pálida, generalmente pelirrojos, con una piel que casi siempre se quema, apenas se broncea y que suelen sufrir reacciones fotoalérgicas al exponerse de forma prolongada a la luz solar directa.
- Fototipo II: personas de piel blanca, sensible y delicada, en general de cabellos rubios o claros. Al igual que las de fototipo I, apenas se broncean, con reacciones fotoalérgicas en caso de exposición prolongada al sol.
- Fototipo III: es el fototipo más común entre los europeos, correspondiendo a personas con cabellos castaños y pieles intermedias, que enrojecen primero y se broncean después de su exposición al sol, muy común en alemanes y daneses, raro en italodescendientes.
- Fototipo IV: pertenece a las personas de cabellos morenos o negros, de pieles oscuras que se broncean con rapidez al exponerse al sol directo, muy común en italodescendientes, muy raro en Noruega.

- Fototipo V: personas cuya piel es más morena que la del fototipo IV.
- Fototipo VI: personas de piel muy oscura (tradicionalmente denominada "piel negra"), propia de los negros y Aborígenes australianos (que en la antropología tradicional eran clasificados como de "raza negra", negroides o melanodermos).

Esta clasificación ha sido importante para la aplicación del maquillaje, con base al estudio propuesto de identificaron los rangos de tonos de piel de las personas como se muestra en la figura 4.



*Figura 4 Clasificación de tonos de piel de la Escala FITZPATRICK*

Para conocer el tono de piel de las personas existen varias técnicas no formales para la identificación como lo son, la prueba de oro y plata, contraste con un pañuelo blanco, coloración de las venas así como muchos otros, pero a ciencia cierta no existe una precisión en estos métodos poco ortodoxos al respecto con la identificación del tono de piel por otra parte los maquillistas profesionales se basan con respecto a la base de maquillaje de alguna

marca en específico y estos a su vez fueron basados en la escala Fitzpatrick, aun así no garantiza el tono adecuado, ya existen muchas variaciones de tonos de piel de las personas.

### 2.2.1 Tutores de belleza

En la actualidad se han presentado un gran número de aplicaciones que ayudan o guían en el proceso de maquillaje mediante el reconocimiento facial con el procesamiento de las imágenes. A continuación, se presentan algunos sistemas o aplicaciones que guían en el maquillaje exclusivamente femenino en la tabla 1:

Nombre de la Aplicación	Breve descripción	Características Principales
<b>YouCam Makeup</b>	Es una aplicación desarrollada por la empresa Perfect Corp la cual está diseñada para la edición fotográfica.	Aplica diferentes efectos sobre fotografías, para que parezca un gran número de maquillajes de todo tipo. Incluso se agrega el efecto de pelucas
<b>Editor de Fotos InstaBeauty</b>	InstaBeauty es una aplicación desarrollada por Fotoable, Inc. la cual es un gran editor de selfis para las redes sociales como Facebook, Snapchat, Instagram y Twitter.	InstaBeauty tiene estilos de maquillaje y filtros, además cuenta con cinco funciones: Maquillaje de belleza, cámara de belleza, collage de belleza, video de belleza y fotos rápidas, dicha herramienta se encuentra disponible para las plataformas en dispositivos móviles Android y iOS,
<b>Foto Editor. You Makeup</b>	You Makeup, es una aplicación desarrollada por Fotoable, Inc. es una herramienta de edición con muchos efectos de maquillaje virtuales.	maquillaje de ojos, colorete, labiales, delineador, rímel, maquillaje paso a paso, para que pueda crear diferentes maquillajes naturales

<b>Perfect365</b>	Perfect365 es una aplicación desarrollada por Perfect365 Technology Inc. La cual retoca las fotos prueba diferentes tipos de filtros para la visualización de maquillaje modificando la base de maquillaje.	aplicación de rubor, la línea de ojos, la sombra, el labial, incluso se modifica un poco el grosor de la cara, de la nariz y los pómulos
<b>Maquillaje Virtual MARY KAY</b>	Maquillaje virtual MARY KAY es una aplicación desarrollada por MARY KAY Inc. La cual se describe textualmente “¡Es la primera aplicación para el makeover virtual móvil Mary Kay®!”.	Personaliza las imágenes con combinaciones ilimitadas de maquillaje, tonos de lápiz labial, peinados, cabello de distintos colores y muchas más funciones. Se selecciona una foto de los archivos, capturando una foto desde el dispositivo móvil previamente o escoger la foto de una de las modelos. Almacena makeovers y productos favoritos, descarga un makeover en el dispositivo móvil,

*Tabla 1 Aplicaciones móviles*

Ninguna aplicación de las anteriores realizar un reconocimiento facial en tiempo real ni consideran la tonalidad de la piel para sugerir o determinar la colorimetría a utilizar, así como facilitar técnicas de maquillaje lo que el Asesor Virtual de Maquillaje si lo ofrece.

Se puede concluir entonces que el Asesor Virtual de Maquillaje es un aplicación que combinará y mejorará cada uno de las características deseables de un buen maquillaje con estudios previos de reconocimiento de patrones y sistemas expertos que podrán identificar los rasgos faciales del rostro, así como de una base de datos nutrida de todos los colores posibles en el área de cosmetología y poder dar una sugerencia lo más precisa al usuario, aunque cabe mencionar que para este trabajo de tesis se le dará prioridad solamente a la

identificación de la tonalidad de la piel y con base a este resultado sugerir la base del maquillaje a utilizar, y continuar con trabajos futuros las consideraciones restantes que definen las características del rostro como lo es la simetría, color y tamaño de ojos, ubicación de las cejas entre otros elementos.

### **2.3 Reconocimiento facial automático**

Desde el punto de vista computacional, es necesario primero reconocer el rostro en una foto para después identificar el color facial.

La visión artificial es una disciplina científica de la Inteligencia Artificial que incluye métodos para adquirir, procesar y analizar imágenes del mundo real con el fin de producir información que pueda ser tratada por una máquina.

La visión Artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Estos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesado e interpretación de los resultados.

En la visión Artificial una técnica de análisis de imágenes es Procesamiento de Imágenes las cuales son capaces de determinar la efectividad de los algoritmos clasificadores que analizan la información y la interpretan para determinar si el clasificador es eficiente para la tarea de clasificación.

El procesamiento de imágenes tiene como objetivo mejorar el aspecto de las imágenes y hacer más evidentes en ellas ciertos detalles que se desean hacer notar. La imagen puede haber sido generada de muchas maneras, por ejemplo, fotográficamente, o electrónicamente, por medio de monitores de televisión. El procesamiento de las imágenes

se puede en general hacer por medio de métodos ópticos, o bien por medio de métodos digitales, en una computadora.

La tecnología de reconocimiento facial, al igual que otras técnicas biométricas ha avanzado de gran manera en los últimos años, los algoritmos utilizados se basaban en modelos geométricos simples. Sin embargo, las innovaciones computacionales han permitido la creación de una ciencia basada en lo que se conoce como representaciones matemáticas y procesos de coincidencia.

En los últimos quince años, la tecnología de reconocimiento facial ha dado un salto espectacular, gracias a las novedades presentadas por la industria de este sector, y a la necesidad de las propias administraciones por adaptar estas técnicas en sus controles policiales y de seguridad.

Lo que se conoce actualmente por reconocimiento facial nació en los años sesenta, con los primeros sistemas que reconocían, gracias a un administrador externo, rasgos como ojos, orejas, nariz o boca, para así tomar distancias de referencia y compararlas con un patrón dado. Pero no es hasta este siglo donde su implementación fue de manera más práctica misma que ha propiciado que el desarrollo de aplicaciones que presenten el reconocimiento facial precise una tarea dada.

A partir de la aparición de cámaras Web en dispositivos móviles y computadoras portátiles, se ha desarrollado un incontable de aplicaciones con las que se puede utilizar la cámara, ya sea para seguridad en el reconocimiento facial, tomar fotografías, grabar videos, pero esto son solo las funciones básicas, otras aplicaciones también incluyen como parte funcional la cámara Web, ya sea para videojuegos, aplicaciones fotográficas y para el área de cosmetología de las cuales hay una gran variedad de aplicaciones que fueron desarrolladas para poder guiar a las personas en el proceso de maquillaje de manera formal o informal como un juego de entretenimiento, no obstante las aplicaciones formales usan la cámara

Web para capturar y montar imágenes o sobreponer colores en la fotografía incluyendo una variada de colores para todos los usuarios sin importar el tono de piel o la calidad de la imagen, las cuales resultan ser interesantes para el usuario.

Para el desarrollo de aplicaciones mediante el reconocimiento facial existen varias metodologías ya probadas para este proceso como las que se presentan en los trabajos de investigación o tesis que se describen a continuación.

Actualmente existe algunos trabajos que tratan de resolver la problemática de la identificación fácil, Vazquez-Lopez (Vázquez 2014) desarrollo de un sistema de reconocimiento facial a partir del análisis de rostros digitalizados en tres dimensiones, el cual es una aplicación biométrica que se apoya de diferentes áreas del conocimiento tales como: el reconocimiento de patrones, la óptica, la visión artificial, geometría diferencial y la estadística. Las principales contribuciones del trabajo son: la aplicación de técnicas de proyección de luz estructurada para el cálculo de la nube de puntos relacionada al rostro, el uso de la fase de la señal desmodulada para realizar el reconocimiento, la alineación del rostro a partir del perfil de un rostro modelo y la tolerancia de reconocimiento frente a gestos y expresiones faciales.

Por su parte Pérez, Caballero y Trujillo, (Pérez, 2015) y otros, identificaron que, para obtener el reconocimiento de emociones como la expresión emocional, involucra la deformación de algunas partes de la cara como cejas, ojos y boca. En tal caso la información acerca del cabello, cabeza y hombros no es relevante para el proceso de reconocimiento y se plantea Un método común para reducir la dimensionalidad y obtener las características distintivas de una imagen es el Análisis de Componente Principal (PCA).

López y Sandoval , y otros desarrollaron una plataforma embebida de bajo consumo que comprende un ARM (Advanced RISC Máquinas) módulo central de procesamiento, un módulo de adquisición de vídeo, un módulo de visualización y una interfaz de transmisión

de datos periférica. El algoritmo a implementar en el procesamiento digital de imágenes es el Principal Component Analysis (PCA) es robusto, rápido y eficiente para llevar a cabo el reconocimiento facial (López, Sandoval, 2015)).

