

Prototipo de un sistema biométrico de huellas labiales para la identificación y reconocimiento de estudiantes de la Universidad Santo Tomás

Mislen Beatriz Anaya Martínez y Dwiny Sarey Maldonado Arias

Trabajo de grado para optar por el título de Odontólogo.

Directora:

**Jenny Johana Matallana Jerez
Esp. Odontología legal y Forense**

Codirectora:

**Sonia Constanza Concha
PhD. Salud Pública**

Asesora Metodológica:

Andrea Johanna Almario Barrera

Colaboradores:

**Luis Fernando Perico Remolina
Ingeniero Mecatrónico
Hedinyer Mauricio Perucho Sequeda
Estudiante de Ingeniería Mecatrónica**

**Universidad Santo Tomás de Floridablanca
División de Ciencias de la Salud
Facultad de Odontología
2019**

Tabla de contenido

1. Introducción	10
1.1 Planteamiento del problema	11
1.2 Justificación	13
2. Marco teórico	14
2.1 Pruebas psicométricas o de medición	14
2.1.1 Validez.	14
2.1.2 Confiabilidad.	14
2.1.3 Sensibilidad al cambio.	16
2.2 Identificación	16
2.2.1 Definición de identificación.	16
2.2.2 Importancia de identificación.	16
2.2.3 Rasgos utilizados para la identificación.	17
2.3 Huellas labiales	18
2.3.1 Definición de labio.	18
2.3.2 Antecedentes históricos.	19
2.4 Queiloscopia.	19
2.4.1 Clasificación labial.	19
2.4.2 Tipos de comisura labiales.	19
2.4.3 Tipos de huellas labiales.	20
2.4.4 Características de las huellas.	20
2.4.5 Clasificaciones para el estudio queiloscópico.	21
2.5 Métodos en la toma de la huella y revelado.	22
2.5.1 Método tradicional.	22
2.5.2 Reveladores físicos.	23
2.5.3 Reveladores químicos.	23
2.5.4 Polvos fluorescentes.	23
2.5.5 Lisocromos.	23
2.5.6 Revelación con láser.	23
2.5.7 Sistemas biométricos.	23
2.6 Casos de huellas labiales	23
2.6.1 Los casos japoneses.	23
2.6.2. La huella dejada en el parachoques.	24
2.6.3 El robo al banco.	24
2.6.4 La huella en la fotografía.	24
2.6.5 Los casos en Europa.	24
2.7 Biometría	25
2.7.1 Definición de biometría.	25
2.7.2 Características que debe tener un sistema biométrico.	25
2.7.3 Clasificación de los sistemas biométricos.	26
2.7.4 Rasgos usados en biometría.	26
2.7.5 Procesamiento de la información de los sistemas biométricos.	28
2.7.6 Sistema de reconocimiento en modo identificación.	30
2.7.7 Sistema de reconocimiento en modo verificación.	30

2.8 Aprendizaje automático	31
2.8.1 Conjunto de datos	32
2.8.2 Privacidad y asuntos legales.....	32
2.8.3 Aprendizaje profundo en imágenes médicas.....	32
2.8.4 Cálculos lógicos con neuronas	32
2.9 Red neuronal artificial	32
2.9.1 Arquitectura típica de una red neuronal artificial.....	33
2.9.2 Modo de aprendizaje.....	34
2.9.3 Modo recuerdo o de ejecución.	35
2.9.4 Evaluación de resultados.....	35
2.9.5 Arquitectura típica de un sistema biométrico.....	37
2.9.6 Antecedentes de sistemas tecnológicos que analizan las huellas labiales.	38
3. Objetivos.....	40
3.1 Objetivo general	40
3.2 Objetivos específicos.....	40
4. Hipótesis	41
5. Materiales y métodos	41
5.1 Tipo de estudio.....	41
5.2. Universo.....	41
5.2.1 Población.....	41
5.2.2 Muestra y tipo de muestreo.	41
5.3 Criterios de selección.....	42
5.3.1 Criterios de inclusión.	42
5.3.2 Criterios de exclusión.	42
5.4. Variables	42
5.5 Instrumento	45
5.6 Procedimiento	45
5.6.1 Obtención de la fotografía de la huella labial:	45
5.6.2 Obtención de la impresión de la huella labial:	47
5.6.3 Procesamiento de la información.	47
5.6.4 Evaluación del rendimiento.....	50
5.7 Plan de análisis estadístico.....	50
5.7.1 Análisis univariado	50
5.7.2 Análisis Bivariado	51
5.8 Consideraciones bioéticas.....	51
5.9 Prueba piloto	51
5.9.1 Selección de sujetos/ tamaño de muestra	51
5.9.2 Aplicación del método	51
6. Resultados	52
6.1 Descripción de los participantes.....	52
6.2 Validación del prototipo	53
7. decision.....	60
7.2 Conclusiones	62
7.3 Recomendaciones.....	63
8. Referencias bibliográficas	64
Apéndice A. Cuadro de Operacionalización de variables	68

Apéndice B. Instrumento.....	70
Apéndice C Plan de análisis Univariado	73
Apéndice D. Plan de análisis Bivariado.	74
Apéndice E. Consentimiento Informado Individual	75

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Descripción de los participantes según variables sociodemográficas y particulares del estudio.</i>	52
--	----

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Diversas formas de comisuras labiales.	20
<i>Figura 2.</i> Clasificación queiloscópica de Suzuki y Tsuchihashi.	21
<i>Figura 3.</i> Clasificación queiloscópica de Renaud.	22
<i>Figura 4.</i> Partes de huella dactilar.	26
<i>Figura 5.</i> Sistema Biométrico del iris.	27
<i>Figura 6.</i> Sistema Biométrico de biometría de la mano.	28
<i>Figura 7.</i> Puntos analizados en el reconocimiento facial.	28
<i>Figura 8.</i> Estructura de un sistema de verificación biométrica.	30
<i>Figura 9.</i> Proceso de reconocimiento para obtener un resultado de verificación del usuario.	31
<i>Figura 10.</i> Neurona biológica y esquema de neurona artificial.	33
<i>Figura 11.</i> Arquitecturas neuronales.	34
<i>Figura 12.</i> Curva FRR-FAR.	36
<i>Figura 13.</i> Curva ROC.	37
<i>Figura 14.</i> Curva DET.	37
<i>Figura 15.</i> Programa Queilosoft.	38
<i>Figura 16.</i> Impresión labial, fotografía y fotografía del labio delimitada según la clasificación de Suzuki y Tsuchihashi.	39
<i>Figura 17.</i> Procedimiento utilizado posterior al escaneado para analizar cada huella labial.	40
<i>Figura 18.</i> Cubículo número 3 de la Biblioteca de la Universidad Santo Tomás sede Floridablanca, lugar para la toma de las fotografías e impresiones labiales.	45
<i>Figura 19.</i> Espacio y ambiente utilizado para realizar el procedimiento para la toma de muestras.	46
<i>Figura 20.</i> Ambiente del espacio con luz fluorescente artificial y lámpara de luz led artificial utilizada.	46
<i>Figura 21.</i> Fotografías del tercio inferior de la cara participante número seis del estudio.	46
<i>Figura 22.</i> Proceso de obtención de la impresión de la huella labial.	47
<i>Figura 23.</i> Lenguaje de programación “Python” utilizado.	48
<i>Figura 24.</i> Aislamiento de los labios del resto de la imagen con librería de software Opencv, participante número seis y número dos.	49
<i>Figura 25.</i> Comparación de características mediante “feature matching by brute force” de dos usuarios diferentes.	49
<i>Figura 26.</i> Comparación de características mediante “feature matching by brute force” de dos usuarios idénticos.	50
<i>Figura 27.</i> Diagrama de flujo para la aceptación de una imagen. Fuente: Propia.	55
<i>Figura 28.</i> Sistema en modo registro del usuario.	56
<i>Figura 29.</i> Sistema en modo validación del usuario.	56
<i>Figura 30.</i> Sistema modo verificación si el usuario se encuentra o no registrado.	57
<i>Figura 31.</i> Participante escogido al azar para realizar la prueba vs participante a comparar.	57
<i>Figura 32.</i> Comparación mediante visión artificial y redes neuronales en dos usuarios diferentes.	58
<i>Figura 33.</i> Relación de histogramas de blancos y negro en dos usuarios diferentes.	58
<i>Figura 34.</i> Comparación mediante visión artificial y redes neuronales en dos usuarios idénticos.	58
<i>Figura 35.</i> Relación de histogramas de blancos y negros en dos usuarios idénticos.	59
<i>Figura 36.</i> Ecuación para hallar correlación de los histogramas. Fuente: Propia.	59

<i>Figura 37.</i> Gráfico diferencia entre tomas de cada participante. Fuente: Propia.	59
<i>Figura 38.</i> Gráfico tiempo de reconocimiento por participante para dar el resultado final.	60

Resumen

Introducción: Los sistemas de identificación biométricos son herramientas que permiten medir e identificar las características de los seres humanos, basados en uno o más rasgos conductuales o físicos únicos en cada individuo. La Queiloscopía es un método de identificación biométrica, que se basa en el reconocimiento de los patrones de las huellas labiales, sirviendo como alternativa en la identificación, validación y prueba en eventos criminales, fortaleciendo así las estrategias en el campo legal, forense y de seguridad.

Objetivos: Con la implementación de un prototipo de sistema de identificación y reconocimiento biométrico soportado en las huellas labiales, se establece una alternativa que permitirá capturar este rasgo con mayor precisión y su almacenamiento, lo que permitirá cerrar procesos de duelos ante sucesos violentos, realizar cotejos de una manera rápida y eficaz, e identificar a las personas cuando esto se requiera. Con esta motivación, se presenta el desarrollo y validación de un prototipo de sistema biométrico para realizar los procedimientos de registro y autenticidad de la identidad de personas con imágenes digitales de las huellas labiales.

Materiales y métodos: Para desarrollar lo planteado se utilizó una cámara con sensor COMS, fuentes de iluminación artificial fluorescente y un módulo software basado en visión artificial y redes neuronales artificiales computacionales, que simulan el comportamiento del cerebro humano, teniendo como objetivo resolver los problemas de la misma manera que este lo hace, mediante técnicas algorítmicas convencionales.

Para la creación del aplicativo, se utilizó el lenguaje de programación “Python” (Python Programming Language), que facilitó un alto nivel de programación orientada a objetos. Posteriormente se realizó el aislamiento de las regiones de interés del resto de la imagen, con la librería de software llamada “Opencv” (Open Source Computer Vision), que es una biblioteca de visión artificial, dirigida fundamentalmente a la visión por computador en tiempo real, para luego usar la umbralización como técnica de segmentación y finalmente hacer la comparación de características utilizando “*feature matching by brute force*”

Resultados: Se evaluaron las huellas labiales de 100 estudiantes, se creó una entrada en la base de datos para cada usuario con el fin de validar identidad y se evidenció un correcto rechazo de los usuarios no registrados y así mismo una aceptación en todos los usuarios que se encontraban ya establecidos, generando una tasa de verdadero rechazo y verdadera aceptación del 100% con un tiempo en promedio de 454 segundos para dar el resultado final.

Conclusiones: En la presente investigación se evidenció la creación de un nuevo concepto para la identificación de individuos basados en las técnicas de la queiloscopía. El resultado de la aplicación de nuevas tecnologías y de métodos modernos facilitará enormemente la tarea de todos los organismos que requieran de este servicio.

Palabras clave: sistemas de identificación biométricos, huellas labiales, queiloscopía, visión artificial, redes neuronales.

Abstract

Introduction: Biometric identification systems are tools that allow to measure and identify the characteristics of human beings, based on one or more unique behavioral or physical traits in each individual. The Cheiloscopy is a biometric identification method, which is based on the recognition of the patterns of the lip prints, serving as an alternative in the identification, validation and testing of criminal events, thus strengthening the strategies in the legal, forensic and security fields.

Objectives: With the implementation of a biometric recognition and identification system prototype supported in the lip prints, an alternative is established that will allow capturing this trait with greater precision and its storage, which will allow to close processes of duels before violent events, perform collations in a quick and effective way, and identify people when this is required. With this motivation, the development and validation of a biometric system prototype is presented to carry out the registration and authenticity procedures of the identity of people with digital images of the lip prints.

Materials and methods: In order to develop what was proposed, a COMS sensor camera, artificial fluorescent lighting sources and a software module based on artificial vision and computational artificial neural networks were used, which simulate the behavior of the human brain, aiming to solve problems in the same way as it does this, using conventional algorithmic techniques.

For the creation of the application, the programming language "Python" (Python Programming Language) was used, which facilitated a high level of object-oriented programming. Later the isolation of the regions of interest of the rest of the image was made, with the software library called "Opencv" (Open Source Computer Vision), which is a library of artificial vision, directed fundamentally to the vision by computer in real time, to then use the thresholding as a segmentation technique and finally make the comparison of features using "feature matching by brute force"

Results: Lip prints for 100 students were taken, an entry was created in the database for each user in order to validate the identity and a correct rejection of the non-registered users was evidenced, as well as an acceptance in all the registered users. This generated a true rejection rate and true acceptance of 100% with an average time of 454.32 seconds to give the final result.

Conclusions: In the present investigation, the creation of a new concept for the identification of the means in the techniques of cheiloscopy was evidenced. The result of the application of new technologies and methods will greatly facilitate the task of all agencies that require this service.

Keywords: biometric identification systems, lip prints, cheiloscopy, artificial vision, neural networks.

1. Introducción

Las estrategias para reconocer y validar la identidad de las personas son fundamentales en el campo legal, forense y de seguridad; con este fundamento, el presente trabajo está enfocado en validar un prototipo de un sistema biométrico que permita identificar y reconocer a las personas por medio de las huellas labiales. Los sistemas de identificación biométricos son herramientas que permiten medir e identificar las características de los seres humanos basados en uno o más rasgos conductuales o físicos únicos en cada individuo. El sistema biométrico más utilizado para la identificación se soporta en las huellas dactilares; aunque en ciertas circunstancias, no puede utilizarse, por lo tanto existe la necesidad de crear nuevas alternativas(1).

La queiloscopía es un método conocido, pero poco utilizado, que se basa en el reconocimiento de los patrones de las huellas labiales, sirviendo como alternativa en la identificación, validación y prueba en eventos criminales; adicionalmente, no existe un sistema biométrico que permita capturar este tipo de huella y una base de datos que permita cotejar este tipo de evidencia. Con la implementación de un prototipo de sistema de identificación biométrico soportado en las huellas labiales se establece una alternativa que permitirá capturar este rasgo con mayor precisión y su almacenamiento, lo que permitirá cerrar procesos de duelos ante sucesos violentos, realizar cotejos de una manera rápida y eficaz, e identificar a las personas cuando esto se requiera(2).

Con el propósito de responder al objetivo propuesto, el presente trabajo se organizó de la siguiente manera: en el primer capítulo se expone el planteamiento del problema señalando que no existe un sistema biométrico basado en las huellas labiales, por lo que es importante crear un nuevo modelo de sistema que atrape, preserve y recupere este tipo de huella con el propósito de responder a las necesidades ya señaladas.

En el segundo capítulo se muestra el marco teórico que resalta aspectos relacionados con las pruebas psicométricas o de medición de los test, entre las cuales está la validez, la confiabilidad y la sensibilidad al cambio. Además, se exponen elementos relacionados con la identificación como su definición, su importancia, y los rasgos que son utilizados para poder hacer el reconocimiento de las personas. También se presentan aspectos teóricos basados en las huellas labiales, esenciales para la comprensión del tema a trabajar. Se manifiesta, además, aspectos relativos a los sistemas biométricos, los rasgos utilizados en este tipo de sistemas y elementos teóricos que permiten comprender el diseño y uso de estos sistemas biométricos; cerrando este capítulo con investigaciones previas que utilizan diferentes mecanismos digitales para facilitar el proceso de identificación soportado en las huellas labiales.

En el tercer capítulo se muestran los objetivos que apuntan a validar un prototipo de sistema biométrico soportado en las huellas labiales para la identificación que fue realizado en estudiantes de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga que se encuentran matriculados en el primer semestre del 2019. El cuarto capítulo se expresa la hipótesis propuesta para este trabajo en la que se señala que el modelo del sistema biométrico, soportado en las huellas labiales, permitió identificar de manera válida a los estudiantes de la Universidad Santo Tomás que cursan el espacio académico en el primer semestre del 2019.

En el quinto capítulo se consigna el proceso metodológico que involucra los pasos a tener en cuenta para realizar un estudio de evaluación de tecnologías, tomando un universo y una muestra para este, partiendo de criterios de inclusión y exclusión. El procedimiento se llevó a cabo en un cubículo ubicado en la biblioteca de la Universidad Santo Tomás, donde se obtuvieron las tomas fotográficas de los labios y las impresiones labiales, posteriormente fueron analizados los datos y las variables, seguidamente se realizó el respectivo plan de análisis, cerrando finalmente con los resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones.

1.1 Planteamiento del problema

La identificación de las personas es un proceso crucial en diversos campos de la sociedad; en la actualidad la violencia, los eventos catastróficos, la inseguridad en el entorno físico, pero también en el virtual, y la misma atención en salud requieren de procesos que permitan reconocer y validar la identidad de los individuos. En el campo tecnológico, legal y forense se han desarrollado e implementado diferentes mecanismos que permiten verificar o reconocer esta identidad (3).

El fraude en documentos, el robo de identidad, el chantaje, el terrorismo, la falsificación y los delitos informáticos o cibernéticos, obligan a la implementación de nuevas tecnologías biométricas. Con respecto a la cibercriminalidad, Pons señala que entre 2011 y el 2015 se incrementó hasta un 55% de delitos como el acceso e interceptación ilícita de información, interferencias en el sistema de datos, falsificación y fraude informático, delitos contra la propiedad industrial e intelectual, por mencionar algunos, y que señalan la necesidad de implementar nuevas tecnologías que permitan autenticar la identidad de los individuos soportados en las características biológicas de las personas y que controlen el acceso y uso de estos medios tecnológicos (4).

Por otra parte, la identificación errónea de los pacientes es una de las principales causas para que los profesionales provean un tratamiento errado a las personas que atienden, por lo que el Ministerio de Salud en sus paquetes de instrucciones de seguridad al paciente, destacan de forma relevante y sistemática, la necesidad de implementar estrategias que permitan la identificación correcta del paciente(5).