García, Escamilla, Nakano y Pérez-Meana proponen un sistema biométrico usando imágenes estéreo el cual permite incrementar la seguridad de los sistemas de reconocimiento de rostros convencionales, al poder discriminar entre imágenes de rostro reales en 3D y falsificadas en 2D, empleando la información proporcionada por las imágenes estéreo. Una vez que el sistema determina que la imagen de entrada es un rostro real en 3D, cada imagen estéreo es caracterizada e independientemente procesada usando un método de Extracción de Características (EC) convencional. Seguidamente se emplea un Método de Fusión (MF) para combinar la información obtenida de ambas imágenes. Con el fin de determinar la combinación EC-MF más adecuada, se analizaron tres métodos de extracción de características y tres métodos de fusión (García, Escamilla, Nakato, Pérez-Meana, 2014).

El sistema de reconocimiento facial basado en la plataforma embebida de bajo consumo tiene la ventaja de bajo consumo de energía, alta velocidad de computación, la alta precisión de reconocimiento, amplio campo de aplicación y similares (López, 2015).

Otro enfoque de reconocimiento facial 3D basado en invariantes geométricos la idea clave del algoritmo propuesto es una representación de la superficie facial, invariante a las deformaciones isométricas, como las que resultan de diferentes expresiones y posturas de la cara. Los invariantes geométricos obtenidos permiten mapear imágenes de textura facial 2D en imágenes especiales que incorporan la geometría 3D de la cara. Estas imágenes de firma se descomponen en sus componentes principales. El resultado es un algoritmo de reconocimiento facial eficiente y preciso que es robusto para las expresiones faciales (Bronstein, Kimmel, 2003).

Un método para detectar con precisión y rapidez las caras dentro de una imagen. Esta técnica se puede adaptar para detectar con precisión las características faciales. Sin embargo, el área de la imagen que se analiza para una característica facial debe regionalizarse en la ubicación con la mayor probabilidad de contener la característica. Al regionalizar el área de detección, se eliminan los falsos positivos y se aumenta la velocidad de detección debido a la reducción del área examinada (Viola y Jolnes, 2006).

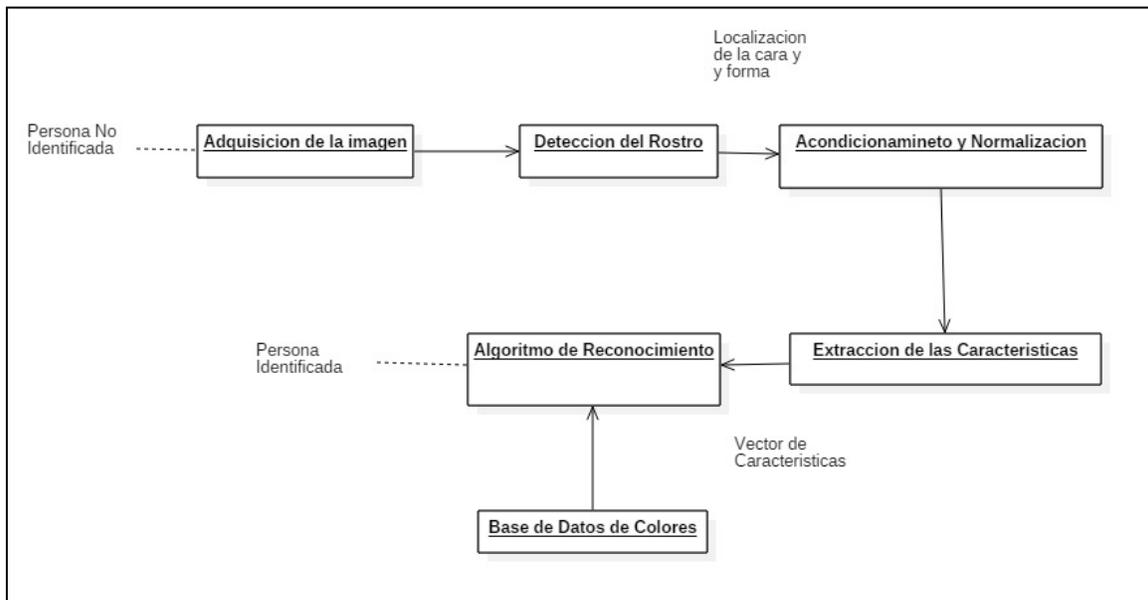
En el reconocimiento facial se han presentado diferentes técnicas conforme a las necesidades del problema, de las cuales la regionalización del rostro para la identificación de color es una de las más precisas, además de la identificación basada en video se identifica mejor el rostro con ayuda del algoritmo Haar.

En los últimos tiempos el desarrollo de nuevo hardware y software informático para sistemas de seguridad ha experimentado un gran impulso, tal es el caso de los sistemas de reconocimiento por huella dactilar, voz, iris y facial.

La identificación de características faciales ha recibido un fuerte impulso gracias al avance en la tecnología de video multimedia propiciándose así un aumento de cámaras en los lugares de trabajo, hogar y dispositivos móviles con un reducido coste. El reconocimiento facial se puede aplicar en el control de accesos a edificios públicos y privados, cajeros automáticos, laboratorios de investigación, como clave secreta de acceso para el uso de computadoras personales o terminales móviles de última generación, así como para servir de tarjeta de visita de una persona. El proceso de identificación facial se divide básicamente en dos tareas: detección y reconocimiento. La primera de ellas, la detección, comprende la localización de una o varias caras dentro de una imagen, ya sea fija o una secuencia de video. La segunda tarea, el reconocimiento, consiste en la comparación de la cara detectada en el paso anterior con otras almacenadas previamente en una base de datos.

Estos procesos, detección y reconocimiento, no deberían ser totalmente independientes debido a que según la forma en la que se detecte una cara puede ser prácticamente imposible su reconocimiento con caras de una base de datos detectadas de manera diferente, de ahí que los sistemas de reconocimiento facial estén fuertemente condicionados por la posición y orientación de la cara del sujeto con respecto a la cámara y las condiciones de iluminación en el momento de realizar la detección.

Para implementar un sistema de reconocimiento de rostros se presentan seis etapas bien definidas: Captura de la imagen, pre-procesamiento, localización, escalamiento y ajuste, extracción de características y por último la clasificación la toma de decisión. En la Figura 5 se presenta el Esquema General de Implementación de un sistema de Reconocimiento Facial.



*Figura 5 Esquema General de Implementación de un sistema de Reconocimiento Facial*

Dentro de la captura de la imagen se encuentra la selección de la cámara digital y las

características del ambiente de la fotografía que se realizará como la iluminación, ya sean controladas o no controladas.

El pre-procesamiento de la imagen capturada incluye la selección del espacio de color en el que se desea trabajar o la extracción de la intensidad en el caso de que se trabaje con escala de grises.

Una vez reprocesada la imagen de entrada se determina las coordenadas donde se encuentra la posición de la cara dentro de la escena, normalmente se desea determinar las coordenadas de una sub-imagen formada solo por la zona de la cara delimitada por las orejas, la frente y el mentón. Para determinar estas coordenadas normalmente se utiliza un algoritmo basado en una cascada de clasificadores básicos.

Otras estrategias para localizar el rostro consisten en determinar la posición de los ojos, y en otros casos se utiliza la información del color de la piel como metodología para determinar la región que forma exclusivamente la cara, o clasificadores basados en redes neuronales.

En algunos sistemas se realiza la normalización de la cara ya sea utilizando la información de partes como los ojos, nariz u otras características, o simplemente realizando un escalado de la imagen. Los sistemas que solo hacen hasta las operaciones ahora mencionadas se llaman sistemas de localización.

## **2.4 Identificación de color en Tiempo Real**

Las aplicaciones de reconocimiento facial han descubierto muchas características del rostro ya que esconden muchos más secretos de los que se piensan. Además de proveer de una apariencia física con la que se puede expresar y revelar los sentimientos, también

pueden ser una potente herramienta para que las máquinas puedan detectar y ayudar en múltiples tareas.

El primer paso consiste en la detección de la cara. Como seres humanos, pueden identificar la cara de una persona de forma instantánea. Para ello, inconscientemente el cerebro identifica ciertos patrones como los ojos, labios, o boca, haciéndose valer de sus formas, posiciones relativas y colores. Una computadora, utiliza de forma similar una serie de patrones para que, a través de una simple cámara, pueda detectar el rostro incluso con mayor velocidad

Una de las principales características que se suman a la detección facial es la extracción de color mediante la cámara Web, la cual debe tratarse de manera muy particular debido a que los colores que el ser humano identifica no son los mismos que percibe el computador y debe de clasificarse con modelos HSV o HSL dependiendo de la gama de colores que se desee identificar.

Modelos circulares de color HSV y HSL. Es más cercano a la idea humana del color, pensar sobre términos de matiz y saturación a la hora de definir un color que hacerlo por sus propiedades sustractivas y aditivas. De esta idea nacieron los modelos HSV (Hue, Saturation, Value) y HSL (Hue, Saturation, Lightness) como una transformación no lineal del espacio RGB (Red, Green, Blue). En el modelo HSV, el matiz se representa en una región circular, cuyo centro es el blanco como se muestra en la figura 6 La distancia del centro hacia el color en la región circular define la saturación.

Cada color primario está separado del otro  $120^\circ$  y los colores mixtos están definidos entre los espacios resultantes. Una tercera dimensión es añadida para definir el negro, generando así un cono en el espacio, cuya altura viene dada por el brillo o valor. El modelo HSL sigue esta idea, solo que ahora su representación en el espacio es un doble cono, en cuyos vértices

opuestos se localizan el negro y el blanco. El centro del doble cono sería por lo tanto un tono gris, dado que el eje que une sus vértices es la luminancia.

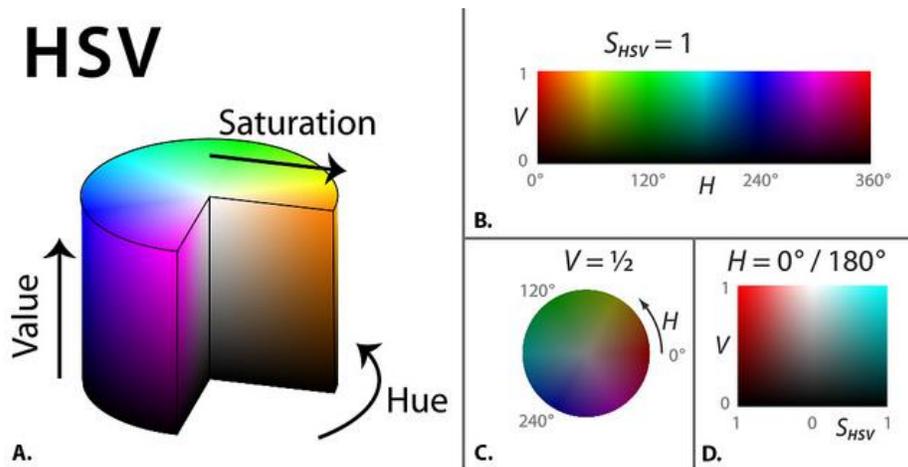


Figura 6 Espacio de colores HSV

Value, Saturation y Hue pueden tener los siguientes valores:

HSV es la representación tridimensional del color basado en los componentes de tinte, matiz o tonalidad (hue, en inglés), saturación (saturation) y brillo o valor (value). El modelo de color HSV es una transformación no lineal del modelo RGB en coordenadas cilíndricas de manera que cada color viene definido por las siguientes dimensiones:

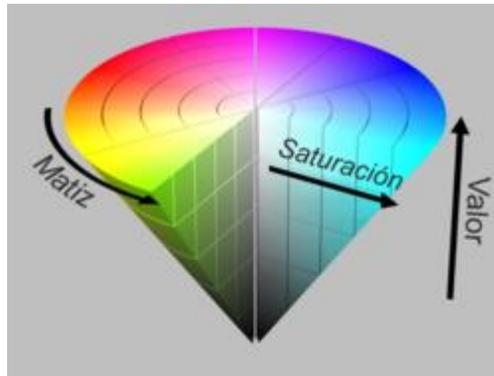
### Hue

Se representa como un grado de ángulo cuyos valores posibles van de 0 a 360° (aunque para algunas aplicaciones se normalizan del 0 al 100%). Cada valor corresponde a un color. Ejemplos: 0 es rojo, 60 es amarillo y 120 es verde.