Cuando se habla de violencia, se reconoce que, a lo largo de la historia ésta forma parte de la experiencia humana, su impacto puede ser visto de diferentes formas; en el mundo más de un millón de personas han perdido su vida como resultado de lesiones auto-infringidas, interpersonales o en hechos terroristas (3); en cualquiera de estos casos el reconocimiento de la identidad de las víctimas es fundamental; aunque, en algunas ocasiones es difícil hacer esto por el nivel de deterioro en que el cuerpo se encuentra y por carecer de evidencia que permita constar la identidad.

Desde hace más de medio siglo, Colombia atraviesa un conflicto armado interno, dentro del contexto de la violación de los derechos humanos, causado por distintos actores, generando diversos fenómenos sociales, entre los cuales está los cadáveres en condición de “no identificados”, que generan un vínculo con las ciencias y la antropología forense; viéndose la necesidad de aplicar diferentes tecnologías para resolver esta situación. El sistema de información

Red de Desaparecidos y cadáveres refiere que en Colombia existen 10.756 personas sin identificar, producto de diferentes formas de violencia entre las que se incluye aquellas que surgen en el marco del conflicto armado. El creciente número de cuerpos en esta condición se debe a la limitación en los métodos de identificación, aunque actualmente existen diferentes opciones como son la carta odontológica, el retrato hablado, la rugoscopia, la queiloscopía y técnicas más avanzadas como el ADN, entre otras; en algunas de ellas, sus resultados se ven comprometidos por la carencia de evidencia que permita verificar las identidades (6).

El método más utilizado, en la identificación forense, es la Dactiloscopia que se sustenta en el cotejo de las huellas digitales, ya que estas son únicas en cada individuo y no cambian durante la vida; además, este método cuenta con sistemas biométricos y base de datos que facilitan este proceso de identificación; sin embargo, en la actualidad hay un aumento en el número de fraudes de identidad, que comprometen este tipo de identificación, como son el corte de los pulpejos de los dedos, la mutilación de las extremidades superiores y desaparición de las huellas dactilares por el estado de putrefacción de los cuerpos, entre otros hechos, que impiden la identificación; por ende, se requiere de otros rasgos y de nuevos sistemas digitales con base de datos que almacene los registros de las personas para que sean útiles en dichos procesos (7).

Existe un método basado en las huellas labiales (queiloscopía) que, aunque no es muy común, puede llegar a ser muy útil en antropología forense debido a que aporta información valiosa de una serie de rasgos que son únicos en las personas. Con respecto a la queiloscopía, en la actualidad, se utilizan métodos tradicionales que hacen difícil la captura, la lectura y la interpretación de las huellas labiales. En la recolección de estas huellas surgen obstáculos, pues debido a los materiales y técnicas empleadas estas pueden distorsionarse. También surgen dificultades al momento de realizar la lectura, pues al hacerlo en forma manual es necesario dividir estas huellas en múltiples cuadrantes y observarlas milimétricamente, convirtiéndose en un proceso tedioso y con un bajo nivel de reproducibilidad, comprometiendo la validez de la queiloscopía; señalando con esto, la necesidad de crear sistemas digitales que permitan capturar las huellas labiales y de cotejar la identidad de un individuo a través de estos (8).

Adicionalmente, no existe una base de datos que almacene los registros de las huellas labiales de cada individuo, ya que con el tiempo las muestras, que se recolectan mediante los procedimientos manuales, se van deteriorando y su nitidez disminuyendo, impidiendo así su posterior análisis si se requiere para investigaciones criminales, ya que en estos casos se pueden encontrar huellas de labios, visibles a través de la presencia de lápiz labial, en anteojos, servilletas, ropa y cigarrillos, que indican una relación entre el sujeto y una escena del crimen (9).

La queiloscopía puede ayudar en la validación, en la identificación de personas sospechosas y de cadáveres. Al final, el beneficio recaerá en la sociedad como un todo (9). La creación de nuevas tecnologías digitales puede facilitar la implementación de la técnica, generando validez, velocidad y efectividad en la identificación soportados en las huellas labiales; pero se necesitan nuevas investigaciones, en especial en el desarrollo de métodos digitales por lo que surge el siguiente interrogante.

¿Es posible crear un prototipo de sistema biométrico válido que permita identificar a las personas soportado en las huellas labiales?

1.2 Justificación

La queiloscopía es una técnica alternativa y eficaz en el momento en que no existan evidencias suficientes para realizar identificación en un individuo; esta investigación busca validar un sistema biométrico con base en huellas labiales de cada individuo que permita la interpretación de los caracteres con mayor exactitud, menor tiempo, disminución de costos, viabilidad y permanencia en el almacenamiento de las muestras (10).

En circunstancias donde las personas no puedan ser identificadas o no pueden ser validadas sus identidades mediante las técnicas tradicionales debido a la modificación o ausencia de información para ser procesada surge una problemática que afecta al individuo, esto genera espacios de aprovechamiento para la criminalidad o problemas de salud pública. En el ámbito familiar, la identificación del pariente occiso o desaparecido es parte fundamental para cerrar procesos de duelo ante sucesos violentos. Con la creación de un nuevo modelo de sistema de identificación biométrico se establece una alternativa que permitió que las personas puedan ser identificadas y con esto disminuir el trauma que han sufrido los familiares y allegados en términos psicológicos, económicos y sociales (10).

Incursionar en la implementación de nuevas tecnologías para la identificación personal soportado en las huellas labiales, es valioso para las instituciones de medicina legal y ciencias forenses consolidándose como una herramienta esencial en las investigaciones criminales, las cuales presentan elementos particulares y diversos, puesto que las huellas labiales dejadas en el sitio del delito pueden correlacionarse con gran éxito con el sospechoso ya que poseen características únicas e individuales de grosor, posición de las comisuras, surcos labiales y se pueden obtener hasta 30 días después de producirse. La creación de sistemas alternos con base de datos digital que contengan las huellas labiales de los usuarios de instituciones de atención, fuerzas policiales y de seguridad, como también las instituciones universitarias servirían para realizar los cotejos y los análisis necesarios en el momento de encarar un proceso de investigación de una manera rápida y eficaz al incluir este método en la historia clínica o personal (11).

Generar innovación, patentes y prestigio son aspectos relevantes para la Universidad Santo Tomás ya que trae consigo grandes aportes para el grupo de investigación Salud Integral Bucal (SIB), en su línea de evaluación de tecnologías diagnósticas, así como al grupo de investigación en aplicaciones mecatrónicas (GRAM), en su línea en diseño mecatrónico, vinculados a las Facultades de Odontología y mecatrónica respectivamente. La vinculación y desarrollo de estos proyectos potencia la profesión y el aporte a la sociedad, la gratificación personal, con la generación de nuevos sistemas de reconocimientos e identificación soportados en la odontología forense. Nos permite, además, descubrir y desarrollar destrezas como investigadores al tener un acercamiento a nuevas tecnologías lo que permitirá romper las fronteras de las técnicas actuales mediante el trabajo interdisciplinario y capacitarse como profesionales integrales.

2. Marco teórico

2.1 Pruebas psicométricas o de medición

Los test psicométricos o de medición se constituyen en parámetros que definen una conducta o un rasgo, que permiten hacer descripciones y comparaciones de unas personas con otras y también de una misma persona en diferentes momentos de su vida, mediante estos test se clasifican a las personas en ciertas categorías, por lo que se utilizan como instrumentos auxiliares para la toma de decisiones en una investigación, diagnóstico o clasificación en un grupo determinado de personas (12).

Al utilizar un instrumento independientemente del propósito de la técnica psicométrica se debe tener en cuenta la validez, la confiabilidad y la sensibilidad al cambio.

2.1.1 Validez. La validez permite determinar si el instrumento utilizado está midiendo realmente lo que dice medir. Con respecto a la validez existen diferentes aspectos que se deben considerar:

2.1.1.1 Validez facial. Alude al proceso que comprueba si los ítems de un instrumento son comprensibles para las personas que lo van a contestar y si su presentación es agradable; este tipo de validación es útil cuando un cuestionario se traduce de un idioma a otro ya que las preguntas que lo integran deben tener el mismo contenido del formato original (13).

2.1.1.2 Validez de contenido. Refiere al proceso que se desarrolla para saber si los ítems o interrogantes de un instrumento reflejan la dimensión que se quiere evaluar, pero esto depende de la claridad del constructo estudiado; generalmente, esta validación la realizan expertos que no tienen nada que ver con la elaboración del formato evaluado, y quienes emiten un juicio con relación al contenido de la preguntas y al proceso desarrollado (13).

2.1.1.3 Validez de constructo. Para comprender la validez de constructo es necesario entender que el constructo es una noción teórica que no se puede observar de manera directa, por lo que es necesario crear mecanismo o subrogados que permitan captar el concepto que se propone medir. En el marco de la validez de constructo se analiza tanto la validez discriminante como la validez convergente; la primera prueba que los constructos que se cree que no están relacionados, realmente no lo están; mientras que la segunda verifica que las construcciones que parecen estar relacionadas realmente lo están (13).

2.1.1.4 Validez de criterio. Es el proceso de comparar los resultados obtenidos por una nueva prueba con los valores aceptados como “verdaderos” definidos por un test de referencia o estándar de oro. En el marco de la validez de criterio se analiza la validez concurrente y la validez predictiva (13).

2.1.2 Confiabilidad. La confiabilidad alude a la ausencia de error en las mediciones, lo que determina el grado de consistencia y estabilidad de las puntuaciones obtenidas cuando se hacen varios procesos de medición. Las fuentes de error pueden estar en las respuestas dadas a las

diferentes preguntas de un cuestionario en un momento determinado (consistencia interna), entre distintas administraciones de un mismo instrumento en la misma población (prueba-reprueba), entre diferentes evaluadores (reproducibilidad inter-evaluador) o en entre un mismo evaluador (reproducibilidad intra-evaluador) (13).

Al referir a la confiabilidad, Orozco incluye tres conceptos que son consistencia interna, reproducibilidad y el acuerdo o equivalencia.

2.1.2.1 Consistencia interna. Consiste en que las distintas partes o preguntas que componen el instrumento estén midiendo lo mismo de tal manera que los resultados serán similares entre sí. La confiabilidad a través de la consistencia interna es una de las más utilizadas por los investigadores por requerir una sola aplicación del instrumento lo cual facilita la investigación; para la medición de la consistencia interna se utiliza el Alpha de Cronbach y el coeficiente de Kuder-Richardson (13).

2.1.2.2 Reproducibilidad. Alude a la estabilidad que pueden tener los resultados cuando se aplica dos o más veces el mismo instrumento en una evaluación. Para esto hay que tener en cuenta:

- Escala de medición de la variable
- Número de evaluadores
- Tipo de muestreo
- Independencia en las mediciones
- Tiempo entre evaluaciones

La reproducibilidad puede ser de tres tipos.

1. Prueba- reprueba
2. Inter-evaluador
3. Intra-evaluador

2.1.2.2.1 Prueba- reprueba. Esta evaluación se utiliza cuando se aplica un mismo instrumento en una misma persona y por consiguiente se espera que los resultados obtenidos sean consistentes cuando las condiciones no han cambiado, por lo que el tiempo de aplicación debe ser lo suficientemente largo para que la persona no recuerde en la segunda prueba qué contestó en la primera aplicación, pero lo suficientemente corta como para que la condición analizada se mantenga (13).

2.1.2.2.2 Interevaluador. La reproducibilidad interevaluador analiza la semejanza en la evaluación que pueden hacer dos evaluadores cuando aplican la misma prueba(13).

2.1.2.2.3 Intraevaluador. Refiere la similitud en los resultados reportados por un evaluador cuando éste aplica una prueba específica en dos o más ocasiones (13).

2.1.2.3 Acuerdo. Esta evaluación se aplica cuando se quiere determinar la diferencia que puede existir en los datos obtenidos de dos instrumentos diferentes que se proponen evaluar la misma variable; es decir, dos instrumentos que suponen medir el mismo constructo al aplicar a los mismos

sujetos. Una forma de aplicación sería de manera simultánea donde el orden de presentación va variando de sujeto en sujeto y luego los resultados de ambas formas se correlacionan, otra forma es dejar transcurrir un tiempo entre ambas y con la correlación obtenida se evalúa la equivalencia y la estabilidad de las dos formas (14).

2.1.3 Sensibilidad al cambio. Se determina como la posibilidad de un instrumento para hallar discrepancias en la magnitud de un constructo en el tiempo. Esta cualidad supone que si un cuestionario discrimina entre diferentes estados de salud en un momento determinado, también puede hallar cambios pequeños a través del tiempo (13).

En el presente trabajo se analizará la validez del prototipo de sistema biométrico de huellas labiales considerando específicamente la validez de criterio pues se propone comparar la identidad de cada estudiante, catalogada con si es o no la huella labial de la persona, con la capacidad de identificación que tiene el sistema biométrico sustentado en las huellas labiales, considerando las mismas opciones de respuesta; estableciendo el nivel de sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo del sistema biométrico en prueba. De esta forma las pruebas psicométricas mencionadas en este apartado podrían apoyar los mecanismos de identificación de las personas. Con esto en mente, a continuación, se presentan aspectos básicos que tienen que ver con la identificación de las personas y su importancia.

2.2 Identificación

2.2.1 Definición de identificación. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española identificar es reconocer que la persona o cosa es la misma que se supone que es. Locard definió identificación personal como una operación médico legal con la que se busca establecer la naturaleza del individuo mediante características individuales y propias que lo hacen diferente a sus semejantes ya sea durante la vida o después de la muerte. Un individuo se reconoce por su nombre, género, raza, edad, huellas dactilares, tejidos blandos y tejidos duros que conforman el sistema estomatognático brindando así una evidencia física que ayuda a establecer la identidad de una persona (15).

2.2.2 Importancia de identificación. El identificar a un individuo es un interrogante con el que se vive todos los días, ya sea en lo civil o en lo criminal. La identificación debe hacerse incluso después de la muerte de la persona y entre más pronto mejor para que la víctima sea identificada, esto es un reto tanto para la policía como para la medicina legal y forense, es aún más complejo cuando los cuerpos se recuperan en estados de descomposición o mutilados, los cuales son muy comunes de encontrar en desastres masivos como terremotos, accidentes aéreos, explosiones, etc. La importancia al identificar a un individuo es poder brindar tranquilidad a las familias, comunidades y para las víctimas (16).

Una adecuada identificación en los procesos de investigación criminal conlleva a que no se cometan graves errores judiciales que provocan que la persona reciba un castigo injusto, ya que no han sido responsables de dicho delito. Para el sistema jurídico penal es importante que, así como hay puntos de atención en todas las registradurías locales, se implemente una red eficiente entre la Registraduría Nacional del Estado Civil y las diferentes entidades del Estado para que los procesos

de investigación criminal sean más eficientes y coherentes. En Colombia, actualmente hay tres momentos históricos en la identificación, primero está el registro civil de nacimiento el cual es un derecho de todos los niños y niñas; posteriormente, está la tarjeta de identidad que la registraduría expide al cumplir la persona los 7 años de edad, y finalmente, a los 18 años, momento en que se alcanza la mayoría de edad y se le entrega al individuo la cédula de ciudadanía. Cuando un habitante carece de identificación enfrenta serios problemas ante la sociedad, por ello es importante para la registraduría del Estado civil contar con instrumentos que faciliten a los entes investigativos soporte para judicializar a los individuos en el momento que cometen un delito y completar la investigación con la verdadera identidad de dicha persona. También es de gran importancia la identificación para los menores en Colombia ya que con esto se evita que grupos paramilitares, guerrilla, y demás grupos al margen de la ley abusen y cometan actos violentos contra ellos puesto que una vez obligados a pertenecer a estos grupos, pueden perder la vida y sin un sistema de registro se hace imposible su identificación (17).

La carencia de un buen sistema de identificación también afecta al sistema de atención en salud al despilfarrarse recursos debido a los cobros que se hacen de enfermos fantasmas, cirugías hechas a personas fallecidas, niños a los que nunca se han atendido pero sobre los que se han hecho cobros, todo esto debido a la incapacidad de las instituciones para identificar a sus usuarios (17).

2.2.2.1 Muerte y Crimen. En investigaciones criminales se recupera y examina el cuerpo estableciendo la causa y forma de muerte, luego se identifica el cadáver y si es posible se entrega a sus familiares, lo cual es esencial para el cierre formal del duelo de los seres queridos. Lo ideal sería que cuando el cadáver no es identificado se mantenga refrigerado hasta que sus familiares lo reclamen, pero no existe un protocolo legal, fijo para mantener los cuerpos en este estado por un tiempo establecido (16).

El acto de identificación de un cadáver en sí mismo es complejo cuando éste presenta un estado desfavorable para la identificación como:

- Mutilaciones
- Desmembramiento
- Etapa avanzada de descomposición
- Cuerpo esqueletizado
- Corrosivos para destrucciones específicas o generales
- Quemaduras (16)

2.2.3 Rasgos utilizados para la identificación. Desde el principio de la civilización el rostro ha sido útil para identificar a los individuos y desconocidos, los sistemas biométricos actuales se basan en ideas que surgieron hace cientos de años pero fue en el siglo pasado cuando empiezan las investigaciones científicas sobre biometría para la identificación de personas con fines judiciales (18).

Dependiendo del caso se utilizan diferentes rasgos para identificar de un individuo, el método más conocido mundialmente es la dactiloscopia, también existen otros rasgos como el iris y la retina, el calor facial, el olor corporal, muestras de ADN, lectura de firma escrita, voz, carta odontológica, la rugoscopia y la queiloscopía (18).

2.2.3.1 Carta odontolegal. Es un documento legal importante para la identificación de los individuos, el odontólogo es la persona responsable de diligenciar este documento en el que se registran las características de los dientes que individualizan a una persona. Estos documentos son esenciales cuando un individuo ha sufrido diferentes situaciones de violencia, accidentes, catástrofes y la identidad del individuo no se puede determinar por otras herramientas, el odontólogo forense puede llegar a identificar a la persona por medio de este. Una desventaja que presenta este método de identificación es que muchas veces no se diligencia bien lo cual puede comprometer el proceso de brindar apoyo a los procesos forenses y legales, exige una exploración exacta ante-mortem que tenga los datos necesarios para una posible identificación post-mortem (19).

2.2.3.2 ADN. Es una herramienta precisa para la identificación de un individuo, permite conocer la posibilidad de que un sospechoso sea culpable en un suceso de investigación criminal, que se conozca la identidad de un padre biológico con su hijo o que una víctima sea identificada en un accidente. Es necesario una muestra biológica como una gota de sangre, un fragmento de hueso, una muestra de saliva o un fragmento de piel, pero esta herramienta no es usada en todos los casos ya que presenta alto costo y los resultados suelen ser demorados (20).