De forma intuitiva se puede realizar la siguiente transformación para conocer los valores básicos RGB:

Se dispone de 360 grados dónde se dividen los tres colores RGB, eso da un total de 120° por color, sabiendo esto se puede recordar que el 0 es rojo RGB (1, 0, 0), 120 es verde RGB (0, 1, 0) y 240 es azul RGB (0, 0, 1). En la figura 7 se muestra el cono del modelo HSV.

Para colores mixtos se utilizan los grados intermedios, el amarillo, RGB (1, 1, 0) está entre rojo y verde, por lo tanto 60°. Se puede observar cómo se sigue la secuencia de sumar 60 grados y añadir un 1 o quitar el anterior:



*Figura 7 Cono del modelo HSV*

- 0° = RGB (1, 0, 0)
- 60° = RGB (1, 1, 0)
- 120° = RGB (0, 1, 0)
- 180° = RGB (0, 1, 1)
- 240° = RGB (0, 0, 1)
- 300° = RGB (1, 0, 1)
- 360° = 0°

Esta transformación permite saber los tonos de matices de colores puros que contienen alguna cantidad (o ninguna) de los colores R, G y B. Para el color blanco se puede poner cualquier color y saturación, siempre que se establezca el valor (de luminosidad) máximo. Asimismo, para el color negro se puede poner cualquier color y saturación, siempre que se ponga un valor de 0.

### Saturación

Se representa como la distancia al eje de brillo negro-blanco. Los valores posibles van del 0 al 100%. A este parámetro también se le suele llamar "pureza" por la analogía con la pureza de excitación y la pureza colorimétrica de la colorimetría. Cuanto menor sea la saturación de un color, mayor tonalidad grisácea habrá y más decolorado estará. Por eso es útil definir la *insaturación* como la inversa cualitativa de la saturación. En él la tabla 2 se muestra las Graduaciones de saturación en el modelo HSV.

### Graduaciones de saturación en el modelo HSV

matiz 100% puro	75% de saturación	saturación media	25% de saturación	0 de saturación
-----------------	-------------------	------------------	-------------------	-----------------

Tabla 2 Graduaciones de saturación en el modelo HSV

Para calcular la saturación, simplemente se divide el croma (es una técnica audiovisual para extraer un color de la imagen) por el máximo croma para ese valor.

### Valor

Representa la altura en el eje blanco-negro. Los valores posibles van del 0 al 100%. 0 siempre es negro. Dependiendo de la saturación, 100 podría ser blanco o un color más o menos saturado.

## Transformación RGB a HSV

Sea  $MAX$  el valor máximo de los componentes ( $R, G, B$ ), y  $MIN$  el valor mínimo de esos mismos valores, los componentes del espacio HSV e pueden calcular como se muestra en la figura 8.

$$H = \begin{cases} \text{no definido,} & \text{si } MAX = MIN \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 0^\circ, & \text{si } MAX = R \\ & \text{y } G \geq B \\ 60^\circ \times \frac{G-B}{MAX-MIN} + 360^\circ, & \text{si } MAX = R \\ & \text{y } G < B \\ 60^\circ \times \frac{B-R}{MAX-MIN} + 120^\circ, & \text{si } MAX = G \\ 60^\circ \times \frac{R-G}{MAX-MIN} + 240^\circ, & \text{si } MAX = B \end{cases}$$
$$S = \begin{cases} 0, & \text{si } MAX = 0 \\ 1 - \frac{MIN}{MAX}, & \text{en otro caso} \end{cases}$$
$$V = MAX$$

Figura 8 Transformación RGB a HSV.

Una vez identificado cada uno de los colores en RGB y realizadas las conversiones a HSV las cuales podrán identificar los colores de manera más adecuada en el rostro, con herramientas de desarrollo para la identificación apoyadas del lenguaje Python, las librerías de OpenCV, Numpy entre otras.

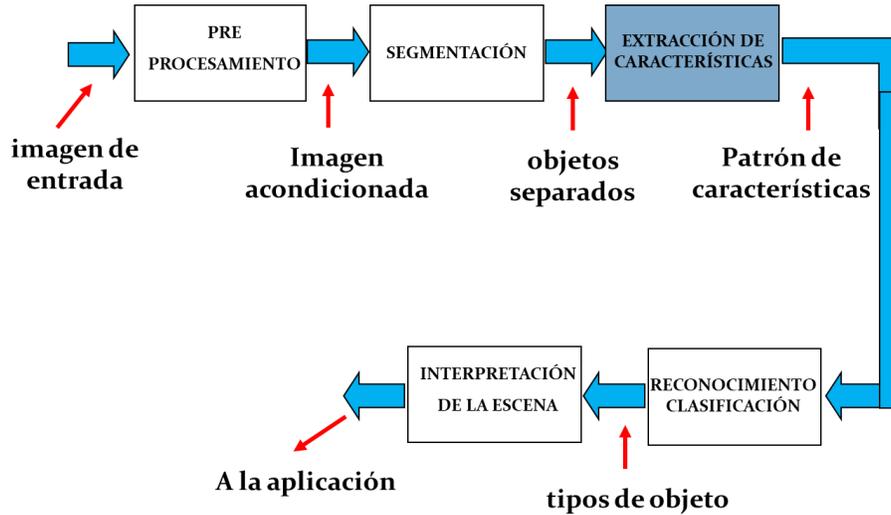
## 2.5 Clasificadores

Decir que para clasificar automáticamente es color es necesario desarrollar un clasificado. Posteriormente decir Que es un clasificador, algunos ejemplos

El buen desempeño de un sistema clasificador radica en gran parte de los componentes que lo conforman, existen seis partes primordiales para que el sistema funcione adecuadamente, las cuales se mencionan a continuación.

1. **Captación:** es el proceso a través del cual se obtiene una imagen visual.
2. **Preprocesamiento:** incluye las técnicas tales como la reducción de ruido.
3. **Segmentación:** es el proceso que divide a una imagen en un objeto que sean de interés.
4. **Descripción:** es el proceso mediante el cual se obtienen las características convenientes para diferenciar un tipo de un objeto de otro, por ejemplo, tamaño, forma y color.
5. **Reconocimiento:** es el proceso que asocia un significado a un conjunto de objetos reconocidos.
6. **Interpretación de los resultados:** una vez procesada la información el sistema interpreta los datos al usuario conforme a las características y clasificación.

En la figura 9 se encuentra el diagrama de bloque de las etapas del análisis de imágenes.



*Figura 9 Diagrama de bloques de las etapas del procesamiento de imágenes*

Existen herramientas que ayudan a tomar una decisión de los métodos y algoritmos que se aplican en el procesamiento de imágenes, debido a que la información gráfica no siempre responde a los resultados de métodos o algoritmos definidos, esto es porque cada sistema de procesamiento es distinto y las aplicaciones son variadas, una de ellas es Weka la cual contiene una colección de herramientas de visualización y algoritmos para análisis de datos y modelado predictivo.

Estas etapas son interpretadas por algoritmos clasificadores los cuales pueden ser capaces de poder identificar, procesar y clasificar cada una de las imágenes conforme a las características extraídas.

Clasificar un objeto consiste en asignarlo a una de las clases disponibles. Los objetos se pueden definir por una serie de características, como pueden ser el color de sus píxeles, su textura o su tamaño. Para poder clasificar objetos es necesario definir las fronteras entre las diferentes clases. Normalmente estas fronteras se calculan mediante un proceso de entrenamiento en el que se usan las características de una serie de prototipos de ejemplo de

las clases. Hablamos de fronteras por claridad, en general el clasificador infiere unas reglas de decisión durante el entrenamiento (Garrido, 2013).

Clasificar un objeto desconocido consiste en asignarlo a la clase en la cual las características usadas durante el entrenamiento tienen más correspondencia con las características del objeto. Se suele usar la clasificación frente a otras técnicas cuando los objetos tienen similitudes, pero sujetas a variaciones desconocidas. Los clasificadores se usan para:

- Segmentación de imágenes (por color, textura, etc.)
- Reconocimiento de objetos
- Control de calidad
- Detección de novedad (novelty detection), para detectar cambios o defectos en los objetos.
- Reconocimiento óptico de caracteres (OCR, Optical Character Recognition)

## **2.5.1 Principales algoritmos Clasificadores**

### **2.5.1.1 Bayes Network Learning**

Bayes Network Learning (Red Bayesiana) Refleja los elementos de una cierta parte de un mundo que se esté modelando y describe cómo esos elementos interaccionan entre sí haciendo uso de un modelo probabilístico. Todos los elementos que intervienen en el mundo a modelar pueden ser descritos como componentes de una Red de Bayes (Escuela superior de Ingeniería y Tecnología, 2018).

### **2.5.1.2 Naïve Bayes Utilizando Estimación de Clases**

Un Clasificador Bayesiano Ingenuo es una implementación del Teorema de Bayes, y algunas adiciones que permiten aplicar una hipótesis de independencia, entre las variables predictoras y de ahí que se le agrega “Ingenuo” al nombre de estas implementaciones.

En forma muy general, un clasificador Bayesiano asume que las características de una clase/objeto no están relacionadas entre sí, y por tanto la presencia de una característica en particular no está relacionada con la presencia o ausencia de otra. De esta manera cada característica contribuye de forma independiente con la probabilidad de que sea una clase dada (Russell, Norvig, 2003).

### **2.5.1.3 Decisión Stump**

Aprendizaje basado en árboles de decisión utiliza un árbol de decisión como un modelo predictivo que mapea observaciones. Es uno de los enfoques de modelado predictivo utilizadas en estadísticas, minería de datos y aprendizaje automático.