2.2.3.3 Rugoscopia. Es una técnica en la que se estudia y registra las rugosidades palatinas, estas estructuras anatómicas están presentes en la porción anterior del paladar duro, justo por detrás de los dientes anterosuperiores y de la papila incisiva; la función de estas es la palpación y prehensión de los alimentos para evitar lesiones en la mucosa bucal. La clasificación de las rugas palatinas es de acuerdo con su forma, tamaño, número y ubicación, las características que presentan son unicidad, inmutabilidad, individualidad y perenne.

La rugoscopia es utilizada en casos complejos donde no es posible usar otro método de identificación pero hay situaciones que dificultan el cotejo de estas huellas y es cuando las eminencias están escasamente marcadas, cuando hay cambio en la altura de las rugas y la ausencia de patrones no complejos (21).

Considerando la importancia que tiene para este trabajo las huellas labiales en el siguiente apartado se enfatiza sobre estas; otros rasgos que permiten reconocer a una persona se presentarán en el apartado de biometría.

2.3 Huellas labiales

2.3.1 Definición de labio. Los labios según Figun y Garino son dos estructuras de pliegues membranosos, blandos, móviles y con musculatura que constituyen la entrada del aparato digestivo y la apertura anterior de la boca. Se forman desde la sexta semana de vida intrauterina, cumpliendo importantes funciones digestivas, fonéticas, de protección y estéticas. El labio superior va desde la base del tabique nasal hasta la comisura y está separado de las mejillas por el surco naso labial. El labio inferior va desde las comisuras hasta el pliegue mento-labial (22).

Podemos encontrar dos tipos de revestimientos en los labios: uno cutáneo y otro mucoso; los cuales son separados por una línea blanquecina llamada cordón labial, para el estudio de la Queiloscopía la zona a tener en cuenta es la parte mucosa. Esta zona aparece marcada con una serie de pequeños y variables surcos en sentido vertical, horizontal, ramificados, reticulados entre otros, considerándose fenotipos invariables (excepto los gemelos homocigóticos) permanentes a lo largo de toda la vida que se denominan “huellas labiales” (2).

2.3.2 Antecedentes históricos. Fue en la primera mitad del siglo XX donde se empleó por primera vez la huella labial como instrumento de identificación y en el año 1902 Fischer describió los surcos de los labios. Diou, en 1930, tuvo la idea de estudiar las huellas labiales y Snyder fue quien propuso la utilización a la identificación criminal en su obra “*Homicide Investigation*” en 1950, diciendo que los patrones de los labios, al igual que las crestas digitales, poseen una serie de diferencias específicas individual ganándose así el título de padre de la Queiloscopía (23).

En 1966 Martín Santos, perfeccionó el método de Snyder y presentó su clasificación de estrías y surcos labiales en la IV Reunión Internacional de Medicina Forense de Copenhague. Renaud en 1972 estudió unas 4000 huellas labiales y no encontró dos iguales, a excepción de las huellas de gemelos monocigóticos. En 1980 Rubio y Villalaín, analizaron las huellas de 239 hombres y 103 mujeres, en la Escuela de Medicina Legal y en el Laboratorio de Investigaciones Biológicas Doctor Cajal del CSIC y no hallaron diferencias significativas respecto al sexo, edad y raza (23).

2.4 Queiloscopía

El término Queiloscopía deriva del griego (cheilos) labios, y (skopeo) que significa examinar. Entonces, se puede interpretar como el estudio de los rasgos labiales con fines de identificación personal teniéndose en cuenta los siguientes aspectos:

- Grosor o tamaño de los labios
- Disposición de las comisuras
- Surcos que forman la fórmula queiloscóptica (24).

2.4.1 Clasificación labial. De acuerdo con el tamaño los labios se clasifican en:

- Labio delgado: Su grosor mide menos de 8 mm son específicos de la raza blanca o caucasoide: en estos casos, el espacio subnasal y el labio cutáneo inferior suelen ser alargados.
- Labio medio: Tienen la zona mucosa más redondeada, de 8 a 10 mm de grosor. Este tipo de labio es el más usual.
- Labio grueso: Son labios abultados el cordón labial se aprecia muy marcado, su grosor este en más de 10 mm.
- Labios voluminosos y abultados: Se encuentran muy marcados, el cordón labial es muy visible. En este tipo de labios no se tiene en cuenta en la clasificación, solo se anota si se encuentran dirigidos hacia el exterior o no (22).

2.4.2 Tipos de comisura labiales. Las comisuras son formadas por la unión de los dos labios, superior e inferior en sus extremos. Se clasifican en horizontales, elevadas y abatidas, esto respecto

a su ubicación como se ilustra en la figura 1 y existen dos comisuras una derecha y otra izquierda. (22).

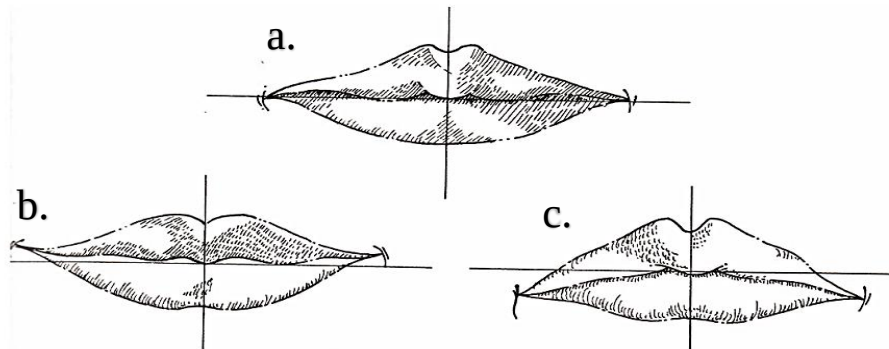


Figura 1. Diversas formas de comisuras labiales.

Tomada de: Moya Pueyo, Vicente, B Roldan, J.A. Sánchez, Identification cheiloscopique en medicina Legal: Press Med 1973.

2.4.3 Tipos de huellas labiales.

2.4.3.1 Latentes. Son las huellas que dejan las estrías naturales cuando los labios están cubiertos por saliva o barras balsámicas incoloras y que por su transparencia no son percibidas al ojo humano sin los tratamientos para su revelado (22).

2.4.3.2 Visibles. Estas huellas se crean cuando los labios cubiertos por barras de labios convencionales o sustancias oleoginosas entran en contacto con superficies, transmitiendo así sus características y pudiéndose analizar. (22).

2.4.3.3 Naturales. Son las huellas o pliegues de los labios formados por la acción del musculo orbicular que se evidencia anatómicamente (22).

2.4.4 Características de las huellas.

2.4.4.1 Unicidad. “Las huellas labiales son únicas y no cambian a lo largo de la vida de la persona, salvo las modificaciones propias de la edad, referidas al tamaño de la huella (amplitud y grosor de los labios)” (24).

2.4.4.2 Individualidad. Los labios se forman entre el cuarto y quinto mes de vida intrauterina, desde allí los surcos labiales permanecen invariables en forma y localización a lo largo de toda la vida del individuo (2).

2.4.4.3 Perenne. Las huellas labiales no cambian desde que se forman hasta la muerte.

2.4.4.4 Inmutabilidad. Tienen la característica de recuperarse totalmente después de sufrir alteraciones o patologías propias de los labios tales como: cicatrices, herpes etc., No variando ni la disposición y forma de los surcos (24).

2.4.5 Clasificaciones para el estudio queiloscópico.

2.4.5.1 Clasificación queiloscópica de Suzuki y Tsuchihashi. Los autores establecieron una clasificación tomando seis elementos principales, basados en las diferentes formas y la dirección que toman los surcos:

- Tipo I: Surcos claros que corren verticalmente a través del labio.
- Tipo I': Surcos que corren verticalmente, pero desaparecen a mitad de camino en lugar de cubrir toda la anchura del labio
- Tipo II: Surcos que se ramifican.
- Tipo III: Surcos que se interceptan
- Tipo IV: Surcos dispuestos en forma de retícula
- Tipo V: Surcos que no se clasifican en ninguno de los tipos (i-iv), y no se pueden diferenciar morfológicamente (25).

La figura 2 permite evidenciar la propuesta de Suzuki y Tsuchihashi.

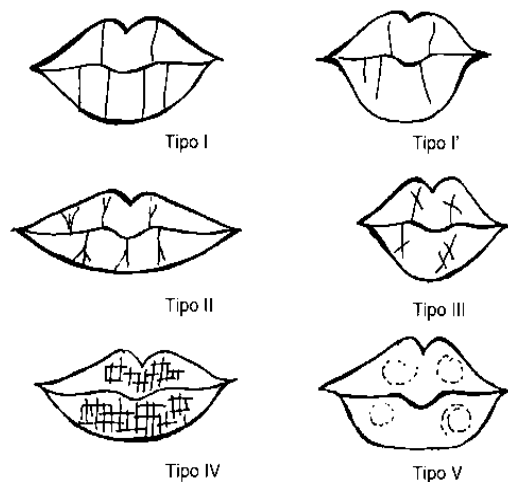


Figura 2. Clasificación queiloscópica de Suzuki y Tsuchihashi.

Tomado de: Mantilla J, Otero Y, Martínez J Identificación de sexo mediante queiloscopia en Santander, Colombia: una herramienta para la medicina forense. Estudio inicial.

2.4.5.2 Clasificación queiloscópica de Renaud. Este método es el más común utilizado para la lectura Queiloscopia, y es utilizado por el Instituto Nacional de Medicina Legal y ciencias forenses en Colombia.

Este autor clasifica los surcos labiales en diez tipos y les asigna una letra, para ello divide el labio superior e inferior en dos partes, derecha e izquierda trazando una línea media y otra perpendicular trazada en el selle labial. Para el labio superior utiliza letras mayúsculas "D", para designar el lado derecho; e "I para designar el izquierdo y minúsculas para el labio inferior "d"

para designar el lado derecho e "i" para designar el izquierdo. Renaud indica que se procede a identificar cada surco desde la línea media trazada hacia el exterior señalando todos los rasgos con la letra correspondiente en cada uno de los cuadrantes analizados (10).

- a) Verticales completas
- b) Verticales incompletas
- c) Bifurcadas completas
- d) Bifurcadas incompleta
- e) Ramificadas completas
- f) Ramificadas incompletas
- g) Reticuladas
- h) En forma de aspa o X
- i) Horizontales
- j) Otras formas: elipse, triángulo, microsurcos (10).

En la figura 3 se tipifican cada uno de los rasgos propuestos por Renaud en su clasificación.

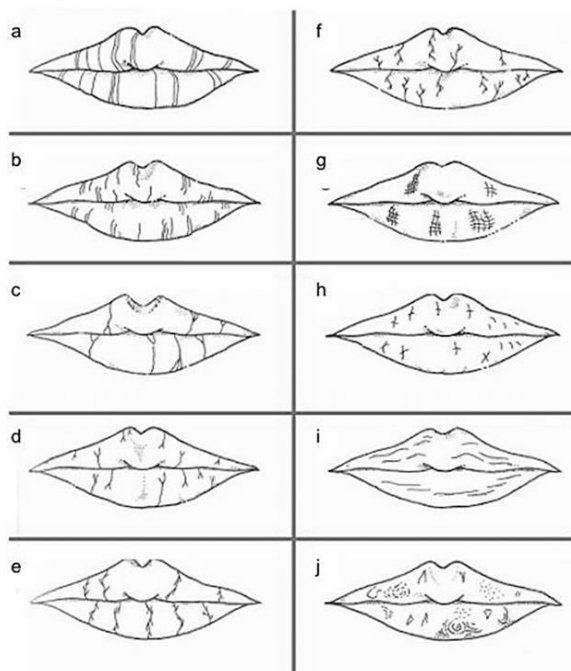


Figura 3. Clasificación queiloscópica de Renaud.

Tomada de: Pueyo M, Vicente B, Garrido R, Sánchez J. Odontología Legal y forense. Identification cheiloscopique en medicina Legal: Press Med 1973.

2.5 Métodos en la toma de la huella y revelado

2.5.1 Método tradicional. Para la captura de una huella labial se debe colocar sobre los labios de la persona una barra labial o una sustancia oleoginosa colorante. Posteriormente se coloca sobre la superficie de los labios una cartulina semisatinada blanca y se presiona de forma suave y uniforme sobre estos, en una posición de reposo. Una vez hecha la impresión de los labios con un pincel se impregna la huella con polvo revelador, entre los más utilizados están: el betún de Judea,

negro de marfil, óxido de titanio, carbón activado, entre otros. También se puede realizar por medio de reveladores que al igual que la captura de huellas dactilares, usa distintos productos para hacer visible una imagen impresa (2).

2.5.2 Reveladores físicos. Estos reveladores se encuentran en forma de polvos como: el carbonato de plomo, negro de humo, negro marfil, polvos de aluminio, polvos de grafito, polvos de hierro, polvos magnéticos, eosina, fluoresceína, verde malaquita, fosfina, azul de metileno, nitrato de uranilo, entre otros. Estos polvos se emplean con un pincel de pelo de marta sobre una cartulina semisatinada en la que se encuentra la impresión dejada por los labios impregnados con el bálsamo labial, estos reveladores tienen un alto peso y gran adherencia lo que hace su empleo práctico y sencillo (2).

2.5.3 Reveladores químicos. Este tipo de revelado se basa en reacciones químicas que dan lugar a la manifestación de la huella como la presencia de lípidos en esta se destacan: Sudan III, Sudan black y Oil Red. Estos reactivos se han utilizado con éxito en el revelado de huellas labiales latentes recientes y también antiguas y tanto en superficies porosas como en no porosas (2).

2.5.4 Polvos fluorescentes. Este reactivo permite revelar huellas labiales sobre papel, en un color azul de gran contraste y resolución. Además, cuando estas huellas se exponen a la luz ultravioleta, se aprecia fluorescencia. Los polvos fluorescentes se han utilizado desde hace años en el revelado de huellas dactilares, y se han ido desarrollado nuevos reveladores que aumentan el contraste de las huellas labiales, un ejemplo es el “diazofluorene-9-one” (23).

2.5.5 Lisocromos. La característica específica de estos colorantes es teñir las grasas cuando se disuelven. El término lisocromo se divide en dos: “liso”, que significa solvente, es la molécula capaz de diluirse en las grasas y “cromo” se refiere a la molécula responsable del color (23).

2.5.6 Revelación con láser. En este método se utilizan equipos laser como el Scenoscope, que se emplean para revelar las huellas labiales latentes en objetos que no deben ser manipulados, transportados o que son de gran valor (2).

2.5.7 Sistemas biométricos. Actualmente existen métodos digitales para mejorar el estudio de los surcos de los labios. Los sistemas biométricos están compuestos de sensores que permiten la captura de las características físicas, como las huellas labiales y las convierte en patrones digitales para hacer una comparación rápida con los patrones ya almacenados en la computadora y así realizar la identificación del individuo, a su vez se basan en aplicar tecnología que utiliza características humanas únicas, para identificar automáticamente a un individuo (2).

2.6 Casos de huellas labiales

2.6.1 Los casos japoneses. Fueron dos casos donde se demostraron que las huellas queiloscópicas sirvieron como peritaje para la identificación. El primer caso ocurrió en 1970, donde se envió una carta anónima la cual era señalada como una carta “confidencial” para la oficina del director general de la policía Metropolitana de Tokio donde en ella se alertaba de un posible explosivo colocado en los cuarteles de la policía, el dorso de la carta llevaba consigo 2

huellas labiales marcadas sobre ella fueron analizadas y demostraron que las huellas no pertenecían a los sujetos arrestados. En el segundo caso, las huellas labiales permitieron identificar a un sujeto y eliminar a un sospechoso en un robo hacia una mujer, donde se encontraron huellas labiales sobre la ropa íntima de ella. En el tercer caso esta pericia favoreció la identificación del culpable de la tortura y asesinato de una mujer, por medio de una huella labial que fue plasmada en una carta la cual fue enviada al Presidente de los Ferrocarriles Nacionales de Japón donde varios pasajeros fueron puestos en vigilancia y así lograr la identificación correspondiente (10).

2.6.2. La huella dejada en el parachoques. Hace referencia a un accidente automovilístico, donde la víctima después de haber sido atropellada por un sujeto este se fuga de los hechos. Más tarde el automóvil del sospechoso fue localizado y con relación a la víctima encontraron que en el parachoques permanecía una huella labial coincidente con ella, fue cotejada y analizada con 17 puntos coincidentes (10).

2.6.3 El robo al banco. Este caso ocurrió en una sucursal de un banco donde por medios de las cámaras de seguridad se lograron registrar los hechos, donde una mujer Afroamericana, luego de realizar un robo con ayuda de un arma de fuego, se golpeó el rostro con las puertas de cristal de salida. Ante esto los detectives lograron examinar dichas puertas corroborando con la presencia de una huella labial, en la cual levantaron la primera muestra con una cinta transparente y fijándola en un fondo blanco, y una segunda muestra fue revelada por medio de polvos negros las cuales fueron enviadas a la división de huellas latentes del FBI mostrando evidencia positiva contra la sospechosa (10).

2.6.4 La huella en la fotografía. Ocurrió en 1978, donde un individuo era acusado por violar a una joven quien negaba conocerlo antes del incidente. El hombre afirmaba ser su amante y que ella lo denunciaba falsamente. El acusado presentó una fotografía la cual llevaba consigo una dedicatoria cariñosa y se podía evidenciar plasmada una huella labial en un pintalabios rojo intenso en el cual refería ser de la presunta víctima. Las huellas fueron analizadas por la División de Huellas Latentes del Comando de Investigación Criminal del Ejército de los Estados Unidos junto con una impresión labial provista por la mujer. Fueron realizadas las respectivas pericias con ayuda de ampliaciones fotográficas y transparencias y los resultados arrojados fueron positivos, donde se logró retirar los cargos contra el acusado de dicho crimen (10).

2.6.5 Los casos en Europa. Los primeros casos reportados en pericias queiloscópicas tuvieron lugar en Hungría en el año 1961 donde en la escena de crimen de un asesinato fueron dejadas las huellas labiales del culpable de los hechos sobre las puertas de vidrio, debido a que el asesino habría empujado la puerta con la cabeza ya que sus manos portaban sangre de la víctima. En 1976 en Polonia durante la inspección de una escena de robo en Milanówek, el personal encargado de buscar huellas dactilares encontró unas huellas labiales sobre una fotografía enmarcada donde los propietarios guardaba su dinero, y los cotejos permitieron evidenciar que pertenecía a las de la hija de los propietarios. Las siguientes investigaciones en Polonia fueron desarrolladas a partir de 1985 donde se emplearon metodologías que primero fueron chequeadas en condiciones laboratorio. En 1987 en un robo a un almacén en las vecindades de Pons fueron encontradas en un trozo de pastel huellas de mordedura y labiales. Las cuales fueron cotejadas y analizadas pudiendo identificar al culpable tres meses después de ocurrido este suceso (10).

2.7 Biometría

2.7.1 Definición de biometría. Biometría proviene de las palabras bio (vida) y metria (medida) que consiste en medir e identificar las características de los seres humanos basado en uno o más rasgos conductuales o físicos intrínsecos únicos en cada individuo, para esto se debe elegir una característica dotada con una fuerte variación en el material genético de un individuo a otro. Los métodos más utilizados son la cara, la huella dactilar, el iris, la voz, el ADN, la radiografía dental; entre otros, las investigaciones científicas acerca de la biometría iniciaron a principios del siglo XX, con el fin de buscar un sistema de identificación de personas con fines judiciales (26).

Un sistema biométrico típico se basa en cinco (5) componentes integrados:

- **Sensor:** Se encarga de recopilar los datos y convertir la información a un formato digital.
- **Algoritmos de procesamiento de señal:** Realizan actividades de control de calidad y el desarrollo de un patrón biométrico.
- **Almacenamiento de datos:** Mantiene la información de los nuevos patrones biométricos.
- **Comparación:** Se realiza con los nuevos patrones con un algoritmo de coincidencia.
- **Proceso de decisión:** Utiliza los resultados correspondientes para aprobar o rechazar la similitud entre los patrones a nivel de sistema (27).

Para que estos sistemas funcionen en óptimas condiciones es obligatorio un software potente con unas fases diferenciadas en las cuales participan diversos campos de la informática, como son: el reconocimiento de formas, la inteligencia artificial, complejos algoritmos matemáticos y el aprendizaje. Los escáneres de huellas digitales y sistemas de autenticación basados en la geometría de la mano son los dispositivos más empleados. Independiente de la técnica que se utilice, el método de operación es siempre la verificación de la identidad de la persona por medio de uno o más rasgos físicos o conductuales únicos en ella (28).

2.7.2 Características que debe tener un sistema biométrico.

- **Universalidad:** Que esté presente en todos los individuos.
- **Unicidad:** Que exista una baja probabilidad de que existan 2 personas con características idénticas es decir que debe ser diferentes para todos los individuos.
- **Permanencia:** Que sea estática.
- **Inmutabilidad:** Que no varíe en el lapso de vida del individuo.
- **Colectabilidad:** Que no puede causar ningún daño durante el proceso de adquisición y procesamiento.
- **Mensurabilidad:** Que se pueda medir, comparar una cantidad con su unidad correspondiente para saber cuántas veces la unidad está contenida en la primera.
- **Rendimiento:** El proceso de reconocimiento debe ser rápido, sólido y preciso.
- **Aceptabilidad:** El uso es aceptado por toda la población.
- **Cuantificación:** Que se pueda medir en forma cuantitativa.
- **Invulnerabilidad:** Resistente al daño.

- **Registración:** La característica biométrica debe ser registrada. Esto significa, que se puedan extraer las características distinguibles para utilizarse como método de identificación (27).

2.7.3 Clasificación de los sistemas biométricos. Los sistemas biométricos se dividen en 2 técnicas una estática y otra dinámica, la primera se basa en que usa factores corporales para la medición como son la de huellas digitales, geometría mano, diagrama del iris, forma de cara, retina y venas del dorso de la mano, y la biometría dinámica que se basa en la medición de las características de comportamiento como el reconocimiento de la voz y de la firma manuscrita (27).

2.7.4 Rasgos usados en biometría.

2.7.4.1 Huella dactilar. Esta técnica es una de las más usadas a nivel mundial, El reconocimiento de la huella dactilar es una de las técnicas más usadas a nivel mundial, ya que las huellas digitales son características únicas de los primates, que se forman a partir de la sexta semana de vida intrauterina y no varían en sus características a lo largo de toda la vida de la persona. Están constituidas por rugosidades que forman salientes (líneas oscuras) denominadas crestas papilares y depresiones (espacios blancos) denominados valles. La identificación por medio del patrón de huella dactilar se obtiene por medio de la ubicación y dirección del final de la cresta, bifurcación, valles, y crestas individuales (Ver figura 4) (26).



Figura 4. Partes de huella dactilar.

Tomado de: Cortes J, Medina F, Muriel J. Sistemas de seguridad basados en biometría. Scientia et Technica. Diciembre 2010

Cuando se digitaliza una huella, todos los detalles mínimos extraídos son procesados por medio de algoritmos los cuales facilitan un patrón numérico correspondiente a dicha huella. Cuando un usuario requiere ser identificado coloca su dedo sobre un lector (óptico, de campo eléctrico, por presión) y su huella dactilar es escaneada y analizada, con el fin de extraer los elementos característicos que son verificados en la base de datos y así se obtiene como resultado en más del 99% de los casos un diagnóstico preciso (28).

Los sensores de huellas dactilares buscan crear una imagen digital (con resolución de píxel de 500 dpi) de la superficie del dedo y a su vez el sistema biométrico tiene como reto diseñar algoritmos con la competencia de reconocer de manera eficiente, obtener resultados con mayor precisión y en menor tiempo (27).

2.7.4.2 Reconocimiento del iris. El iris posee alrededor de 266 puntos únicos (criptas, surcos, anillos, fosos, pecas, corona en zig-zag, entre otros) (Ver figura 5). Cuenta con un número de puntos distintivos 6 veces superior al de una huella dactilar, cada ojo es único y permanece estable con el paso del tiempo y en diferentes climas (27).

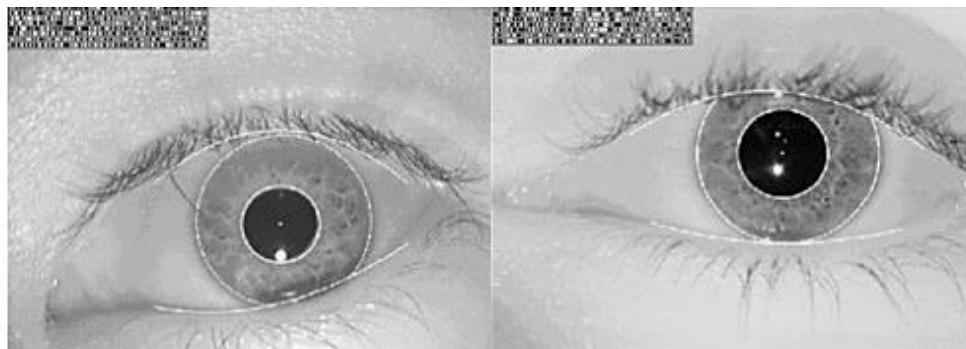


Figura 5. Sistema Biométrico del iris.

Tomado de: A. Giraldo, D. Gomez. Estado del arte de la seguridad en sistemas biométricos. Bogotá: Universidad abierta a distancia- UNAD; 2017.

El procedimiento es mucho más sencillo, se realiza por medio de una cámara la cual captura los ojos por medio de una alineación específica en un campo de visión, la captura de la imagen se hace por medio de un algoritmo conocido como algoritmo de “Daugman” para obtener el código de Iris personal, una vez se obtiene el código éste debe localizar a su homólogo en una base de datos hasta identificar a su propietario (27).

2.7.4.3 Geometría de la mano. La mano humana no es única y sus características no son suficientes para la identificación de un individuo, sin embargo, la forma de la mano puede ser de gran importancia en biometría, al combinar imágenes de los dedos separando los datos en longitudes, anchuras, alturas, posiciones relativas, articulaciones, entre otras, transformando estas características en una serie de patrones numéricos que pueden ser comparados (28).

Una vez la mano está en una posición adecuada, se captura una imagen superior y otra lateral, de las que se obtienen ciertos datos (anchura, longitud, área, determinadas distancias) en un formato de tres dimensiones que luego se transforman en un patrón matemático que se contrasta contra una base de datos almacenada (Ver figura 6) (28).

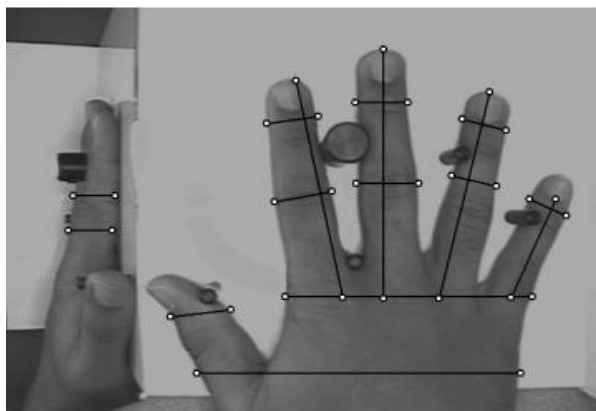


Figura 6. Sistema Biométrico de biometría de la mano.
Tomado de: Tolosa C, Giz A. Sistemas Biométricos.: 1-39.

2.7.4.4 Reconocimiento facial – escáner de rostro. Este método es muy común, es necesaria una cámara para capturar una imagen de la cara la cual es analizada teniendo en cuenta ciertos puntos como, por ejemplo: la anchura de la nariz o la distancia entre los ojos y por medio de estos el sistema establece una alineación de la cara.

Después de la alineación, orientación y ajuste de tamaño, el sistema genera una serie de números únicos que se denomina “plantilla facial” de modo que pueda ser comparada con la de la base de datos (Ver figura 7).

Los sistemas de reconocimiento facial más recientes son de gran precisión ya que utilizan imágenes tridimensionales empleando algoritmos matemáticos semejantes a los utilizados en búsquedas de Internet. Estos sistemas en 3D tienen la capacidad de distinguir una cara incluso cuando se encuentra girada 90 grados (28).



Figura 7. Puntos analizados en el reconocimiento facial.
Tomado de: Tolosa C, Giz A. Sistemas Biométricos.: 1-39.

2.7.5 Procesamiento de la información de los sistemas biométricos.

2.7.5.1 Recolección de datos. Para empezar a recolectar los datos los sistemas biométricos capturan el rasgo morfológico único del individuo, las características deben cambiar en gran tamaño entre individuos y en poco tamaño para cada individuo de medida a medida. Para asegurar

que la característica biométrica recogida por un sistema sea la misma que recoge otro sistema para el mismo individuo se debe estandarizar tanto la presentación como el sensor, para que este pueda ser abierto (28).

2.7.5.2 Transmisión. No todos los sistemas biométricos procesan los datos en la misma localización en que fueron recolectados, es por esto que unos deben ser transmitidos a otra localización donde se lleve a cabo dicho procesamiento. Si en la transmisión existe una gran cantidad de datos es fundamental la compresión, es decir una vez transmitidos deben descomprimirse antes de que sean usados. Pero este proceso puede alterar la calidad de la señal restablecida. La técnica de compresión usada dependerá de la señal biométrica (28).

2.7.5.3 Procesado de señal. Hay 3 etapas en el proceso de señal: extracción, control de calidad, y concordancia con el modelo. El primer objetivo es examinar el modelo biométrico verdadero y las características del sensor, con presencia de las pérdidas por ruido y de señal impuestas por la transmisión. El segundo objetivo es resguardar las características que sean distintivas y desechar las que no lo sean (28).

2.7.5.4 Decisión. Para determinar los "matching" o los "no-matching" el sistema de decisión encamina su búsqueda en la base de datos, basándose en las medidas de la distancia recibidas de la unidad de procesado de señal.

Este subsistema toma en última instancia una decisión de "acepta/rechaza" basada en la política del sistema. Tal política podría ser declarar un "matching" para cualquier distancia más baja que un umbral fijo y "validar" a un usuario en base de este solo "matching", o la política podría ser declarar un "matching" para cualquier distancia más baja que un umbral dependiente del usuario, variante con el tiempo, o variable con las condiciones ambientales. Una política posible es considerar a todos los usuarios por igual y permitir sólo tres intentos con una distancia alta para el "matching" para luego volver una medida baja de la distancia (28).

2.7.5.5 Almacenamiento. El subsistema restante que se considerará es el del almacenamiento. El modo de almacenamiento a usar dependerá del sistema biométrico. En una base de datos se guardan los modelos de las características para la comparación en la unidad de matching.

El almacenamiento de informaciones en bruto permite cambios en el sistema o de equipamiento sin que sea necesario registrar nuevamente a todos los usuarios. Antes de ser captada y verificada una característica biométrica de una persona determinada, el individuo debe registrarse en el sistema. Para este registro el sistema captura por ejemplo los patrones de las huellas labiales, los procesa y crea una presentación electrónica llamada modelo de referencia ("reference template").

El modelo de referencia debe ser guardado en una base de datos, una tarjeta inteligente ("smart card"), o en algún otro lugar del cual será extraído en cualquier ocasión futura para realizar la verificación (28).

El sistema debe funcionar perfectamente aun cuando las tomas de un mismo individuo no son iguales debido a diferencias ambientales u otras condiciones en el momento de la captura. La

mayoría de los algoritmos de comparación generan un ámbito para cada ensayo de comparación el cual es cotejado dentro de determinados umbrales antes de ser aceptados o rechazados (28).

2.7.6 Sistema de reconocimiento en modo identificación. En la identificación, los patrones biométricos se comparan con un conjunto de otros patrones ya guardados, lo que implica no conocer la identidad supuesta del usuario. En la base de datos se debe almacenar en ella todos los patrones y muestras tomadas, la nueva muestra que es tomada del usuario de los datos biométricos se introduce en él y es comparada una a una con los patrones que ya existen en la base de datos, el resultado de esto es la identidad del usuario, mientras que la autenticación o verificación es si lo rechaza o lo acepta. Por ende este tipo de sistema necesita de una red de comunicaciones que permita la comunicación entre el sistema de almacenamiento de la información de los usuarios y cada uno de los puntos de reconocimiento (29).

En la siguiente figura (Figura 8) Se muestra el proceso de reconocimiento para identificar a un usuario.

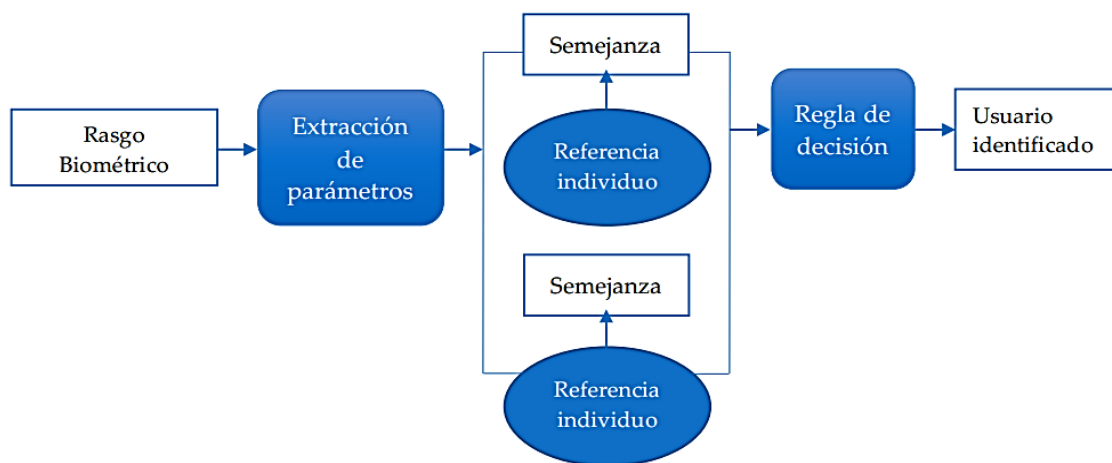


Figura 8. Estructura de un sistema de verificación biométrica.

Tomado de: Merino B, Propuesta y evaluación de un sistema de iris basado en filtros de Sobel.

2.7.7 Sistema de reconocimiento en modo verificación. Este modo de sistema es el encargado de verificar la identidad pedida por el individuo, por lo que las ejemplares de este individuo se confrontan con el patrón que pertenecen a la identidad de dicho usuario. Una vez se captura el rasgo de interés del usuario y se obtiene el resultado de la identidad, el sistema es el que se encarga de decir si es o no cierto que pertenece a dicha persona, el usuario deberá proporcionar además de su característica única biométrica algún tipo de identificador de su identidad por ello las dos únicas decisiones del sistema son la de aceptación o de rechazo del individuo y será clasificado como usuario legítimo o ilegítimo (29).

La decisión de aceptar o rechazar el ingreso que corresponde al usuario solicitado dependerá de si el valor de probabilidad obtenido supera o no un determinado umbral de decisión, por ello se necesita establecer un umbral con el cual se pueda calcular el grado de desacuerdo que existe entre el vector de características y el patrón almacenado (29).

En la siguiente figura (Figura 9) se muestra el proceso de reconocimiento para obtener un resultado de verificación del usuario.

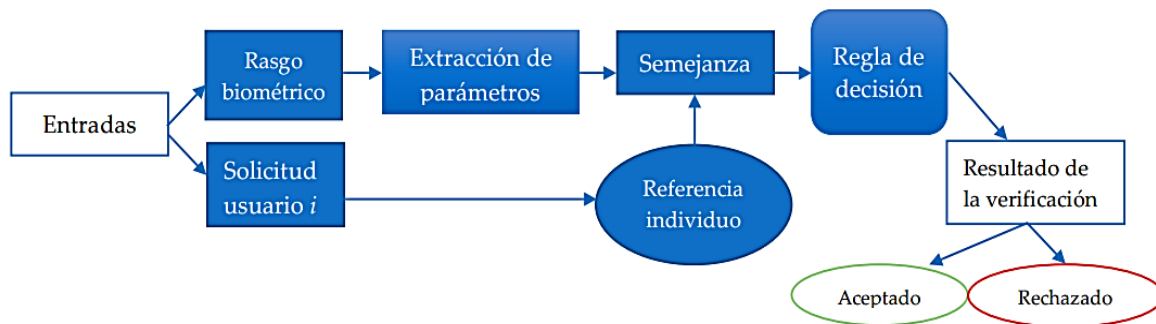


Figura 9. Proceso de reconocimiento para obtener un resultado de verificación del usuario.
Tomado de: Propuesta y evaluación de un sistema de iris basado en filtros de Sobel.

2.8 Aprendizaje automático

El aprendizaje automático es un tipo de inteligencia artificial. Es la ciencia y la habilidad de la programación de ordenadores para que puedan educarse y así aprenderse los datos sin tener que ser programados explícitamente (30).