En estas estructuras de árbol, las hojas representan etiquetas de clase y las ramas representan las conjunciones de características que conducen a esas etiquetas de clase.

Un árbol de decisión se puede utilizar para representar visualmente y de forma explícita decisiones y toma de decisiones. En minería de datos, un árbol de decisión describe datos, pero no las decisiones; más bien el árbol de clasificación resultante puede ser un usado como entrada para la toma de decisiones (Rokach, Lior; Maimon, 2011).

### **2.5.1.4 Random Forest**

Random forest o “Bosques Aleatorios” es una combinación de árboles de predicción tal que cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio probado

independientemente y con la misma distribución para cada uno de estos. Es una modificación que construye una larga colección de árboles no correlacionados y luego los promedia (Breiman, Leo, 2011).

### **2.5.1.5 Random Tree**

Los árboles aleatorios son una recopilación de árboles de decisión individuales donde cada árbol se genera a partir de distintas muestras y subconjuntos de los datos de formación.

Los árboles aleatorios consisten en un clasificador de formación automático y supervisado que consiste en crear una multitud de árboles de decisión, elegir subconjuntos aleatorios de variables para cada árbol y utilizar la salida de árbol más frecuente como clasificación general.

Los árboles aleatorios corrigen la tendencia de los árboles de decisión al exceso de ajuste en sus datos de muestra de entrenamiento. En este método crecen una serie de árboles (por analogía, un bosque) y la variación entre los árboles se introduce proyectando los datos de formación en un subespacio elegido al azar antes de colocar cada árbol. La decisión en cada nodo se optimiza mediante un procedimiento aleatorio (IBM, 2018).

### **2.5.1.6 Support Vector Machines**

El clasificador Support Vector Machines (Máquina de Vectores de soporte o SVM) es un método de clasificación supervisado eficaz. Es idóneo para entradas de ráster (un ráster consta de una matriz de celdas o píxeles organizadas en filas y columnas en la que cada celda contiene un valor que representa información) segmentadas, pero también permite manejar imágenes estándar.

Para las entradas de imagen estándar, la herramienta acepta imágenes de varias bandas con cualquier profundidad de bit y realiza la clasificación de SVM por píxel, según el archivo de entidades de formación de entrada.

Para los ráster segmentados, que tienen establecida la propiedad clave en Segmentada, la herramienta calcula la imagen de índice y los atributos de segmento asociados del ráster segmentado RGB (castro, 2011).

La extracción de características de las imágenes y representadas mediante datos numéricos mediante la Minería de datos, contribuye a buscar un patrón de información dadas las características de cada una de las imágenes analizadas en la biblioteca, dichos datos son analizados mediante métodos matemáticos y clasificadores, los cuales con respecto a su características dadas podrán generar una clasificación optima de estos datos al momento de clasificarlos y poder identificar si alguno de los algoritmos es el ideal para la clasificación de rostros.

Además, en la visión Artificial existe otras técnicas de extracción de información como el reconocimiento facial y extracción del color en tiempo real.

## **Capítulo 3 Métodos Propuestos**

El presente capítulo describe los siguientes métodos: reconocimiento facial, identificación y clasificador de color, sistema tutor de colorimetría. Todos estos métodos se integrarán dentro del sistema de tutor inteligente de colorimetría basado en color facial.

### **3.1 Sistema para el reconocimiento de tono de piel para el Asesor Virtual de Maquillaje**

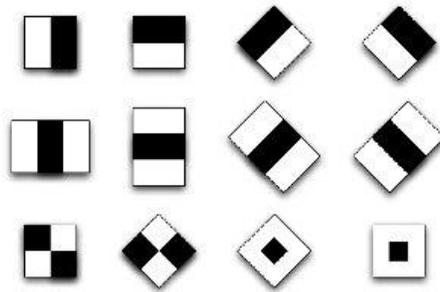
El Sistema para el reconocimiento de tono de piel está constituido por ocho componentes internos, los cuales son: Reconocimiento facial mediante video, Extracción e identificación del Rostro, y 6 filtros de identificación de tono de piel como Ivory, Beige, Light Brown, Medium Brown, Dark Brown y Very Dark Brown, los cuales son capaces poder clasificar en un rango de colores cada uno de los tonos analizados. El módulo interno de Reconocimiento facial mediante video la cual muestra la identificación del rostro en tiempo real. Una vez identificado el Rostro se extraen únicamente la región de interés para poder realizar posteriormente la clasificación.

### **3.2 Método para el Reconocimiento Facial**

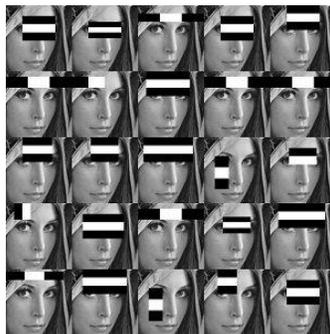
El sistema de reconocimiento facial es una aplicación dirigida por la computadora que permite identifica automáticamente a una persona en una imagen digital. Esto es posible mediante un análisis de las características faciales del sujeto extraídas de la imagen.

El método de reconocimiento fácil propuesta en esta tesis utiliza un Clasificador de Cascada o algoritmo clasificador Haar, fue el primer framework de detección de objetos propuesto por Paul Viola y Michael Jones en 2001 que permitía el análisis de imágenes en tiempo real, haciendo uso de una función matemática (Wavelet Haar) propuesta por Alfred Haar en 1909.

Los clasificadores Haar, definen regiones rectangulares sobre una imagen en escala de grises (imagen integral) y al estar formada por un número finito de rectángulos, se puede obtener un valor escalar que consiste en sumar los pixeles de cada rectángulo, en base a una serie de clasificadores en cascada. Cada clasificador determina si la subregión se trata del objeto buscado o no. A diferencia de otros algoritmos, éste solo invierte capacidad de procesamiento a las subregiones que posiblemente representen un rostro. En la figura 10 se muestra el Clasificador Haar y en la figura 11 se muestra como el algoritmo Haar realiza el cálculo sobre la imagen.



*Figura 10 Clasificador Haar*



*Figura 11 Cálculo de Haar sobre imágenes*

Dado que el algoritmo Haar ya está desarrollado en la librería OpenCV, esta parte solo se enfocó en el desarrollo del software para la detección facial. Por lo que solo se hará uso del funcionamiento de cascadas o clasificadores mediante filtros Haar para el reconocimiento de rostros.

El reconocimiento facial se realizó con el siguiente código apoyados del modelo de rostros humanos haarcascade\_frontalface\_default.xml el cual identifica el rostro frontal de las personas de los desarrolladores Alexander Mordvintsev & Abid K de OpenCV-Python Tutorials (Mordvintsev, A., & K, A., 2018):

Conforme a lo descrito en el Esquema General de Implementación de un sistema de Reconocimiento Facial en la figura 5 que nos describe las funciones del proceso del reconocimiento facial.

Una vez reconocido el rostro el siguiente paso es la detección de colores en imágenes y poder alcanzar el objetivo del Sistema para el reconocimiento de tono de piel.

### **3.2 Identificación de colores**

Para de detección de colores en Python y OpenCV se aplica la detección de color a la imagen creando una máscara para cada color que uno quiera detectar: para este caso se creó una máscara para los colores Azules, rojos y Verdes para lo cual se realizaron los siguientes pasos:

1. Leer Imagen
2. Convertir la imagen
3. Buscar objetos Azules, Rojos y Verdes
4. Eliminar ruido
5. Mostrar la imagen

Para la detección de colores se utilizó el siguiente código de la página Reblog.net del autor Glare, 2018).

Conforme a lo descrito en el Esquema General de Implementación de un sistema de identificación de colores en la figura 5 que nos describe las funciones del proceso del reconocimiento facial.

Debido a que el usuario tiene una participación importante para cada una de las pruebas que se presentaran para su evaluación se suma al modelo incremental.

Una vez reconocido los colores el siguiente paso es el reconocimiento facial basado en video y poder alcanzar el objetivo del Sistema para el reconocimiento de tono de piel.

Una vez practicadas estas pruebas en las imágenes se realizó el análisis mediante una secuencia de video permitió analizar las características en tiempo real al momento de encender la cámara Web del dispositivo.

### **3.3 Reconocimiento Facial basado en video**

El módulo de reconocimiento facial está destinado a la identificación automática de la persona a partir una secuencia de video. Este módulo realiza el reconocimiento facial por el detector de rostros.

El módulo de captura y reconocimiento facial asegura un alto porcentaje de reconocimiento y puede ser utilizado junto con el sistema de detección de color para poder precisar de una manera más idónea el sistema de detección.

El módulo de reconocimiento facial trabaja con la cámara y el detector de rostros de OpenCV. Durante el primer paso del funcionamiento, el detector facial determina la aparición de un rostro en el cuadro y captura su imagen. Posteriormente son posibles dos esquemas de trabajo del módulo de reconocimiento facial: identificación y verificación. Dichas pruebas se realizaron con el siguiente código apoyados del modelo de rostros humanos `haarcascade_frontalface_default.xml` (Gare, 2018):

Conforme a lo descrito en el Esquema General de Implementación de un sistema de Reconocimiento Facial basado en video en la figura 5 que nos describe las funciones del proceso del reconocimiento facial.

Debido a que el usuario tiene una participación importante para cada una de las pruebas que se presentaran para su evaluación se suma al modelo incremental.

Una vez identificado el rostro, se generó un rango de color para la identificación del tono de piel del usuario, pero para poder lograr los colores necesarios, el formato original que es RGB primero debe convertirse a formato HSV.

### **3.3.1 Conversión de colores**

#### **Espacio de color HSV**

Cuando se observa un color en la pantalla, lo que en realidad se está viendo son miles de píxeles que brillan con una cierta intensidad. Cada píxel está formado por tres luces: una roja, una verde y una azul. La sensación de color se produce variando la intensidad de estas tres luces y alterando así la cantidad de luz roja, azul y verde que reciben los ojos del usuario.

Dentro de la computadora los colores vienen codificados por números. Hay varias formas de codificar los colores. La más popular es el sistema de color RGB (Red, Green, Blue), este sistema asigna a cada color una cantidad de Rojo, Verde y Azul entre 0 y 255. Por ejemplo, el rojo puro es [255,0,0].

Pero hay otras formas de codificar los colores. El **HSV** (del inglés Hue, Saturation, Value – Tono, Saturación y Valor) es ideal para reconocimiento de colores.

- **Hue (H)** es el tono de color.
- **Saturation (S)** es la intensidad de esta tonalidad. Cuanta menos saturación, más gris es el color.
- **Value (V)** es la luminosidad del color.

### **3.4 Identificación de colores basado en video**

Al Módulo de Reconocimiento Facial se le agregaron los colores a considerar para la detección del color de piel de las personas, estableciendo una escala inferior y una superior de la piel humana, considerando todos los posibles colores de tono de piel de los usuarios.