A causa del incremento y avance de los dispositivos de adquisición de imágenes se ha presentado el problema de que se produzcan bastantes datos lo que conlleva a tareas desafiantes de análisis de éstas imágenes, esfuerzos tediosos, propensos a errores humanos y distintas variaciones, por ello una alternativa es el uso de técnicas de aprendizaje automático para este proceso, logrando un diagnóstico preciso y eficiente (30).

El aprendizaje automático y la inteligencia artificial ejercen un papel importante en el campo médico, como en la interpretación de las imágenes que representan información de manera efectiva y eficiente. Estas técnicas se conforman de algoritmos convencionales sin aprendizaje como Red neuronal, máquinas de soporte vectorial, entre otros, y algoritmos de aprendizaje profundo como red neuronal convencional, red neuronal recurrente, máquinas de aprendizaje extremo, redes adversas generativas, entre otros (30).

Los algoritmos están limitados para procesar las imágenes naturales es su forma natural, consumiendo así mucho tiempo para ajustar las características dependiendo del conocimiento experto. Los algoritmos posteriores basados en aprendizaje profundo se proporcionan con datos en bruto, funciones automáticas de aprendizajes y con menos tiempo. Con esto se intenta es aprender varios niveles de abstracción, representación e información automáticamente a partir de un gran número de imágenes y mostrar así un rendimiento prometedor y velocidad en la lectura de labios (30).

Una de las mejores aplicaciones de aprendizaje automático es la visión por computadora, ya que existe una extensa variación en los datos que se pueden adquirir de un individuo para su identificación y que requiere de ser elaborado por un experto haciendo así una interpretación

variada. Éste enfoque utiliza modelos de Red Neuronal profunda haciendo una aproximación al cerebro humano (30).

El aprendizaje automático es ideal para:

- Problemas para los cuales las soluciones existentes requieren una gran cantidad de ajustes manuales o largas listas de reglas.
- Problemas complejos para los cuales no existe una buena solución utilizando un enfoque tradicional.
- Entornos fluctuantes.
- Obtener información sobre problemas complejos y grandes cantidades de datos (31).

2.8.1 Conjunto de datos. El aprendizaje profundo requiere una gran cantidad de datos de entrenamiento, que depende en gran medida de la calidad y el tamaño de este conjunto de datos. Por otro lado, el desarrollo de múltiples datos es bastante desafiante ya que requiere mucho tiempo y expertos médicos para superar el error humano (30).

2.8.2 Privacidad y asuntos legales. Es mucho más complicado y difícil compartir los datos médicos en comparación con las imágenes del mundo real. Esta privacidad proporciona derechos legales a los pacientes con respecto a la información de identificación personal y establece obligaciones para que los proveedores protejan, restrinjan su uso y divulgación (30).

2.8.3 Aprendizaje profundo en imágenes médicas. La herramienta automatizada de análisis de imágenes basadas en algoritmos de aprendizaje automático son habilitadores claves para mejorar la interpretación de imágenes, facilitando la identificación eficiente de los resultados (30).

2.8.4 Cálculos lógicos con neuronas. La neurona artificial tiene una o más entradas binarias y una salida binaria, ella activa su salida cuando más de un cierto número de sus entradas están activas. Asumiendo que una neurona está activa cuando al menos dos de sus entradas están activas (30).

2.9 Red neuronal artificial

Una red neuronal artificial es un sistema computacional que simula el comportamiento del cerebro humano, teniendo como objetivo resolver los problemas de la misma manera que este lo hace mediante técnicas algorítmicas convencionales. Se han utilizado para resolver una amplia variedad de tareas, como la visión por computador y el reconocimiento de voz.

Se basa de ordenadores de información denominados “neuronas”, que se conectan entre sí a través de sus distintas entradas y sus funciones de salida para transmitir señales. En ellas se distinguen varias estructuras de neuronas que llevan por el nombre de capas neuronales. Estos sistemas aprenden y se forman a sí mismos, en lugar de ser programados de forma explícitamente. Este proceso toma múltiples señales como entrada, las combina linealmente y luego las pasa a través de operaciones no lineales para generar señales de salida (32).

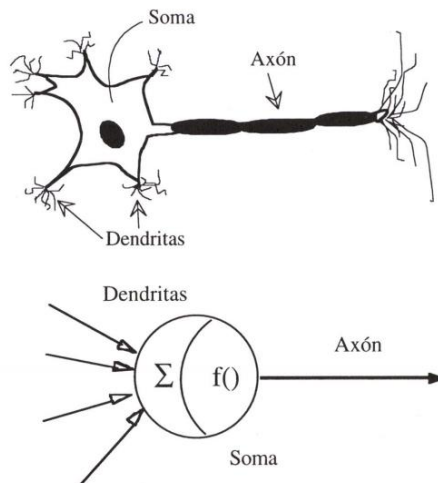


Figura 10. Neurona biológica y esquema de neurona artificial.

Tomado de: Martín del Brío, B, Fundamentos de las redes neuronales artificiales: hardware y software.

2.9.1 Arquitectura típica de una red neuronal artificial. La red neuronal consiste en neuronas interconectadas que toman entrada y realizan algún procesamiento en los datos de entrada y finalmente envían la salida de la capa actual a la capa que viene.

Arquitectura en capas:

- **Capa de entrada:** También mencionada como capa de entrada sensorial, se compone por neuronas que reciben datos o indicaciones que vienen del entorno.
- **Capa de salida:** Es aquella que se compone de neuronas que proporcionan la respuesta de la red neuronal.
- **Una o más capas ocultas:** Es tipo de capa no tienen vínculo directamente con el entorno, proporcionando a la red neuronal más libertad, haciendo que sea capaz de representar más fácilmente determinadas características del entorno que el trata de crear. (32).

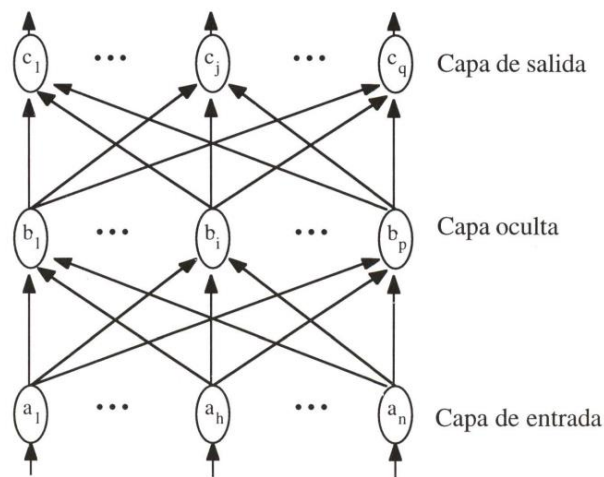


Figura 11. Arquitecturas neuronales.

Tomado de: Martín del Brío, B, Fundamentos de las redes neuronales artificiales: hardware y software.

Estas redes neurales se conocen como redes neuronales profundas, el aprendizaje profundo proporciona nuevos costos efectivos para entrenar. Las capas adicionales permiten la composición de características desde las capas inferiores hasta las capas superiores, ofreciendo gran potencial al modelar datos complejos. El aprendizaje profundo es la tendencia para realizar aplicaciones automatizadas, desempeñándose mejor que los humanos, consintiendo en una capa más oculta que permite mayor nivel de abstracción y mejor análisis de las imágenes convirtiéndose así en un método ampliamente aplicado para el reconocimiento facial e imagen médica (30).

Una red neuronal profunda reúne en orden varias capas de neuronas formando una representación jerárquica de características, en éste existen más de dos capas lo que permite una relación no lineal compleja, se usa para la clasificación y regresión, teniendo una gran precisión (30).

2.9.2 Modo de aprendizaje. Se puede definir el aprendizaje para las redes neuronales como el proceso por el que se realiza el ajuste de los parámetros que poseen libertad de la red a partir del avance de la motivación que rodea la red. Los sistemas de aprendizaje automático pueden clasificarse según la cantidad y el tipo de supervisión que reciben durante el entrenamiento. Hay cuatro categorías principales: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado, aprendizaje semisupervisado y aprendizaje de refuerzo (31).

2.9.2.1 Aprendizaje supervisado. En este tipo de aprendizaje los datos de entrenamiento que alimenta al algoritmo incluyen las soluciones deseadas, llamadas etiquetas, y su objetivo es la clasificación. Un conjunto de patrones, la salida deseada y el objetivo se presentan a la red para que ésta ajuste sus obligaciones hasta que su salida sea la deseada, manejando para ello una búsqueda detallada del error que en cada paso comete. De este modo, el SNA es capaz de valorar

relaciones entrada/salida sin tener que proponer una cierta representación funcional de partida (31).

2.9.2.2 Aprendizaje no supervisado. Los datos de entrenamiento no están marcados y el sistema trata de aprender por sí solo. En este proceso se muestran a la red gran cantidad de patrones, pero sin anexar la respuesta esperada. El sistema, por medio de la medida de aprendizaje determinada, debe inspeccionar en ellos exactitudes, extraer rasgos, evaluar consistencias de probabilidad o aglomerarlos según su semejanza (31).

2.9.2.3 Aprendizaje semisupervisado. Este aprendizaje utiliza datos de entrenamiento etiquetados y no etiquetado, consiste en la coexistencia en una misma red neuronal de aprendizaje supervisado y auto organizado (normalmente en distintas capas) (31).

2.9.2.4 Aprendizaje por refuerzo. Es llamado también agente, el cual se proporciona una única señal de error global. Puede observar el entorno, seleccionar, realizar acciones y alcanzar recompensas a cambio. Luego debe aprender por sí mismo cuál es la mejor estrategia, para alcanzar la máxima recompensa con el tiempo. Esta define qué acción debe elegir el agente cuando está en una situación dada (31).

2.9.3 Modo recuerdo o de ejecución. Conocido también como modo recuerdo (recall) aquí el sistema se entrena, desconectándose el aprendizaje de los modelos, las indicaciones y sus estructuras permanecen fija, quedando la red neuronal dispuesta para procesar información, dando respuesta ante un patrón entrada.(32).

2.9.4 Evaluación de resultados. La evaluación de los sistemas biométricos se realiza en términos de las funciones de las tasas FRR (Falso rechazo) y FAR (Falsa aceptación) y (ERR) (Igual Error). La tasa de falso rechazo permite computar la probabilidad de que un usuario registrado sea expulsado por el sistema si no excede el punto umbral de similitud establecido para certificar su identidad. De manera análoga, la tasa de falsa aceptación permite calcular la probabilidad de que un usuario no registrado sea admitido por el sistema si sobrepasa dicho umbral, la tasa de Igual Error (ERR) es decir el valor donde las tasas FAR Y FRR son iguales bajo un cierto umbral (33).

- Tasa de Falso Rechazo (FRR): Proporción de veces que rechaza el sistema a un usuario legítimo del sistema.
- Tasa de Falsa Aceptación (FAR): Proporción de veces que acepta el sistema a un usuario ilegítimo del sistema.
- Tasa de Igual Error: Valor don $FRR = FAR$.

Para la realización del análisis propiamente dicho se debe empezar por una computación de la tasa de error que está presente en cada usuario (falsos rechazos, falsos aceptados) y en función a los umbrales. Posteriormente, se simbolizan las curvas FRR-FAR (falsos rechazos-falsos aceptados), ROC y DET. Ya obtenidas todas las fichas anteriores, se computa el total del error

“Equal Error Rate” (EER) para todas las huellas ya sean premeditadas o aleatorias, para poder realizar el estudio de la distribución de los errores por cada usuario (33).

Para las huellas falsas intencionales se debe organizar los rangos de valores que vayan de 0 a 100 con el fin de normalizar todas las matrices de igualdad y así poder realizar la dicha comparación de los algoritmos, ya con esto se da inicio a la obtención de los falsos rechazos y falsas aceptaciones intencionales, quienes después van a hacer computados confrontando cada una de la matriz de similitudes, con cada uno de los umbrales que se definieron. La función que nos admite hallar las tasas de error es “resultados.m”, la cual requiere el cálculo la matriz de similitudes. A partir de esto se obtiene la tasa de error de cruzamiento entre el ratio de falso rechazo y el ratio de falsa aceptación, o “Equal Error Rate” (EER) (33).

Este cálculo se realiza tanto con las huellas falsas entrenadas como con las huellas falsas aleatorias. Este valor se obtendrá con la función “calcular EER”. Dicha función aparte de computar la tasa de cruce también nos preverá el umbral el cual es usado subsiguientemente para encontrar el error medio por usuario (33). Por último, se debe representar cada una de las curvas:

- **Curvas FRR-FAR:** En ella se grafica los falsos rechazos y los falsos aceptados (tanto para huellas falsa intencionales como para huellas falsas aleatorias) encontrados anticipadamente en la fase de obtención de resultados en función del umbral utilizado. La función que hace posible hacer la representación gráfica de esta curva es “representarGraficaFrrFar.m”.

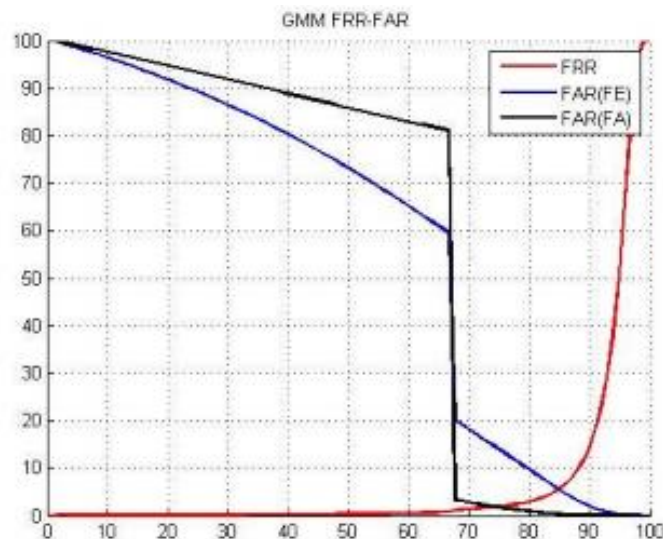


Figura 12. Curva FRR-FAR.

Tomado de: Ávila, M, Evaluación Biométrica de Algoritmos de Autenticación de Firma
Manuscrita:1-119.

- **Curva ROC:** En esta grafica se simboliza los falsos rechazos frente a las falsas aceptaciones. La función que admite hacer la representación gráfica de esta curva es “representarGraficaRoc.m”.

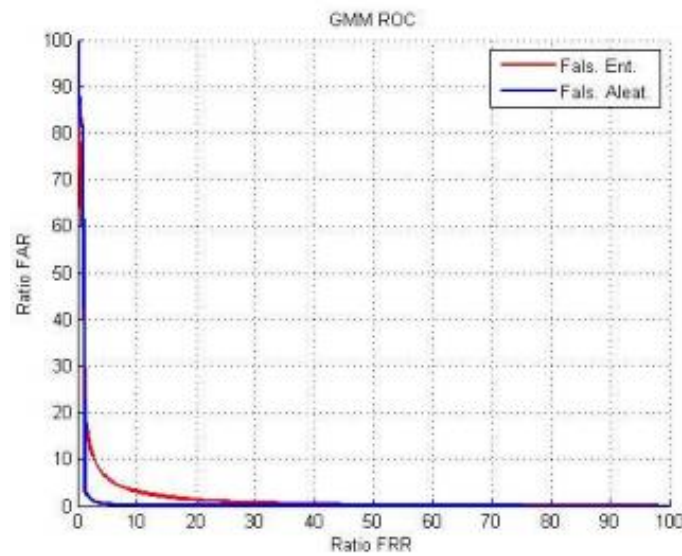


Figura 13. Curva ROC.

Tomado de: Ávila, M, Evaluación Biométrica de Algoritmos de Autenticación de Firma
Manuscrita:1-119.

- **Curva DET:** En esta gráfica se esquematizan los mismos valores que la gráfica anterior, pero en una escala logarítmica. La función que nos permite hacer la representación gráfica de esta curva es “representarGraficaDet.m”.

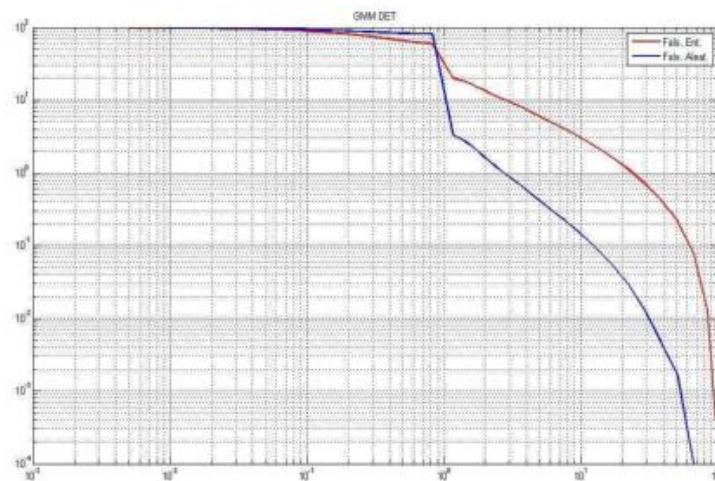


Figura 14. Curva DET.

Tomado de: Ávila, M, Evaluación Biométrica de Algoritmos de Autenticación de Firma
Manuscrita:1-119.

2.9.5 Arquitectura típica de un sistema biométrico. La arquitectura típica de un sistema biométrico cuenta con dos módulos:

2.9.5.1 Módulo de inscripción. Es el que se encarga de recuperar, obtener y recopilar la señal que viene del lector biométrico con el fin de correlacionar la información con la que está en el sistema; este lector se encarga de atrapar datos referentes del indicador biométrico que se elige y lo representa en un formato digital.

Las funciones del módulo de inscripción son posibles mediante un extractor de características quien toma las características representativas del dato guía a partir de la salida del lector y las recoge para el almacenamiento en una base de datos central llamada “template” la cual es utilizada para el proceso de identificación al ser comparados con la información derivada del punto de entrada (26).

2.9.5.2 Módulo de identificación. Es cuando el sistema biométrico captura el rasgo único del usuario que va a ser autenticado, procesándolo después en formato digital, para que el extractor de características entregue una representación de esto en la base de datos, obteniendo como resultado a lo que se le designa “query” para enviarlo al comparador de particularidades que confronta y define la identidad de la persona con uno o varios templates (26).