En el siguiente código se presenta la detección del rango de todas las tonalidades del rostro, clasificando únicamente los tonos de color de piel (Rosebrock, A, 2018).

Conforme a lo descrito en el Esquema General de Implementación de un sistema de identificación de colores basado en video figura 6 que nos describe las funciones del proceso del reconocimiento facial.

Debido a que el usuario tiene una participación importante para cada una de las pruebas que se presentaran para su evaluación se suma al modelo incremental.

Una vez reconocido el rostro y los tonos de piel el siguiente paso es la detección de los tonos de piel conforme a la clasificación de Thomas B. Fitzpatrick y poder alcanzar el objetivo del Sistema para el reconocimiento de tono de piel.

Con la identificación del rostro y seleccionando la región de interés se analizan las características mediante filtros para cada uno de los tonos con los siguientes rangos de colores basados en el Modelo HSV en la tabla 3:

<b>Tono</b>	<b>Color HSV</b>
<b>Ivory</b>	([13,16,239]) ([24,30,255])
<b>Beige</b>	([13,28,241]) ([22,67,249])
<b>Light Brown</b>	([0,18,226]) ([24,255,242])
<b>Medium Brown</b>	([0,18,181]) ([24,255,255])
<b>Dark Brown</b>	([0,18,80]) ([24,255,180])
<b>Very Dark Brown</b>	([0,18,5]) ([24,255,70])

*Tabla 3 Rangos de Colores en el modelo HSV*

Este modelo muestra el rango de colores que se analizaran cada uno de los filtros para el análisis e identificación del tono de piel de las personas.

### **3.5 Base de Datos de Colores**

Para diseñar la base de datos de colores fue necesario conocer la gran mayoría de colores para la base de tonos de piel, pero, encontrar cosméticos que cumplan con esta característica muy específicas de cobertura para cada tono único de piel fue algo complejo pero se logró además se determinó sólo utilizar los seis tonos más básicos y que el Sistema para el reconocimiento de tono de piel podrá clasificar e identificar mediante el establecimiento de rangos para su identificación, los seis tonos de piel a considerar son los siguientes:

- Ivory
- Beige
- Light Brown
- Medium Brown
- Dark Brown
- Very Dark Brown

Estas tonalidades son las bases estándar que son aplicables a los tonos de piel de las personas mismas que pueden ser combinadas entre sí para generar tonos intermedios por el usuario y lograr una cobertura ideal para el usuario.

Posteriormente, a lo que ya se tenía se le fueron agregados estas seis tonalidades de color de piel, cada una con su respectivo límite inferior y superior para poder precisar el rango ideal de la persona y así asignar un tono de base de maquillaje para el usuario a la hora de maquillarse, también se presentan los módulos gráficos del Asesor Virtual de Maquillaje

el cual está reflejado en el código desarrollado y apoyados del modelo de rostros humanos haarcascade\_frontalface\_default.xml por ISC. Jair Emmanuel Fernandez Terrones en contribución con el ISC. Salvador Vázquez Cárdenas.

Conforme a lo descrito en el Esquema General de Implementación de un sistema de Reconocimiento Facial que nos describe las funciones del proceso del reconocimiento facial.

### **3.7 Eficiencia del Sistema para el reconocimiento de tono de piel VS clasificadores automáticos de imágenes**

Una vez presentado esta metodología de trabajo para el reconocimiento de color de piel se analizaron otras alternativas, como la extracción de características de imágenes de cada uno de los tonos de piel, dichas imágenes fueron supervisadas para su clasificación, y de las cuales se extrajeron las características.

Una técnica para extraer características es suponer que los ROI (Region of interest, región de interés) ya se han extraído utilizando algunos algoritmos de segmentación, el enfoque es identificar si un ROI es normal o anormal, y tratando este problema como un problema de clasificación.

En la clasificación un paso importante es la extracción de características; el rendimiento de un sistema CAD (Sistema Asistido por Computadora) en gran medida depende de este paso.

El análisis de imágenes de tono de piel usando la ROI con extensión. DCM, Utiliza una clasificación con valores del 1 al 6.

Las imágenes se encontraban previamente clasificadas por tipo, en carpetas separadas, las cuales contenían lo siguiente:

1. Ivory carpeta con 50 imágenes.
2. Beige carpeta con 50 imágenes.
3. Light Brown carpeta con 50 imágenes.
4. Medium Brown carpeta con 50 imágenes.
5. Dark Brown carpeta con 50 imágenes.
6. Very Dark Brown carpeta con 50 imágenes.

En el reconcomiendo facial, uno de los factores más importantes es la precisión del algoritmo utilizado para su identificación el cual es la parte fundamental del Sistema para el reconocimiento de tono de piel, agregando como característica principal la clasificación de los tonos de piel mediante el cual el sistema puede identificar esos rasgos del rostro para obtener el resultado esperado.

Así mismo la extracción de características es otro método de identificación, con base a la información extraída se puede clasificar conforme a los tonos de piel y clasificar cada una de las imágenes de los rostros con diferentes algoritmos clasificadores.

Para realizar el análisis de las imágenes y extraer las características de las mismas, se utilizó el código del archivo `extraction_of_features.m`, realizado en Matlab

El análisis de las imágenes se realizó de forma separada para cada una de las carpetas previamente clasificadas, obteniendo de cada una de ellas dos archivos en formato CSV: “`statisticalFeatures`” y “`multiresolutionFeatures_5`”. A cada uno de los archivos se les agregó al final una columna con el número del tipo al que pertenecen. Al analizar las seis carpetas, se obtuvieron un total de doce archivos. Posteriormente se hizo el concentrado de

la información en dos archivos, uno para “statisticalFeatures” y otro para “multiresolutionFeatures\_5”.

Una vez generados los dos archivos en formato CSV, se procedió a convertirlos a formato ARFF, con el fin de manipularlos y analizarlos con la herramienta denominada WEKA. El procedimiento para convertir el archivo CSV a ARFF que se utilizó fue el siguiente:

1. Abrir el archivo en SUBLIME TEXT versión 3.0
2. Agregar las cabeceras al archivo, las cuales son: @RELATION, @ATTRIBUTE y @DATA, en los cuales se define la estructura de los datos y las clases correspondientes.
3. Guardar el archivo con extensión ARFF.

El análisis de los datos de los archivos ARFF se realizó para ambos archivos: “statisticalFeatures” y “multiresolutionFeatures\_5”, obteniendo los siguientes resultados en la figura 12.

Dichas figuras muestran la clasificación de las características extraídas de las imágenes y son clasificadas conforme el color de piel de cada una de ellas y se presentan agrupadas conforme a la similitud de sus datos en determinado espacio con el archivo multiresolutionFeatures\_5.

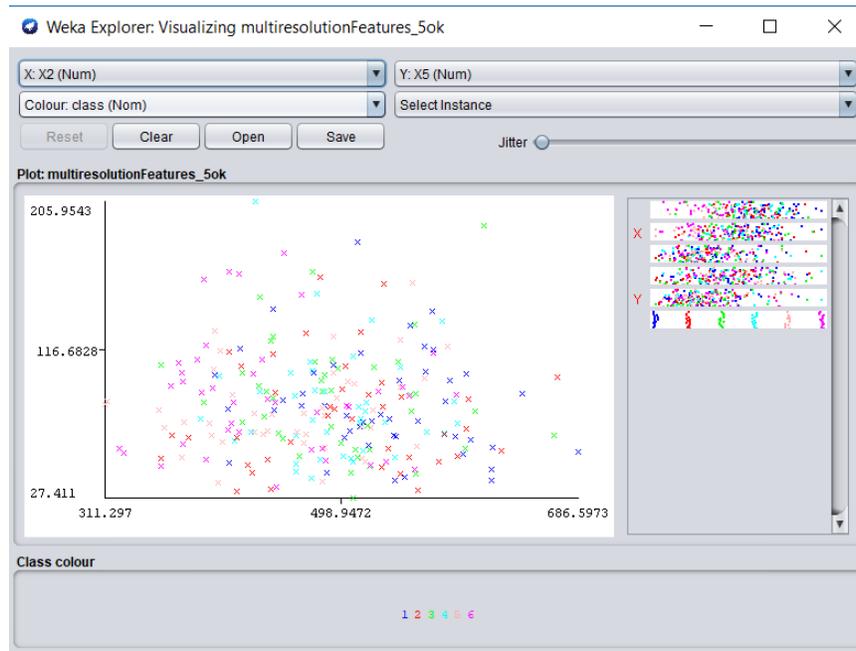


Figura 12 Resultados visuales análisis de multiresolutionFeatures\_5

Se aplicaron distintos clasificadores para visualizar su porcentaje de efectividad con respecto a la clasificación de las características extraídas, con un porcentaje Split del 60%, dando por resultado lo siguiente en la tabla 4:

Clasificador	Resultado		
<b>BayesNet:</b>	Correctly Classified Instances	68	27.0916 %
	Incorrectly Classified Instances	183	72.9084 %
	Kappa statistic	0.1137	
	Mean absolute error	0.2644	
	Root mean squared error	0.3656	
	Relative absolute error	95.2375 %	
	Root relative squared error	98.1209 %	
	Total Number of Instances	251	

<b>NaiveBayes</b>	Correctly Classified Instances	65	25.8964 %
	Incorrectly Classified Instances	186	74.1036 %
	Kappa statistic	0.1073	
	Mean absolute error	0.2555	
	Root mean squared error	0.3705	
	Relative absolute error	92.0301 %	
	Root relative squared error	99.4321 %	
	Total Number of Instances	251	
<b>DecisionSump</b>	Correctly Classified Instances	70	27.8884 %
	Incorrectly Classified Instances	181	72.1116 %
	Kappa statistic	0.1231	
	Mean absolute error	0.2642	
	Root mean squared error	0.3651	
	Relative absolute error	95.1572 %	
	Root relative squared error	97.9807 %	
	Total Number of Instances	251	
<b>RandomTree</b>	Correctly Classified Instances	22	22 %
	Incorrectly Classified Instances	78	78 %
	Kappa statistic	0.0679	
	Mean absolute error	0.26	
	Root mean squared error	0.5099	
	Relative absolute error	93.4952 %	
	Root relative squared error	136.5392 %	
	Total Number of Instances	100	
<b>SMV</b>	Correctly Classified Instances	31	31 %
	Incorrectly Classified Instances	69	69 %
	Kappa statistic	0.185	

	Mean absolute error	0.2596		
	Root mean squared error	0.3646		
	Relative absolute error	93.3354 %		
	Root relative squared error	97.631 %		
	Total Number of Instances	100		
<b>RandomForest</b>	Correctly Classified Instances	24	24	%
	Incorrectly Classified Instances	76	76	%
	Kappa statistic	0.0854		
	Mean absolute error	0.2561		
	Root mean squared error	0.3726		
	Relative absolute error	92.0928 %		
	Root relative squared error	99.7691 %		
	Total Number of Instances	100		

*Tabla 4 Resultado de los Clasificadores en multiresolutionFeatures\_5*

Como se puede observar, en la tabla 4 se pueden identificar los resultados obtenidos mediante los diferentes algoritmos clasificadores presentan Correctly Classified Instances (Instancias Correctamente Clasificadas) en un rango de 22 y 31 por ciento y con Incorrectly Classified Instances (Instancias Incorrectamente clasificadas) de 69 a 78 porciento de error al clasificar en el archivo multiresolutionFeatures\_5.