2.9.6 Antecedentes de sistemas tecnológicos que analizan las huellas labiales. Con el tiempo y el avance de la tecnología se han venido creando distintos mecanismos digitales para facilitar el proceso de identificación mediante la biometría soportado en las huellas labiales.

En Colombia, el grupo GIIMUB de la Universidad de Santander (UDES) desarrolló una primera fase de un programa el que logran digitalizar una huella labial a través de Matlab y lo hacen por medio de una fotografía que dividen en octantes para una visualización aumentada y precisa (Ver figura 15) (8).

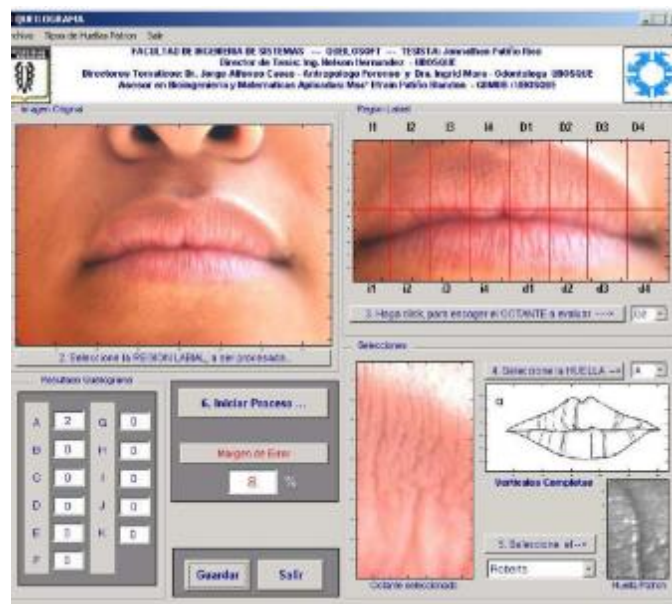


Figura 15. Programa Queilosoft.

Tomado de: Patiño J, Patiño E, Mora I, Casas A. Queilosoft- huellas labiales. GIMUB 2005 Nov, 03:1-4.

En un estudio realizado en 2013 en la Universidad Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho en Porto Alegre, Brasil utilizaron dos métodos analíticos para el análisis Queiloscópico: uno convencional y otro digital, en el método convencional incluyen la observación de ranuras correspondientes que se extraen del método tradicional y proceden a tomar fotografías a estas huellas para un posterior análisis (Ver figura 16)

El método digital, actualmente en fase de desarrollo, se realizó sobre 600 personas de la India (280 hombres y 320 mujeres), a quienes se les tomaron y escanearon los labios para proporcionar una mejor visión y para asegurar que se realizaran los registros sin ninguna pérdida de detalles. Se utilizó el software Adobe Photoshop 7.0 para analizar las impresiones de los labios, lo que hace posible comparar los surcos de los labios mediante la manipulación de imágenes utilizando aplicaciones de software que aplican técnicas de superposición; constituyéndose en un método que proporciona objetividad, rapidez y confiabilidad en casos específicos, lo que facilita el proceso de identificación (9).



Figura 16 .Impresión labial, fotografía y fotografía del labio delimitada según la clasificación de Suzuki y Tsuchihash.

Tomado de: Herrera, L Fernandes, C Serra, M. Human identification by means of conventional and digital cheiloscopy: a study of the literature. Gaúcha Odontol, v 61, n 1 2013 Marzo,113-118.

En otro estudio realizado en el Departamento de Odontología de SBH Government Medical College and Hospital, Dhule, Maharashtra, India, se tomaron las huellas labiales a un total de 496 sujetos, 326 hombres y 170 mujeres nacidas y criado en el norte de Maharashtra con edades comprendidas entre 20 y 50 años, sin lesiones en los labios.

El procedimiento inicia con la limpieza de los labios con una gasa empapada en solución salina, se secaron con algodón estéril; posteriormente, los labios se delinearon con un lápiz labial perfilado (Davis®). Para obtener las impresiones labiales se tomó una cinta de celofán que se colocó sobre los labios, en posición de reposo, primero en el centro y luego presionando las esquinas de los labios. Las impresiones labiales de todos los individuos se invirtieron y escanearon en escala de grises a una resolución de 600 ppp, cada impresión labial se dividió en seis segmentos superior derecha (UR), centro superior (UM), superior izquierda (UL), esquina inferior derecha (LR), centro inferior (LM) e inferior izquierda (LL) (Ver Figura 17). Las divisiones se hicieron usando Software Adobe® Photoshop® CS2 (34).

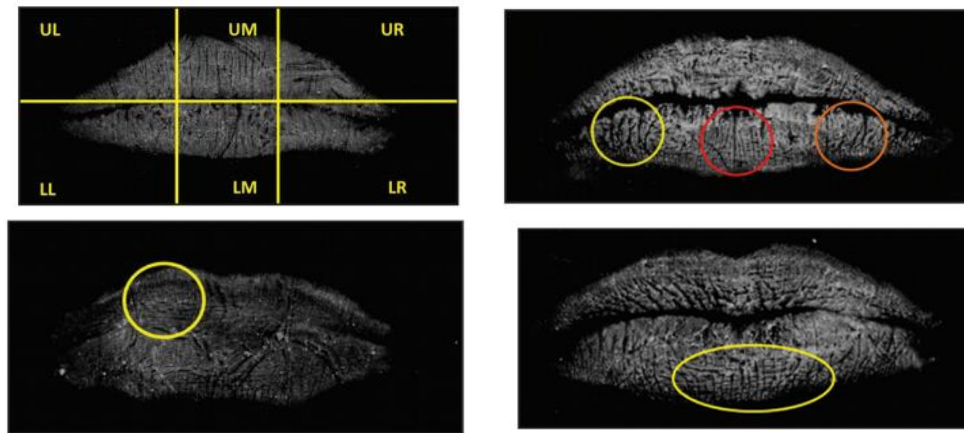


Figura 17. Procedimiento utilizado posterior al escaneado para analizar cada huella labial.

Tomado de: Borase A, Shaikh S, Mohatta A. A Study of Lip Prints among North Maharashtra Population. Revista de investigación oral avanzada 2016 Septiembre:20-25.

La singularidad de las impresiones de los labios se validó con este estudio. Aun así, los autores sugieren generar una base de datos ya que sería muy útil para potencializar la utilidad de la queiloscopia como herramienta de identificación (34).

Cabe señalar que, en la literatura se evidencian pocos trabajos en este campo; pero con el advenimiento de las nuevas tecnologías digitales se podrían crear sistemas biométricos para la identificación y reconocimiento de las personas, soportados en las huellas labiales, con alto rendimiento de esta técnica, generando velocidad y objetividad.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Validar un prototipo de sistema biométrico soportado en las huellas labiales para la identificación y reconocimiento de estudiantes de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga que cursan su semestre en el primer periodo del 2019.

3.2 Objetivos específicos

1. Crear un prototipo de sistema biométrico que permita identificar a las personas soportado en las huellas labiales.
2. Capturar las huellas labiales de los estudiantes de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga que cursan su semestre en el primer periodo del 2019 por medio de un modelo de sistema biométrico.
3. Procesar la información de las huellas labiales de los estudiantes involucrados a partir del prototipo de sistema biométrico.

4. Verificar la capacidad del prototipo de sistema biométrico soportado en las huellas labiales para identificar a los estudiantes incluidos en este estudio.

4. Hipótesis

El prototipo de sistema biométrico de huellas labiales permite identificar y reconocer de manera válida a los estudiantes de la Universidad Santo Tomás que cursan su semestre en el primer periodo del 2019 que son partícipes en este estudio.

5. Materiales y métodos

5.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio que se utilizó para este trabajo fue la evaluación de tecnologías diagnósticas el cual nos permite analizar los diversos impactos que provienen de la aplicación de tecnologías y concede estudiar los posibles efectos de nuevas alternativas, se trata de reducir los resultados negativos de algunos métodos digitales que predominan y optimar los efectos positivos para la mayor aceptación de la sociedad, a su vez identificar los grupos sociales que puedan verse afectados. El objetivo de la evaluación de tecnologías es generar una nueva información que sea aprovechada para ayuda del manejo estratégico de desarrollo tecnológico por parte de quienes tengan esa responsabilidad y que facilite el esclarecimiento de los temas susceptibles de posterior estudio para la evaluación tecnológica (35).

5.2. Universo

Todos los estudiantes de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga matriculados en el primer semestre del año 2019.

5.2.1 Población. Estudiantes de todos los programas de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga matriculados en el primer semestre del año 2019 que asistan a la sede de Floridablanca.

5.2.2 Muestra y tipo de muestreo. De acuerdo a lo establecido por Orozco y Camargo, que definen que una muestra orienta a evaluar una tecnología diagnóstica no debe ser menos de 100 individuos para lograr una mayor validez, en el presente trabajo se evaluará un total de 100 estudiantes (36).

En este estudio se utilizó el muestreo de tipo probabilístico donde todos los individuos tienen la probabilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. El tipo probabilístico que se utilizó fue el muestreo aleatorio simple, es uno de los más sencillos de aplicar, en el cual cada elemento que compone la población tiene la misma posibilidad de ser seleccionado, también es conocido como sorteo o rifa (37).

5.3 Criterios de selección

5.3.1 Criterios de inclusión.

- Estudiantes de todos los programas de primero a décimo semestre de la Universidad Santo Tomás.
- Alumnos con asistencia regular a la universidad.
- Haber aceptado la participación en el estudio.
- Estudiantes mayores de edad.

5.3.2 Criterios de exclusión.

- Estudiantes con lesiones herpéticas en fase aguda o procesos infecciosos.
- Estudiantes con quemaduras en los labios.
- Estudiantes con microforma labial.
- Estudiantes oncológicos y/o con labio leporino.

5.4. Variables

Sexo

Definición conceptual. Condición orgánica que distingue el macho de la hembra.

Definición operativa. Clasificación de sexo de acuerdo con los rasgos físicos que permite clasificar al estudiante involucrado en este proyecto.

Naturaleza. Cualitativa.

Escala de medición. Nominal.

Valor. Mujer (0), Hombre (1).

Edad

Definición conceptual. Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento.

Definición operativa. Años cumplidos por el individuo, participante del estudio corroborado con su cédula.

Naturaleza. Cuantitativa.

Escala de medición. Razón.

Valor. Edad en años expresada por el participante, mayor de 18 años.

Semestre académico

Definición conceptual. Nivel académico cursado por estudiantes en una institución de educación superior.

Definición operativa. Grado educativo cursado por estudiantes de la USTA, que asisten a clases en la sede de Floridablanca vinculados a los semestres previamente establecidos.

Naturaleza. Cualitativa.

Escala de medición. Ordinal.

Valor. Primero (1) Segundo (2) Tercero (3) Cuarto (4) Quinto (5) Sexto (6) Séptimo (7) Octavo (8) Noveno (9) Decimo (10).

Grosor labial superior

Definición conceptual. Espesor de los labios de una persona.

Definición operativa. Espesor de los labios superiores de cada uno de los individuos participantes.

Naturaleza. Cualitativo.

Escala de medición. Ordinal.

Valor. Delgado (menos de 8 mm) (0), Medio (de 8 a 10 mm) (1), Grueso (más de 10 mm) (2).

Grosor labial inferior

Definición conceptual. Espesor de los labios de una persona.

Definición operativa. Espesor de los labios inferiores de cada uno de los individuos participantes.

Naturaleza. Cualitativo.

Escala de medición. Ordinal.

Valor. Delgado (menos de 8 mm) (0), Medio (de 8 a 10 mm) (1), Grueso (más de 10 mm) (2).

Tipo de comisuras

Definición conceptual. Disposición de los extremos de los labios de una persona.

Definición operativa. Disposición de los extremos de los labios de los individuos participantes.

Naturaleza. Cualitativo.

Escala de medición. Nominal.

Valor. Horizontales (0) Elevadas (1) Abatidas (2).

Falso rechazo

Definición conceptual. Cuando un sistema no valida la identidad de una persona que si ha suministrado previamente una muestra.

Definición operativa. Número de veces en que el sistema de autenticación rechaza a un usuario legítimo.

Naturaleza. Cuantitativo.

Escala de medición. Razón.

Valor. Cantidad de rechazos del sistema a un usuario verdadero.

Falsa aceptación

Definición conceptual. Cuando un sistema de biometría valida la identificación de una persona que no ha suministrado una muestra previamente.

Definición operativa. Número de veces en que el sistema autentique correctamente a un usuario ilegítimo.

Naturaleza. Cuantitativa.

Escala de medición. Razón.

Valor. Cantidad de aceptaciones del sistema a un usuario falso.

Verdadera aceptación

Definición conceptual. Es cuando un sistema acierta de manera positiva validando una verdadera identidad.

Definición operativa. Número de veces que el sistema biométrico acepta de manera acertada a un usuario legítimo

Naturaleza. Cuantitativa.

Escala de medición. Razón.

Valor. Cantidad de veces que el sistema biométrico acepta de manera acertada a un usuario verdadero.

Verdadero rechazo

Definición conceptual. Es cuando un sistema rechaza de manera positiva validando a una suplantación de identidad.

Definición operativa. Número de veces que el sistema biométrico rechaza de manera acertada a un usuario ilegítimo.

Naturaleza. Cuantitativa.

Escala de medición. Razón.

Valor. Cantidad de veces que el sistema biométrico rechaza de manera acertada a un usuario falso.

Tasa de interfaz

Definición conceptual. Son los mecanismos intermedios que permiten interactuar a algún usuario con el sistema operativo de algún aparato.

Definición operativa. Número de intentos efectuados por cada usuario en la prueba

Naturaleza. Cuantitativa.

Escala de medición. Razón.

Valor. Cantidad de intentos efectuados por el usuario.

Porcentaje de error de medida

Definición conceptual. Se define como la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia (valor convencional o valor verdadero).

Definición operativa. Diferencia entre el histograma en base a los blancos y negros y el histograma a comparar en cada participante.

Naturaleza. Cuantitativa.

Escala de medición. Razón.

Valor. Porcentaje de diferencia entre los histogramas del total de intentos en cada participante.

Tiempo efectuado

Definición conceptual. Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento.

Definición operativa. Tiempo en segundos obtenido por el sistema biométrico en el momento de realizar la validación y reconocimiento para dar el resultado final.

Naturaleza. Cuantitativa.

Escala de medición. Razón.

Valor. Tiempo que tarda el sistema biométrico en validar y reconocer al usuario.

(Ver Apéndice A)

5.5 Instrumento

Para el desarrollo de la presente investigación se elaboró un instrumento integrado por dos campos fundamentales, el primero que recopila las variables sociodemográficas y el segundo que contiene las variables relativas a las huellas labiales y a los resultados obtenidos de los métodos de evaluación del sistema biométrico (Ver Apéndice B).

5.6 Procedimiento

Inicialmente, se solicitó la autorización para el ingreso al cubículo de la biblioteca de la Universidad Santo Tomás, espacio en el que se explicaron los procedimientos a desarrollar en esta investigación, se obtuvo el consentimiento informado, el formato de la protección de datos personales y las variables sociodemográficas de las personas que aceptaron vincularse a esta investigación, se procedió a tomar la fotografía de los labios y la impresión de la huella labial, proceso que se realizó hasta alcanzar el tamaño de muestra establecido para el estudio.



Figura 18. Cubículo número 3 de la Biblioteca de la Universidad Santo Tomás sede Floridablanca, lugar para la toma de las fotografías e impresiones labiales.

5.6.1 Obtención de la fotografía de la huella labial: Los pasos que se siguieron para la obtención de la fotografía de la huella labial fueron:

Se trasladaron los estudiantes al cubículo de la biblioteca en un grupo de 4 estudiantes máximo; para el espacio de la toma de la fotografía, se adecuó el ambiente con una iluminación artificial fluorescente y con un fondo blanco, se les indicó que se ubicaran en posición de sentado, mirando al frente y cabeza en alto con los labios relajados, sin ningún tipo de colorante artificial o pintalabios, la toma se ejecutó a una distancia de 50 cm del tercio inferior de la cara donde se permitió visualizar completamente las comisuras de los labios y se obtuvieron 5 tomas de las huellas labiales a cada estudiante en un ambiente controlado, 3 de estas con distintas variaciones

de la luz artificial fluorescente, siendo así; la primera sin luz adicional, la segunda aplicándole el uso de una linterna adicional a 50 cm y la tercera a 80 cm, a las 2 faltantes se les aplicó luz LED por medio de una lámpara de luz LED. Estas fotografías se realizaron con una cámara Canon EOS Rebel T5i con sensor COMS de 18,0 megapíxeles full HD y un trípode ESDDI liviano de aluminio compacto de 170 cm para cámara Canon digital. (Ver figuras 19, 20, 21)



Figura 19. Espacio y ambiente utilizado para realizar el procedimiento para la toma de muestras.



Figura 20. Ambiente del espacio con luz fluorescente artificial y lámpara de luz led artificial utilizada.



Figura 21. Fotografías del tercio inferior de la cara participante número seis del estudio.

5.6.2 Obtención de la impresión de la huella labial: Los pasos que se siguieron para la obtención de la huella labiales consistieron en:

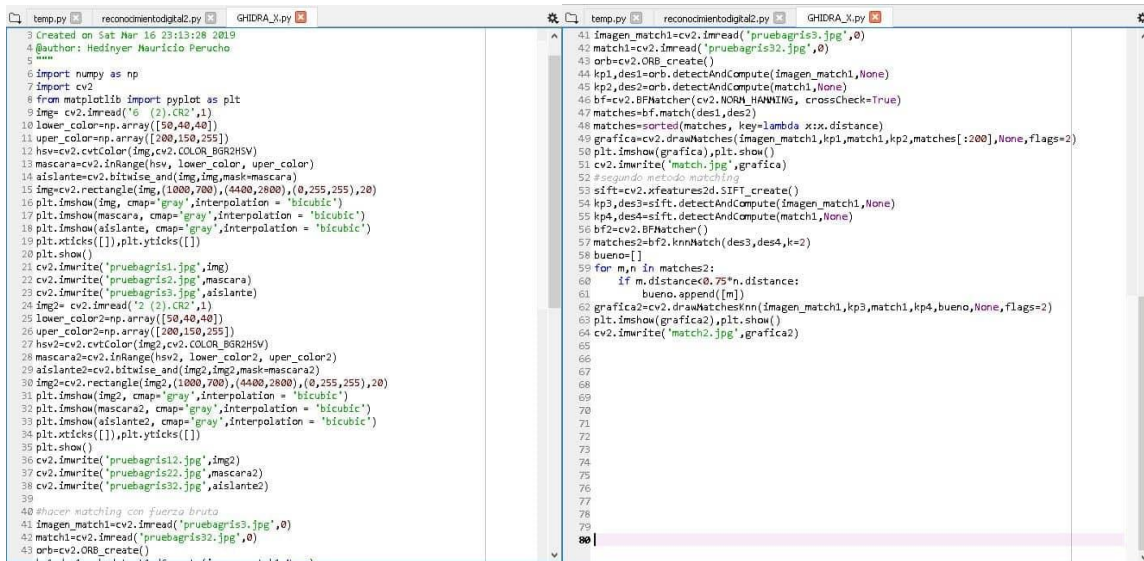
Se hizo la entrega de un labial en barra mate marca “vogue” tono rojo intenso, a cada participante, este labial fue de contextura rígida para que se visualizaran mejor los patrones labiales. (Figura 22). Se aplicó el labial sobre la mucosa queratinizada de los labios, seguido se dejó actuar durante 1 minuto aproximadamente y se llevó la hoja de papel con las manos hacia los labios en posición de reposo de manera que se tomó la impresión en sentido horizontal desde una comisura hasta la otra, primero en el centro y luego presionando las esquinas de los labios. El papel utilizado fue una hoja de color blanco polar de marca “Propal Reprogaf” ecológico. (Ver apartado A1 del instrumento). Dicho proceso se repitió tantas veces fue necesario y la mejor impresión se colocó en el apartado del instrumento. Finalmente se escribieron los correspondientes datos del instrumento.