“statisticalFeatures”:

Los resultados de la clasificación de las características extraídas de las imágenes y son clasificadas conforme el color de piel de cada una de ellas y se presentan agrupadas conforme a la similitud de sus datos en determinado espacio con el archivo statisticalFeatures.

Se aplicaron distintos clasificadores para visualizar su porcentaje de efectividad con respecto a la clasificación de las características extraídas, con un porcentaje Split del 60%, dando por resultado lo siguiente en la tabla 5:

<b>Clasificador</b>	<b>Resultado</b>			
<b>BayesNet:</b>	Correctly Classified Instances	44	44	%
	Incorrectly Classified Instances	56	56	%
	Kappa statistic	0.3274		
	Mean absolute error	0.2022		
	Root mean squared error	0.3827		
	Relative absolute error	72.7059 %		
	Root relative squared error	102.484 %		
	Total Number of Instances	100		
<b>NaiveBayes</b>	Correctly Classified Instances	36	36	%
	Incorrectly Classified Instances	64	64	%
	Kappa statistic	0.229		
	Mean absolute error	0.2142		
	Root mean squared error	0.4338		
	Relative absolute error	77.0284 %		
	Root relative squared error	116.1487 %		
	Total Number of Instances	100		
<b>DecisionSump</b>	Correctly Classified Instances	30	30	%
	Incorrectly Classified Instances	70	70	%
	Kappa statistic	0.1544		
	Mean absolute error	0.2542		
	Root mean squared error	0.3565		
	Relative absolute error	91.4188 %		

	Root relative squared error	95.4715 %		
	Total Number of Instances	100		
<b>RandomTree</b>	Correctly Classified Instances	29	29 %	
	Incorrectly Classified Instances	71	71 %	
	Kappa statistic	0.1478		
	Mean absolute error	0.2367		
	Root mean squared error	0.4865		
	Relative absolute error	85.1046 %		
	Root relative squared error	130.2685 %		
	Total Number of Instances	100		
<b>SMV</b>	Correctly Classified Instances	41	41 %	
	Incorrectly Classified Instances	59	59 %	
	Kappa statistic	0.2946		
	Mean absolute error	0.2491		
	Root mean squared error	0.3502		
	Relative absolute error	89.5796 %		
	Root relative squared error	93.7738 %		
	Total Number of Instances	100		
<b>RandomForest</b>	Correctly Classified Instances	38	38 %	
	Incorrectly Classified Instances	62	62 %	
	Kappa statistic	0.2566		
	Mean absolute error	0.2338		
	Root mean squared error	0.3401		
	Relative absolute error	84.0857 %		
	Root relative squared error	91.0581 %		
	Total Number of Instances	100		

*Tabla 5 Resultado de los Clasificadores en statisticalFeatures*

Como se pudo observar en la tabla 5, los resultados obtenidos mediante los diferentes algoritmos clasificadores presentan Correctly Classified Instances (Instancias Correctamente Clasificadas) en un rango de 29 y 44 por ciento y con Incorrectly Classified Instances (Instancias Incorrectamente clasificadas) de 56 a 71 por ciento de error al clasificar en el archivo statisticalFeatures.

El análisis de la Bases de Datos Digital de los tonos de color de piel con la extracción de características ROI que contiene únicamente el área de la imagen del rostro, se llegó a la conclusión que los datos obtenidos al momento de extraer las características de las imágenes con el programa de MATLAB y mismos datos extraídos y analizados con el programa WEKA que es un programa con una colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos, se obtuvo como resultado que los datos extraídos no permiten poder realizar una clasificación óptima que sirva de base para realizar predicciones al momento de clasificar la información de las imágenes.

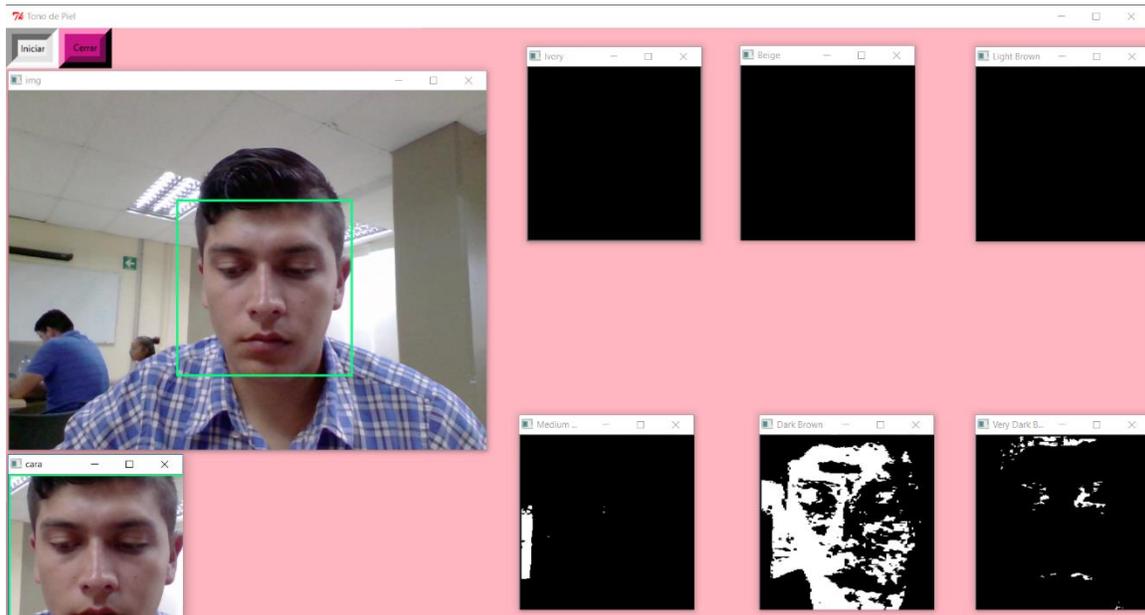
## Capítulo 4 Sistema para el reconocimiento de tono de piel

Una vez desarrollado el Sistema, se diseñó e implementó cada uno de los módulos gráficos que formarán parte del Asesor Virtual de Maquillaje, estos fueron programados con la librería de Python TKInter. Los cuales son presentados en la figura 13, dicha figura muestra la interfaz gráfica de inicio de la aplicación.



*Figura 13 Pantalla de Inicio de Asesor Virtual de  
Maquillaje*

Una vez cargado el sistema se muestra la interfaz principal del Usuario el cual tiene desarrollo del módulo de identificación del tono de piel y con base a éste la sugerencia de la base a utilizar, la interfaz para acceder a dicho módulo. Este módulo contiene el Sistema para el reconocimiento de tono de piel el cual se muestra al presionar el botón de inicio, y manda llamar para que se muestre en pantalla con las ventanas de cada uno de los filtros correspondientes al tono de piel (ver figura 14).



*Figura 14 Sistema para el reconocimiento de tono de piel*

En los módulos de Polvo Traslucido, Rubor, Labios, Ceja, Sombra de Ojos y Delineador solo se presentaron ventanas, las cuales se desarrollarán a futuro.

#### **4.1 Evaluación del Sistema para el reconocimiento de tono de piel**

Para poder verificar la eficiencia del Sistema para el reconocimiento de tono de piel como ya se mencionó, se realizó un estudio de campo con 40 usuarios, lo cual consto de dos partes, la aplicación de una encuesta y la prueba directa sobre el Sistema para el reconocimiento de tono de piel.

Este estudio fue semi-aleatorio ya que se invitó a los usuarios que deseaban conocer su tono de piel mediante una aplicación en grupos donde no se completaban los 5 de cada grupo se seleccionaban por el profesor tomando en cuenta su criterio para el tono de piel.

En la encuesta se realizaron preguntas generales con respecto al tono de piel y si al usuario le interesaría conocer esta característica del rostro mediante un sistema computacional, dicha encuesta se muestra en el Apéndice A:

Cuando se realizó la prueba del Sistema para el reconocimiento de tono de piel, se detectó que las condiciones del área de trabajo, ubicada en las oficinas de la Escuela preparatoria Regional de Ciudad Guzmán, no contaba con la iluminación adecuada por lo que se tuvo que implementar una ambientación adecuada haciendo uso de una lámpara de escritorio con luz blanca y tono frío para facilitar de una manera adecuada la identificación del tono de piel del usuario.

Una vez contestadas las dos primeras preguntas por parte del usuario, se realizó el análisis de tono de piel del usuario como se muestra en las figuras 15, 16 y 17, prosiguen en contestar las siguientes preguntas haciendo comparativa del tono que creían tener de su tono de piel y del tono que el Sistema para el reconocimiento de tono de piel indicó.



*Figura 15 Análisis 1 de Tono de piel con el Sistema para el reconocimiento de tono de piel*



*Figura 16 Análisis 2 de Tono de piel con el Sistema para el reconocimiento de tono de piel*



*Figura 17 Análisis 3 de Tono de piel con el Sistema para el reconocimiento de tono de piel*

Una vez realizada la prueba a los 40 usuarios, se obtuvieron los siguientes resultados de las encuestas y la satisfacción del usuario con respecto al análisis y a la aceptación del usuario a la aplicación, como se muestra en las gráficas de resultados de la encuesta de las figuras 18, 19, 20, 21 y 22.

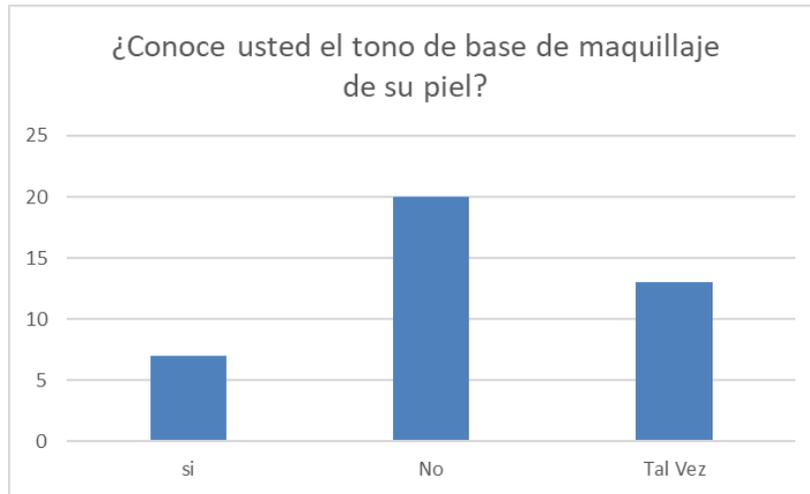


Figura 18 Pregunta 1 Conoce usted el tono de base de maquillaje de su piel?