Figura 22. Proceso de obtención de la impresión de la huella labial.

5.6.3 Procesamiento de la información.

5.6.3.1 Creación del aplicativo. Para la creación del programa se utilizó el lenguaje de programación “Python” (Python Programming Language). Este lenguaje cuenta con estructuras de datos eficientes, de alto nivel y de un enfoque simple pero efectivo a la programación orientada a objetos, es muy sencillo de usar a la vez potente y de código abierto. Este lenguaje permite que se pueda programar en varios estilos, también llamado como programación multiparadigma el cual contiene programación orientada a objetos, estructurada y funcional (38).



```

3 Created on Sat Mar 16 23:13:28 2019
4 @author: Hadyner Nauricio Perucha
5
6 import numpy as np
7 import cv2
8 from matplotlib import pyplot as plt
9 img= cv2.imread('6 (2).CR2',1)
10 lower_color=np.array([50,40,40])
11 upper_color=np.array([200,150,255])
12 hsv=cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2HSV)
13 mascara=cv2.inRange(hsv, lower_color, upper_color)
14 aislante=cv2.bitwise_and(img,img,mask=mascara)
15 img=cv2.rectangle(img,(1000,700),(4400,2800),(0,255,255),20)
16 plt.imshow(img, cmap='gray',interpolation = 'bicubic')
17 plt.imshow(mascara, cmap='gray',interpolation = 'bicubic')
18 plt.imshow(aislante, cmap='gray',interpolation = 'bicubic')
19 plt.xticks([],plt.yticks([]))
20 plt.show()
21 cv2.imwrite('pruebagris1.jpg',img)
22 cv2.imwrite('pruebagris2.jpg',mascara)
23 cv2.imwrite('pruebagris3.jpg',aislante)
24 img2= cv2.imread('2 (2).CR2',1)
25 lower_color2=np.array([50,40,40])
26 upper_color2=np.array([200,150,255])
27 hsv2=cv2.cvtColor(img2,cv2.COLOR_BGR2HSV)
28 mascara2=cv2.inRange(hsv2, lower_color2, upper_color2)
29 aislante2=cv2.bitwise_and(img2,img2,mask=mascara2)
30 img2=cv2.rectangle(img2,(1000,700),(4400,2800),(0,255,255),20)
31 plt.imshow(img2, cmap='gray',interpolation = 'bicubic')
32 plt.imshow(mascara2, cmap='gray',interpolation = 'bicubic')
33 plt.imshow(aislante2, cmap='gray',interpolation = 'bicubic')
34 plt.xticks([],plt.yticks([]))
35 plt.show()
36 cv2.imwrite('pruebagris12.jpg',img2)
37 cv2.imwrite('pruebagris22.jpg',mascara2)
38 cv2.imwrite('pruebagris32.jpg',aislante2)
39
40 #hacer matching con fuerza bruta
41 imagen_match1=cv2.imread('pruebagris3.jpg',0)
42 match1=cv2.imread('pruebagris32.jpg',0)
43 orb=cv2.ORB_create()
44 kp1,des1=orb.detectAndCompute(imagen_match1,None)
45 kp2,des2=orb.detectAndCompute(match1,None)
46 bf=cv2.BFMatcher(cv2.NORM_HAMMING, crossCheck=True)
47 matches=bf.match(des1,des2)
48 matches=sorted(matches, key=lambda x:x.distance)
49 grafica=cv2.drawMatches(imagen_match1,kp1,match1,kp2,matches[:200],None,flags=2)
50 plt.imshow(grafica),plt.show()
51 cv2.imwrite('match.jpg',grafica)
52 #segundo metodo matching
53 sift=cv2.xfeatures2d.SIFT_create()
54 kp3,des3=sift.detectAndCompute(imagen_match1,None)
55 kp4,des4=sift.detectAndCompute(match1,None)
56 bf2=cv2.BFMatcher()
57 matches2=bf2.knnMatch(des3,des4,k=2)
58 bueno=[]
59 for m,n in matches2:
60     if m.distance<0.75*n.distance:
61         bueno.append(m)
62 grafica2=cv2.drawMatchesKnn(imagen_match1,kp3,match1,kp4,bueno,None,flags=2)
63 plt.imshow(grafica2),plt.show()
64 cv2.imwrite('match2.jpg',grafica2)
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
    
```

Figura 23. Lenguaje de programación “Python” utilizado.

5.6.3.2 Aislamiento del rasgo morfológico único. Para el aislamiento de los labios del resto de la imagen se utilizó una librería de software llamada “Opencv” (Open Source Computer Vision). Es una biblioteca libre de visión artificial, está dirigida fundamentalmente a la visión por computador en tiempo real. Esta librería posee de 2500 algoritmos, en los cuales se incluyen de visión artificial y de machine learning para utilizar, estos algoritmos admiten la identificación de objetos y caras, extraer modelos 3D, encontrar iconografías similares, eliminación de ojos rojos, reconocimiento de escenarios, entre otros (39).

Inicialmente se separa las huellas labiales del fondo, utilizando la umbralización como técnica de segmentación, en las imágenes almacenadas en la base de datos se pueden distinguir los tres objetos de interés que las constituyen: el fondo de la imagen, el contorno del labio y las huellas labiales.





Figura 24. Aislamiento de los labios del resto de la imagen con librería de software OpenCV, participante número seis y número dos.

5.6.3.3 Comparación de características. Para la comparación de las características se utilizó “*feature matching by brute force*” esta toma el descriptor de una característica en el primer conjunto y se compara con todas las demás características en el segundo conjunto usando un cálculo de distancia. Y se devuelve el más cercano, se utiliza un umbral arbitrario para identificar una coincidencia correcta de coincidencias incorrectas utilizando la distancia de Hamming que puede mejorar o degradar los resultados correspondientes para diferentes imágenes de entrada.

Principalmente debido al contenido de la imagen que se ve afectado por la escena, la iluminación y las condiciones de imagen. Este papel presenta un enfoque basado en la lógica difusa para la comparación de fuerza bruta de características de imagen para superar esta situación. Para complementar se sacó los histogramas de blancos y negros y se utilizó una función para compararlos.

Cv2.compareHist(histograma 1, histograma 2, Cv2. HISTCMP_CORREL

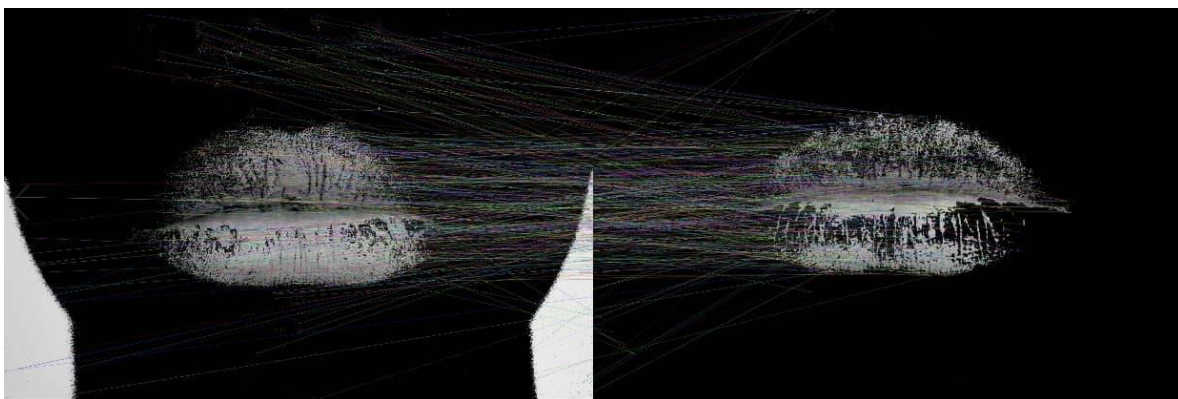


Figura 25. Comparación de características mediante “*feature matching by brute force*” de dos usuarios diferentes.

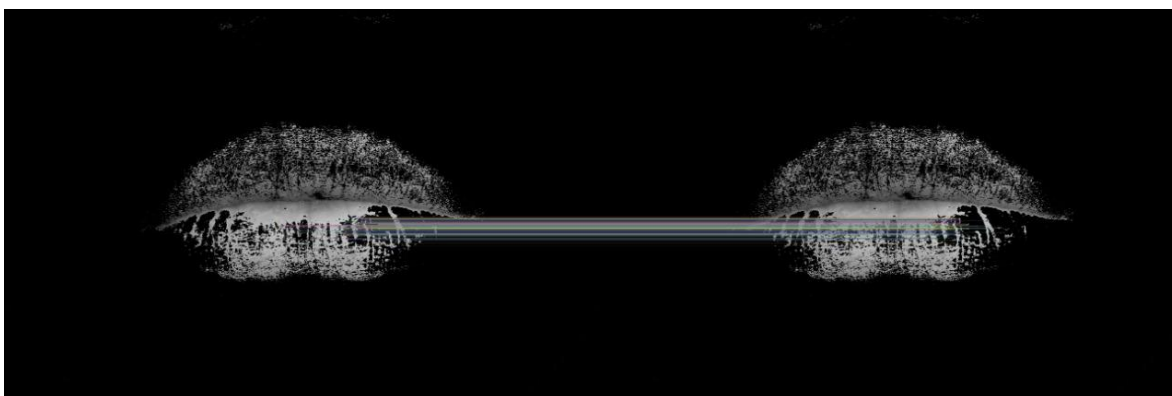


Figura 26. Comparación de características mediante “feature matching by brute force” de dos usuarios idénticos.

5.6.4 Evaluación del rendimiento: El rendimiento de un sistema biométrico depende del tipo de prueba y de la población involucrada, para que los datos pudieran ser comprendidos se proporcionó la siguiente información:

- Datos sociodemográficos de la población de prueba.
- Datos sobre el entorno de prueba.
- Número de usuarios.
- Numero de minucias.
- Número de transacciones por cada usuario.
- Número de intentos por cada usuario.
- Número de falsos rechazos.
- Número de falsas aceptaciones
- Número de verdaderos rechazos
- Número de verdaderas Aceptaciones.
- Tiempos entre inscripción al sistema y la transacción de prueba.
- Calidad de umbrales de decisiones utilizados durante la recolección de datos.
- Información detallada sobre procedimientos seguidos a la prueba.
- Detalles de casos anormales y excluidos del análisis.

La información recolectada se sistematizó en Excel por duplicado, se verificó la calidad de la digitación mediante la rutina comparar conjunto de datos del paquete estadístico Stata 14.0 se procedió a depurar la información y esta base se exportó nuevamente a Stata 14.0 para su procesamiento y análisis.

5.7 Plan de análisis estadístico

5.7.1. Análisis univariado. El análisis estadístico se ejecutó en el paquete estadístico STATA, Versión 14,0. Se calcularon las medidas de resumen según la naturaleza de las variables, para las cualitativas se computaron frecuencias absolutas y relativas; para las variables cuantitativas se

computaron medidas de tendencia central (moda, media y mediana), de dispersión (rango, varianza y desviación estándar), y para la evaluación de la distribución de los datos cuantitativos se aplicó la prueba shapiro Willk. B (Ver Apéndice C).

5.7.2. Análisis Bivariado. Se ejecutó este análisis para calcular el cruce de FRR vs FAR y la curva ROC de FRR vs FAR. Para este análisis primero se calculó la tasa de error existente por cada usuario (Falsos rechazos, falsas aceptaciones) y en función de unos umbrales, luego se representó por medio de las curvas FRR- FAR, ROC y DET.

A partir de estos datos se calculó la tasa de igual error (EER) y con la función “resultados.m” se obtuvo la tasa de error de cruce entre ratio falso rechazo y ratio falsa aceptación o EER. La curva de ROC, permitió cuantificar la precisión de un sistema biométrico, representó los falsos rechazos frente a las falsas aceptaciones y se utilizó la función “representarGraficaROC.m” para la obtención de tal gráfica (Ver Apéndice D).

5.8 Consideraciones bioéticas

Según el artículo 11 de la resolución N.º 008430, de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, este trabajo se considera una *investigación sin riesgo*, ya que no se ejecutó ninguna intervención o reforma intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los sujetos que participaron en el estudio. A todos los participantes se les explicó el objetivo del trabajo y el procedimiento a llevar a cabo, de tal manera que firmaron un consentimiento informado en donde decidieron hacer parte de la investigación (Ver Apéndice E).

Toda investigación realizada en seres humanos debe hacerse de acuerdo a cuatro principios éticos fundamentales que permiten ordenar el debate y orientar las decisiones: no maleficencia, beneficencia, autonomía y justicia. Las fotografías y los datos de los participantes cuentan con un seguro para limitar el acceso únicamente de los investigadores.

5.9 Prueba piloto

5.9.1 Selección de sujetos/ tamaño de muestra. Se tomaron 10 participantes como representatividad de la muestra real que equivale al 10% de la muestra total.

5.9.2 Aplicación del método

5.9.2.1 Procedimientos de estudio. Se llevó a cabo en el aula de imágenes diagnósticas en un grupo de 2 estudiantes por aula, donde se explicaron los pasos a realizar y se obtuvo el consentimiento informado de cada participante.

5.9.2.2 Obtención de la fotografía de la huella labial. Los pasos que se siguieron para la obtención de la fotografía de la huella labial fueron:

Se trasladaron los estudiantes al aula de Imágenes diagnósticas en un grupo de 2 estudiantes máximo; para el espacio de la toma de la fotografía, se adecuo el ambiente con una iluminación artificial fluorescente y con un fondo blanco, se les expresó que se ubicaran en posición de sentado, mirando al frente y cabeza en alto con los labios relajados, sin ningún tipo de colorante artificial o pintalabios, la toma se ejecutó a una distancia puesta en el tercio inferior de la cara donde se quería visualizar completamente las comisuras de los labios dejando la misma medida del labio a los bordes de la fotografía y se obtuvieron 5 tomas de las huellas labiales a cada estudiante. Estas fotografías se realizaron con una cámara (Canon EOS Rebel T5i) montada en un trípode (Trípode W Case For the Canon Eos Rebel T5i).

5.9.2.3 Obtención de la impresión de la huella labial. Los pasos que se siguieron para la obtención de la huella labiales consistieron en:

Se hizo la entrega de un labial en barra rojo mate a cada participante, este labial fue de textura rígida para que se visualizaran mejor los patrones labiales. Se aplicó el labial sobre la mucosa queratinizada de los labios, seguido se dejó actuar durante 2 minutos aproximadamente y se llevó la hoja de papel con las manos hacia los labios en posición de reposo de manera que se visualice la impresión en sentido horizontal desde una comisura hasta la otra, primero en el centro y luego presionando las esquinas de los labios. El papel utilizado fue una hoja de color blanco polar de marca “Propal Reprogaf” ecológico. Finalmente se anotó la fecha, el número de registro, y los demás datos del instrumento dicho proceso se repitió tantas veces como fue necesario y la mejor impresión se colocó en el apartado del instrumento.

6. Resultados

6.1 Descripción de los participantes

Se evaluaron las huellas labiales de 100 estudiantes de la Universidad Santo Tomás que se encontraban activos en el primer semestre del 2019 en el campus de Floridablanca. Se observó que con relación al género el de mayor predominio fue el femenino con 55% (n=55) y el semestre académico con mayor número de estudiantes que participaron fue quinto semestre con 25% (n=25). El promedio de edad en los participantes fue de $19 \pm 2,01$ años, donde la edad mínima fue de 18 años y la máxima 28 años. El grosor labial superior que presentó mayor frecuencia fue el mediano con 68% (n=68) igualmente en el labio inferior prevalece el grosor labial mediano con 63% (n=63) que refiere a medidas entre 8 a 10 mm de grosor. Se evidenció que más de la mitad de los estudiantes que participaron presentaron un tipo de comisura abatida con 74% (n=74) (Ver tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los participantes según variables sociodemográficas y particulares del estudio.

Variables	% (n-)
Sexo	
Femenino	55 (55,0)
Masculino	45 (45,0)
Semestre Académico	
Primero	14 (14,0)
Segundo	6 (6,0)

Tercero	13 (13,0)
Cuarto	7 (7,0)
Quinto	25 (25,0)
Sexto	8 (8,0)
Séptimo	11 (11,0)
Octavo	10 (10,0)
Noveno	3 (3,0)
Décimo	3 (3,0)
Grosor labial superior	
Delgado	16 (16,0)
Mediano	68 (68,0)
Grueso	16 (16,0)
Grosor labial inferior	
Delgado	16 (16,0)
Mediano	63 (63,0)
Grueso	21 (21,0)
Tipo de Comisura	
Horizontales	25 (25,0)
Elevadas	1 (1,0)
Abatidas	74 (74,0)

6.2 Validación del prototipo

El sistema de identificación y reconocimiento biométrico propuesto permitió realizar las tareas de registro y validación de autenticidad de personas. A través de comandos el usuario administrador del sistema puede maniobrar el programa en dos maneras diferentes. En modo de registro, si el objetivo es ingresar un nuevo usuario a la base de datos, y en modo de validación, si se desea confirmar la identidad de un usuario previamente registrado, mediante el patrón que forman las huellas labiales en cada individuo.