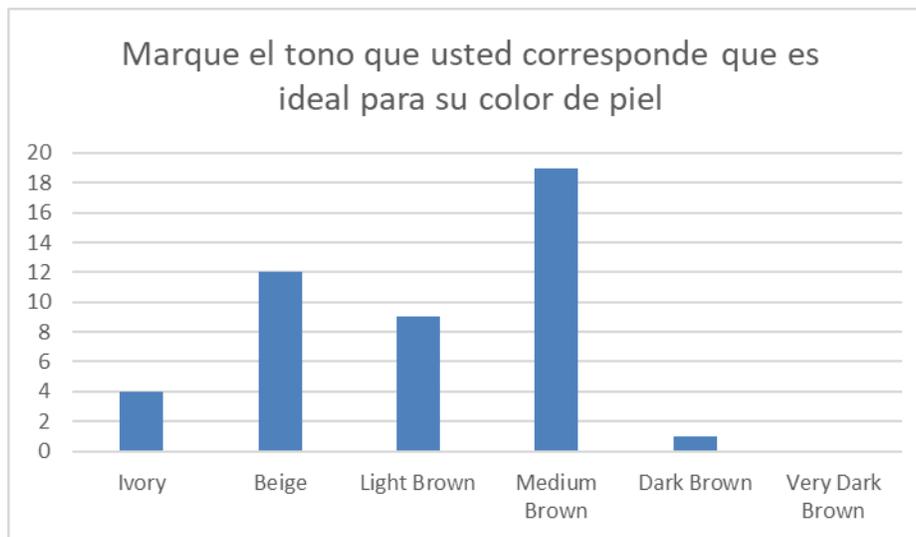
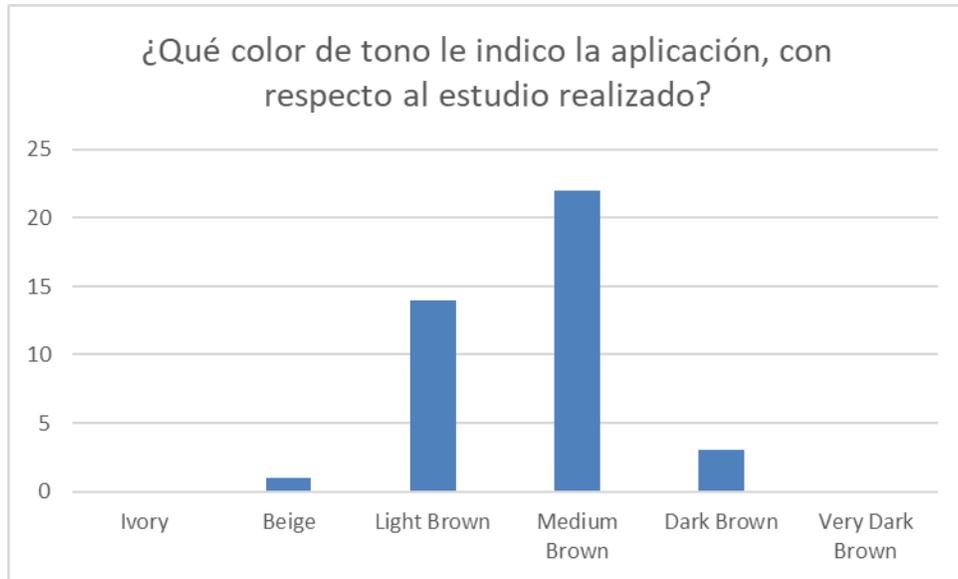
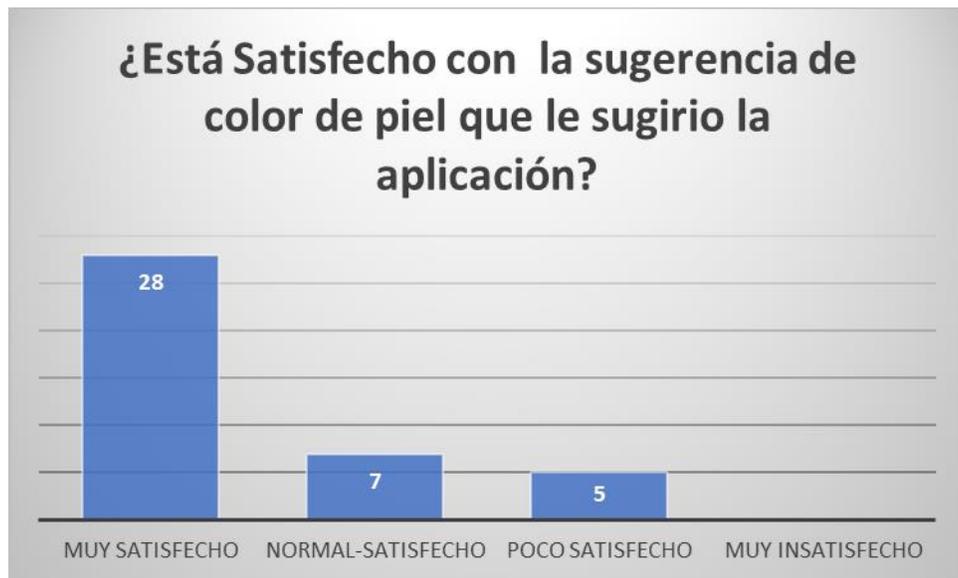


Figura 19 Pregunta 2 Marque el Tono que usted corresponde que es ideal para su tono de piel.



*Figura 20 Pregunta 3 Color de tono le indicó la aplicación con respecto al estudio realizado.*



*Figura 21 Pregunta 4 está satisfecho con la sugerencia del color de piel que le sugirió la aplicación.*



*Figura 22 Pregunta 5 recomendaría esta aplicación a otras personas para que conozcan su tono de piel.*

Con respecto a la aplicación de las encuestas un 82% de las personas no conocen con precisión su tono de piel y pueden identificar con el rango de colores su tono, pero aun así no están totalmente seguros sobre ellos, por eso el Sistema para el reconocimiento de tono de piel analizó estas características de cada uno de ellos logrando que el 70% de los encuestados están muy satisfechos con el resultado del análisis. Y un 17.5% de los encuestados está un Normalmente satisfechos y 12.5% se encuentran poco satisfechos, a su vez el 97.5% de los usuarios recomendarían a otra persona la aplicación para conocer su tono de piel y un 2.5% de los encuestados no la recomendaría, dado que el margen de aceptación es superior, la aplicación cumplió con el objetivo de ser aceptada entre los usuarios.

## **4.2 Recomendaciones**

- Es importante retomar que el Sistema para el reconocimiento de tono de piel identifica el tono de piel de las personas, así como el rostro de las mismas y para el desarrollo de los módulos posteriores dependen funcionalmente de él, y para el estudio de los demás módulos es importante respetar los resultados de tono de piel y poder asignar los colores correspondientes a cada uno de ellos.
- La velocidad del sistema depende del hardware utilizado, es decir que al utilizar dispositivos como cámaras Web y la Velocidad del Procesador para el mejor funcionamiento del Sistema para el reconocimiento de tono de piel.
- Este sistema ha sido diseñado para analizar el tono de piel de las personas en el área de cosmetología, sin embargo, podría llegar a realizar el análisis de diversos modelos de diferentes áreas que deseen identificar el tono de piel del rostro.
- Se podría incrementar la precisión del sistema agregando luz blanca en tono frío para evitar efectos de sombra.
- El sistema puede reprogramarse con la finalidad de analizar una determinada área de interés.

## **4.3 Limitaciones observadas**

- El sistema no funciona para analizar otro tipo de objetos debido a que fue diseñado para la identificación del rostro con rangos de las tonalidades de piel.
- El rostro no puede ser analizado cuando se presenta la ausencia de una luz clara y nítida.

- El rendimiento del sistema depende directamente del hardware utilizado.
- La cámara de adquisición de la imagen, no puede ser afectada por rayos de luz que impacten de forma directa sobre el lente, debido a la sensibilidad que debe existir hacia la luz proveniente de las lámparas de iluminación del sistema.

## **Capítulo 5 Capítulo 5 Conclusión y Trabajo Futuro**

### **5.1 Conclusión**

La identificación facial de rostro es un tema activo de investigación. Existe una variedad de técnicas que van desde reconocimiento facial en imágenes hasta reconocimiento basado en video. Los principales métodos son Holísticos, locales geométricos, Técnicas 3D, Técnicas de análisis de textura de piel. Estos métodos usan principalmente esta característica de clasificación donde se utilizan modelos de comparación para le reconcomiendo con una base de datos para poder reducir el espacio de búsqueda con un número menor de coeficientes, además de características geométricas de las caras basado en vectores característicos extraídos del perfil a partir de una vista frontal, para el caso de las técnicas 3D es necesario sensores para captar la información sobre la cara y así poder extraer las características del rostro como su profundidad y dimensionarla.

Los principales retos a considerar para detección facial es extraer la región de interés en este caso el rostro y solo trabajar con ellos y a su vez la conversión de colores a HSV para la interpretación computacional del color de piel.

Uno de los elementos principales que se deben considerar en un algoritmo es precisar la identificación del rostro y poder eliminar el ruido de las imágenes, es teste particular caso el ruido son las imágenes de fondo de atrás del rostro, una vez identificado el rostro se deben establecer rangos de colores conforme a los tonos de piel para poder asignar dicho tono a una de las 6 clasificaciones.

Las 6 principales clasificaciones de tono de piel van del I al VI que corresponden a Ivory, Beige, Light Brown, Medium Brown, Dark Brown y Very Dark Brown las cuales se establecieron ciertos rangos computacionales en el modelo HSV para la identificación de

colores en tiempo real, y así poder precisar cuál es la base de maquillaje correspondiente a su tono de piel.

La integración de los algoritmos de identificación de rostros va relacionado con el respaldo obtenido y poder extraer de la región de interés marcada por el mismo para la identificación de tono de piel conforme a las características del sistema de identificación de tono de piel asignándole una etiqueta a cada uno de los rangos y así sugerir el tono base de maquillaje a aplicar.

Por su parte, un clasificador automático tiene que tener tres componentes: una base de datos de colores, la identificación del tono de piel, y la identificación de la región de interés estos elementos basados en el desarrollo incremental. El algoritmo desarrollado en este trabajo se probó en 40 usuarios de 15 a 18 años con una eficiencia del 90% similar a los principales clasificadores automáticos de color facial.

Dada las características del sistema desarrollado, el modelo elegido es un pipe-line en el cual la salida de un módulo es la entrada de otro módulo.

El sistema desarrollado se evaluó y obtuvo una aceptación del 80% en la identificación del color. Además, dados la evaluación se identificó que frecuentemente las personas tienen dificultades para identificar su color de piel, o lo desconocen completamente y así mediante esta técnica de identificación de tono de piel pueden saber su tono correspondiente.

Es una realidad que el uso de la tecnología como la Visión Artificial en el área de la Inteligencia Artificial para optimizar los procesos y, sobre todo, la toma de decisiones, es uno de los puntos que mayor peso están adquiriendo en todas las áreas de investigación, cada aplicación debe ser hecha a la medida y bajo las limitaciones que el usuario del sistema va a enfrentar. Por ello se vuelve un área muy abierta a la creatividad y en donde un problema nunca está resuelto de forma general.

La identificación de tono de piel con el Sistema para el reconocimiento de tono de piel es la parte fundamental del proyecto, ya que fue capaz de clasificar, identificar y dar sugerencias del color de la base del maquillaje más adecuado de acuerdo al tono de piel de las personas, dicho proceso fue desarrollado minuciosamente con un estudio de campo el cual permitió que el Sistema para el reconocimiento de tono de piel fuera capaz de identificar el tono de piel de las personas.

Este Clasificador es capaz de poder identificar el tono de piel mediante el uso de filtros de extracción de características con la Librería OpenCV y el lenguaje de programación Python, los cuales han desarrollado algoritmos especializados para la identificación y clasificación del rostro.

Por lo tanto, se cumplió con el objetivo principal del proyecto logrando el desarrollo de un Sistema para el reconocimiento de tono de piel capaz de clasificar e identificar el tono de piel de las personas para la aplicación de maquillaje y con base a esto sugerir la tonalidad más adecuada a utilizar.

Es importante resaltar que la efectividad de este tipo de desarrollos se ve afectado variaciones de luz y rotaciones en profundidad, que pueden producir cambios que difícilmente podremos abarcar con los algoritmos actuales. No obstante, estos algoritmos siguen en continuo avance.

## **5.2 Trabajo Futuro**

El desarrollo del Asesor Virtual de Maquillaje consta de siete módulos importantes que engloban el estudio a profundidad del rostro como lo son: Simetría del Rostro,

Clasificación de Cejas, Ojos, Boca, Nariz y Labios dicho estudio debe presentarse de manera consecutiva y desarrollando de manera incremental y con relación de los módulos anteriores, ya que dependen funcionalmente del estudio previo de cada una de las características, como por ejemplo es importante basarse en el tono de piel indicado por el primer módulo para poder sugerir una colorimetría en el estudio y clasificación de los ojos, y así poder asignar los diferentes colores con respecto al tono de piel del usuario y así lograr obtener la mejor sugerencia en cada uno de los procesos de maquillaje que son representados en los módulos posteriores a desarrollar.

## **Bibliografía**

Gettysburg College. (2013, March 14). New sign of aging: Lessening contrast in facial features. ScienceDaily. Retrieved August 21, 2018 from [www.sciencedaily.com/releases/2013/03/130314110331.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2013/03/130314110331.htm)

Kirschbaum, R. (2018). Tu make up perfecto, ¡en solo 10 pasos!. Retrieved from [https://www.clarin.com/entremujeres/make-up-bobbi-brown-consejos-tips-10-pasos\\_0\\_SkZsMaKP7x.html](https://www.clarin.com/entremujeres/make-up-bobbi-brown-consejos-tips-10-pasos_0_SkZsMaKP7x.html)

Sachdeva S. Fitzpatrick skin typing: Applications in dermatology. Indian J Dermatol Venereol Leprol 2009;75:93-6

Perfect Corp , YouCam Makeup, Perfect Corp: YouCam Makeup & YouCam Perfect App Creator <https://www.perfectcorp.com/app/ymk>

Fotoable, Inc. Editor de Fotos-InstaBeauty, uptodown <https://instabeauty.uptodown.com/android>

Fotoable,Inc. Foto Editor. You Makeup, Google Play, [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fotoable.makeup&hl=es\\_419](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fotoable.makeup&hl=es_419)

Perfect365,Inc., Perfect365, Google Play, [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arcsoft.perfect365&hl=es\\_419](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.arcsoft.perfect365&hl=es_419)

Mary Kay Inc., Maquillaje Virtual MARY KAY. Apple , <https://itunes.apple.com/es/app/maquillaje-virtual-mary-kay/id504989389?mt=8>

VI. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES. (2018). Retrieved from [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec\\_9.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/084/htm/sec_9.htm)

Miguel A. Vázquez (2014) Sistema de Reconocimiento Facial Mediante Técnicas de Visión Tridimensional (Doctoral) Universidad Politécnica de Madrid

Luis Pérez, Santiago Caballero, Felipe Trujillo, (2015) Factores en el reconocimiento facial de emociones y la integración de optimización evolutiva. Universidad Tecnológica de la Mixteca

Andrés López, Cyntia Mendoza, Luis Reyes, Edgar Alejandro Araiza, Juan Ramos, Jesús Pedraza, (2015) Sistema de Autenticación Facial mediante la Implementación del algoritmo PCA modificado en Sistemas embebidos con arquitectura ARM. Universidad Autónoma de Querétaro

Bronstein A.M., Bronstein M.M., Kimmel R. (2003) Expression-Invariant 3D Face Recognition. In: Kittler J., Nixon M.S. (eds) Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication. AVBPA 2003. Lecture Notes in Computer Science, vol 2688. Springer, Berlin, Heidelberg

John Fernandez, Phillip Ian Wilson, Facial feature detection using Haar classifiers Journal of Computing Sciences in Colleges Volume 21 Issue 4, April 2006, Pages 127-133

Tabatabai, A., R. Jasindchi, and T. Naveen. Motion estimation methods for video compression – A review. Elsevier Science Ltd, J. Franklin Inst, 335B(8):1411:1441. 1998.

Barron, J. and D. Fleet. Performance of Optical-Flow Techniques. International Journal of Computer Vision 12(1): 43-77. 1994

Von Helmholtz, D. Treatise on physiological optics. Translated from the 3rd German

Edition. Vol.I James. Southall, JPC Dover Publications. 1925

Modelo de color HSV. (2018). Retrieved from [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_de\\_color\\_HSV](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_color_HSV)

Centro de Calculo Laboratorio de Informática, Escuela superior de Ingeniería y Tecnología, Introducción a las Redes de Bayes. from [http://cc.etsii.ull.es/ftp/antiguo/INTART/prac4\\_06/Intro%20NETICA.pdf](http://cc.etsii.ull.es/ftp/antiguo/INTART/prac4_06/Intro%20NETICA.pdf)

Russell, Stuart; Norvig, Peter (2003) [1995]. Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.). Prentice Hall

Rokach, Lior; Maimon, O. (2008). Data mining with decision trees: theory and applications. World Scientific Pub Co Inc.

Breiman, Leo (2001). «Random Forests». Machine Learning

IBM Knowledge Center, Arboles Aleatorios, recuperado [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7\\_sub/modeler\\_mainhelp\\_client\\_ddita/clementine/rf\\_general.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS3RA7_sub/modeler_mainhelp_client_ddita/clementine/rf_general.html)

Alba Castro, José Luis. «Máquinas de Vectores Soporte (SVM)

D.A. Forsyth, and J. Ponce. Computer Vision: A Modern Approach. Prentice Hall Professional Technical Reference. 2nd edition 2011.

Mordvintsev, A., & K, A. (2018). Face Detection using Haar Cascades — OpenCV-Python Tutorials 1 documentation. Retrieved from [http://OpenCV-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py\\_tutorials/py\\_objdetect/py\\_face\\_detection/py\\_face\\_detection.html#face-detection](http://OpenCV-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_objdetect/py_face_detection/py_face_detection.html#face-detection)

Detección de colores con OpenCV y Python – robologs. (2018). Retrieved from <http://robologs.net/2014/07/02/deteccion-de-colores-con-OpenCV-y-python/>

Reconocimiento facial con OpenCV + webcam – robologs. (2018). Retrieved from <https://robologs.net/2014/05/26/reconocimiento-facial-con-opencv-webcam/>

Rosebrock, A. (2018). Tutorial: Skin Detection Example using Python and OpenCV. Retrieved from <https://www.pyimagesearch.com/2014/08/18/skin-detection-step-step-example-using-python-opencv/>

Gettysburg College. “*Why Cosmetics Work: More Depth to Facial Differences Between Men and Women Than Presumed.*” ScienceDaily. ScienceDaily, 21 October 2009. <[www.sciencedaily.com/releases/2009/10/091020153100.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2009/10/091020153100.htm)>.

Gettysburg College. “*New sign of aging: Lessening contrast in facial features.*” ScienceDaily. ScienceDaily, 14 March 2013. <[www.sciencedaily.com/releases/2013/03/130314110331.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2013/03/130314110331.htm)>.

A. Torralba. *Contextual priming for object detection*. International Journal of Computer Vision, Vol. 53(2), 169-191, 2003.

P. Felzenszwalb, R. Girshick, D. McAllester, D. Ramanan. *Object Detection with Discriminatively Trained Part Based Models*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 32, No. 9, September 2010.

B. Cestnik, I. Kononenko, I. Bratko (1987). ASSISTANT-86: A knowledge elicitation tool for sophisticated users. Progress in Machine Learning, 31–45, Sigma Press.

C. Chow, C. Liu (1968). *Approximating discrete probability distributions with dependence trees*. IEEE Transactions on Information Theory, 14, 462–467.

F. J. Díez, E. Nell (1998). *Introducción al Razonamiento Aproximado*. Departamento de Inteligencia Artificial. UNED.

R. Duda, P. Hart (1973). *Pattern Classification and Scene Analysis*. John Wiley and Sons.

N. Friedman, D. Geiger, M. Goldszmidt (1997). Bayesian network classifiers. *Machine Learning*, 29, 131–163.

A. Gammerman, A. R. Thatcher (1991). Bayesian diagnostic probabilities without assuming independence of symptoms. *Methods of Information in Medicine*, 30, 15–22.

Introducción A la visión por computador Universidad Carlos III de Madrid Arturo de la Escalera Hueso José María Armingol Moreno Área de ingeniería de Sistemas y Automática. 2ª Edición, MCMXCVIII, Madrid, España.

Tratamiento Digital de Voz e Imagen y Aplicación a la Multimedia Marcos Faúndez Zanuy Alfaomega Grupo Editor Marcombo S. A. Barcelona, España. December 1998, Release 0.1 1998/12/16