El procedimiento para la captura de las imágenes de registro consistió en la toma de 5 fotografías con diferentes posiciones y cambios de luz fluorescente en las cuales se seleccionaron tres, contando así con un total de 300 registros. Cuando se opera en modo de validación, el sistema utiliza las tres imágenes de cada participante y las compara con el resto de las imágenes de los otros participantes que están proporcionados en la base de datos. En la adquisición de imágenes no todas reunieron las condiciones que permitieron realizar sobre ellas las fases de procesamiento y registro o validación ya que no ofrecen información discriminante del patrón. En este caso las imágenes a las cuales se les aplicó luz led fueron excluidas, pues no contaban los estándares de éste (Ver figura 27).

Luego se realizó una base de datos con toda la información relacionada de los participantes en archivo (.txt) y se agruparon las fotos de cada participante en carpetas individuales, después para realizar el proceso de comparación se escogió el ID del usuario y el número de la fotografía para iniciar el cotejo con las demás fotos que se encontraban ya establecidas en la base de datos (Ver figuras 28 y 29).

El sistema en modo verificación se puso a prueba utilizando un total de 10 fotografías que no se encontraban registradas en la base de datos y como resultado se evidenció un rechazo para

iniciar la prueba, y así mismo una aceptación en todos los usuarios que se encontraban ya establecidos en la base de datos, generando la tasa de verdadero rechazo y verdadera aceptación del 100% (Ver figura 30).

La comparación se realizó por medio de un sistema de visión artificial basada en redes neuronales, donde se evidenció gráficamente las coincidencias de manera unida y paralelas cuando había una verdadera aceptación y de manera difusa y descontinua cuando no era el usuario correcto. En el momento de comparación de las imágenes éste generaba un histograma con base en los blancos y negros por pixel de cada imagen y luego este histograma se comparaba con el histograma de la imagen que se quería buscar (Ver figuras 32, 33, 34 y 35).

Para hallar la correlación estadística se compararon los puntos y así se verificó qué tan similar es un histograma con respecto a otro, esta técnica se usa para hallar similitudes entre imágenes cuando sus características son fácilmente apreciables. El resultado de esta intersección es el número de píxeles semejantes con respecto de la imagen de entrada. Para obtener este resultado se calculó el valor de la intersección entre 2 histogramas y se dividió por el número de píxeles de la imagen que se está comparando (Ver figura 36).

El software arrojó el porcentaje de diferencia (porcentaje de error) que hay entre los dos histogramas en cada intento efectuado por cada participante, obteniendo un porcentaje total global del 2,40 % (Ver figura 37).

ALGORITMO ACEPTACIÓN DE UNA IMAGEN

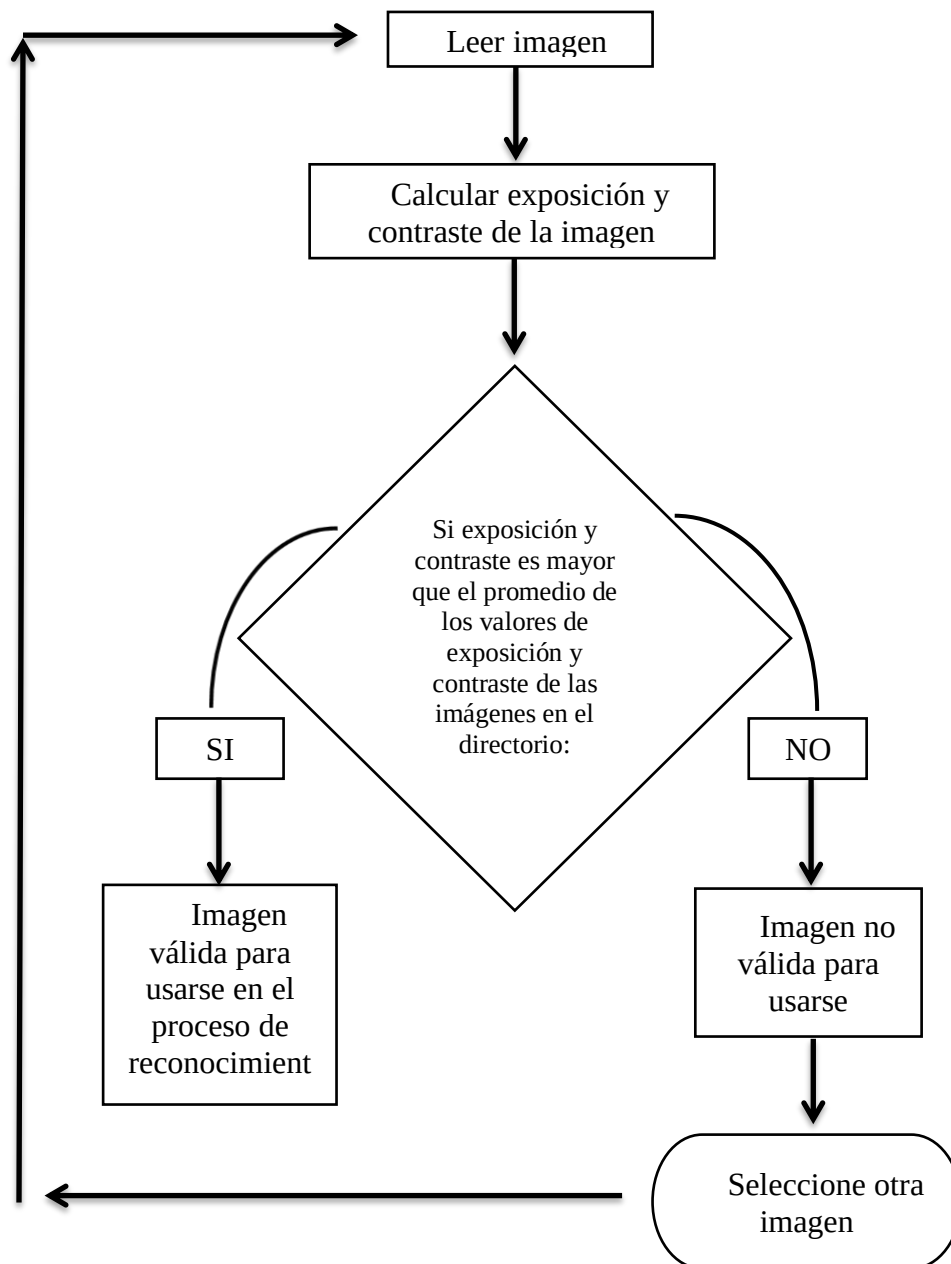


Figura 27. Diagrama de flujo para la aceptación de una imagen. Fuente: Propia.

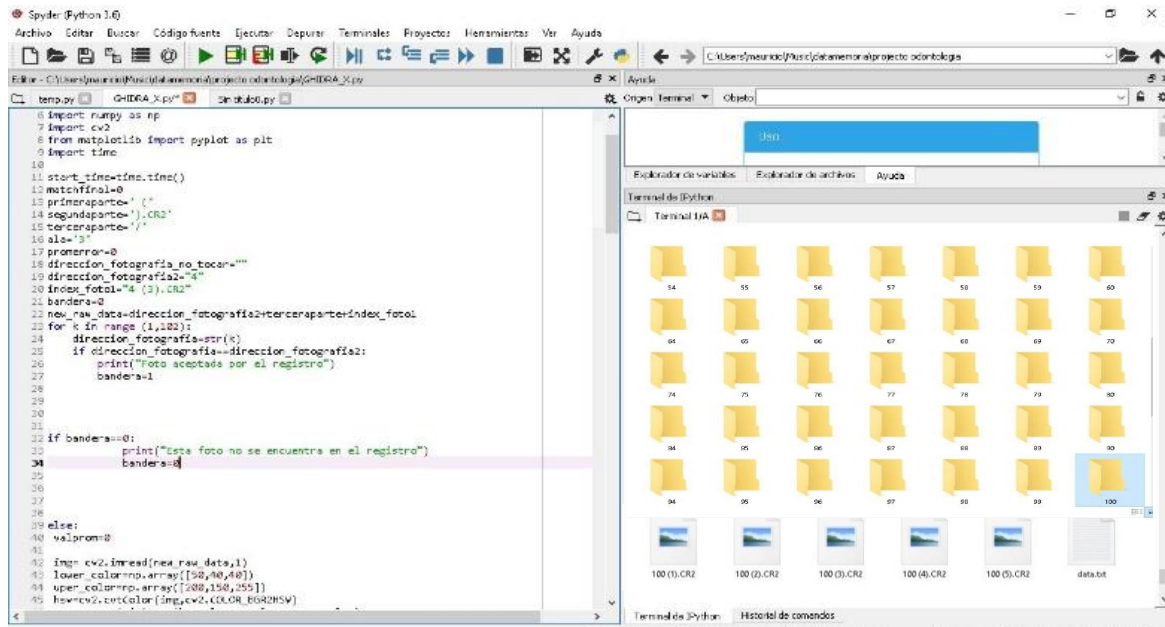


Figura 28. Sistema en modo registro del usuario.

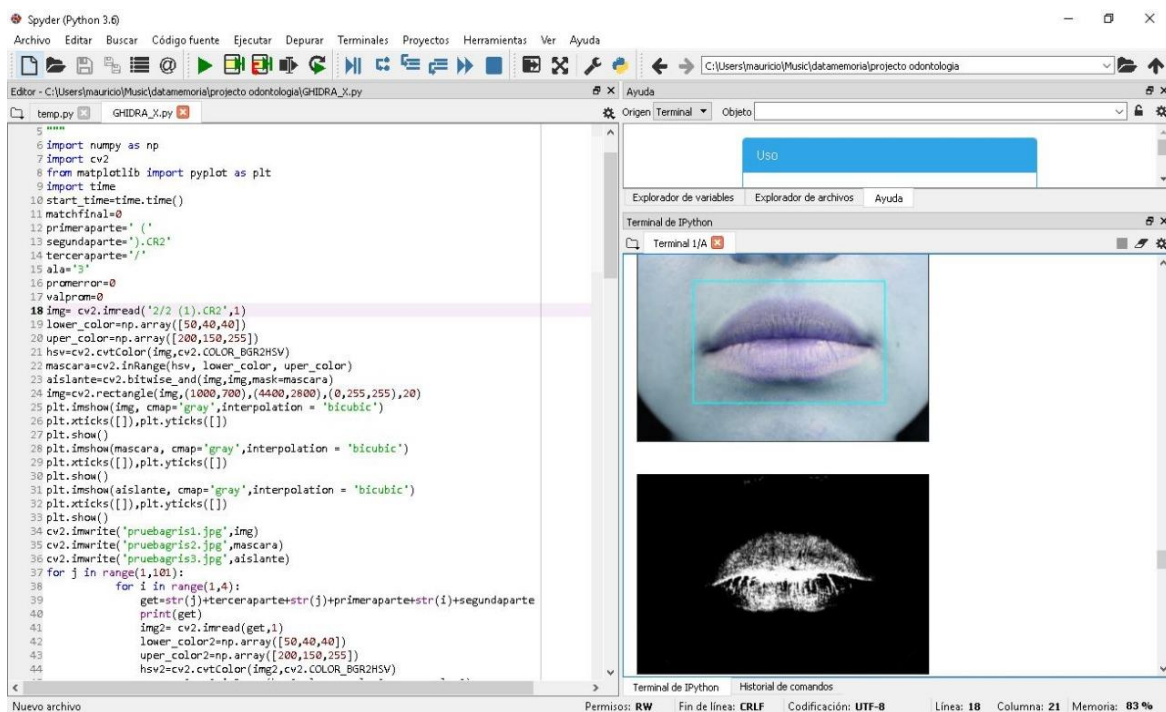


Figura 29. Sistema en modo validación del usuario.

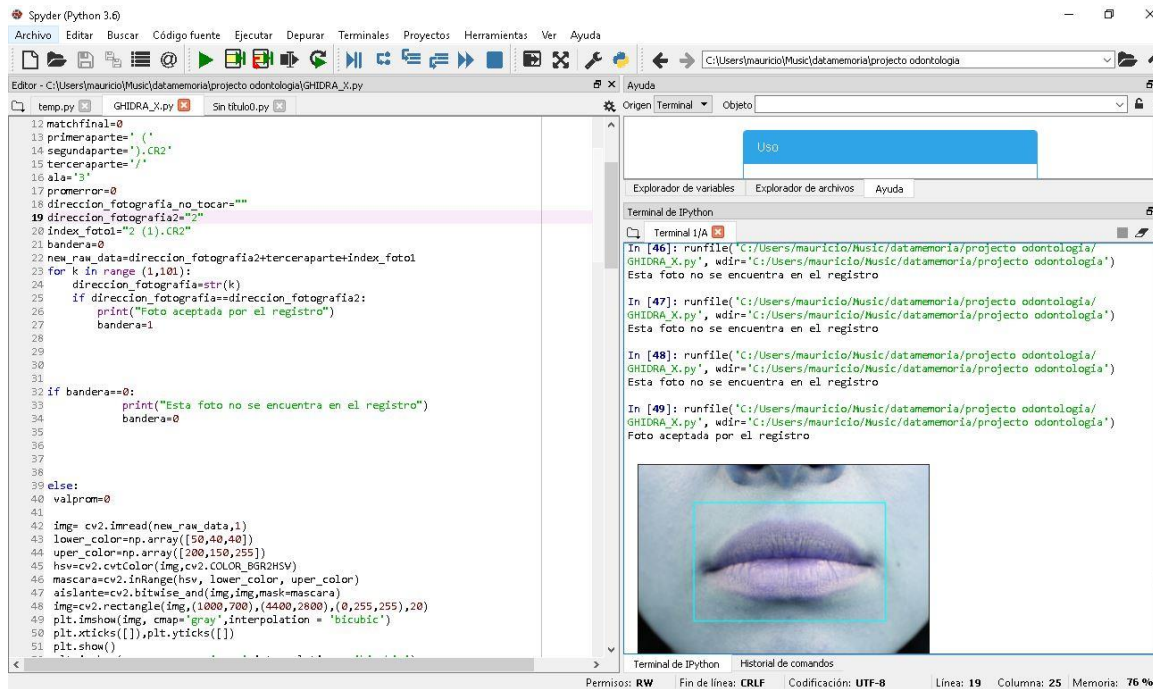


Figura 30. Sistema modo verificacion si el usuario se encuentra o no registrado.

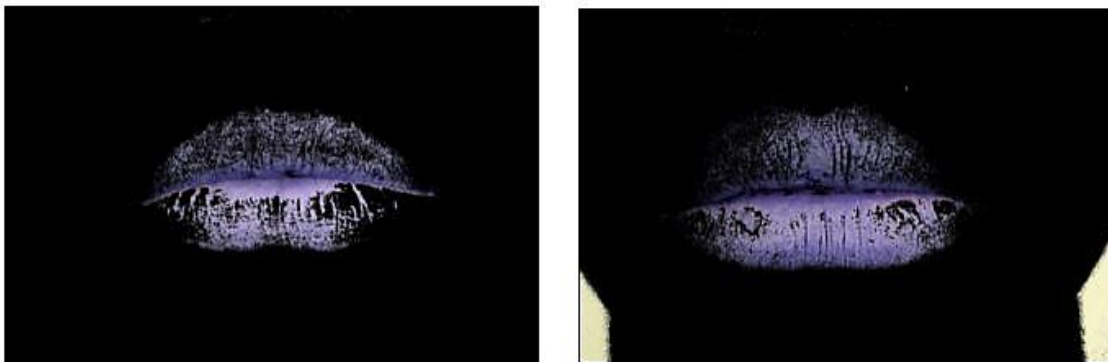


Figura 31. Participante escogido al azar para realizar la prueba vs participante a comparar.

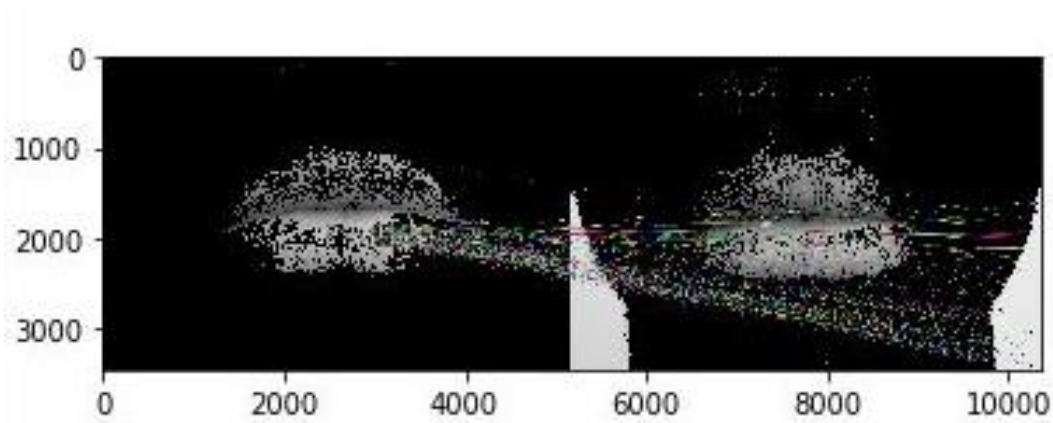


Figura 32. Comparación mediante visión artificial y redes neuronales en dos usuarios diferentes

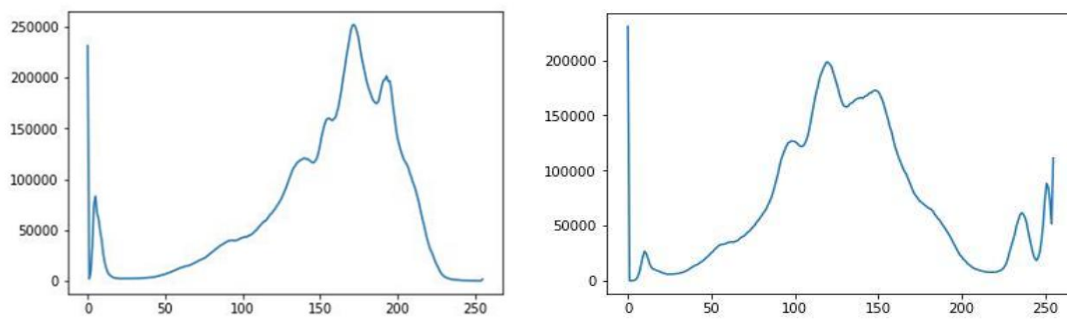


Figura 33. Relacion de histogramas de blancos y negro en dos usuarios diferentes.

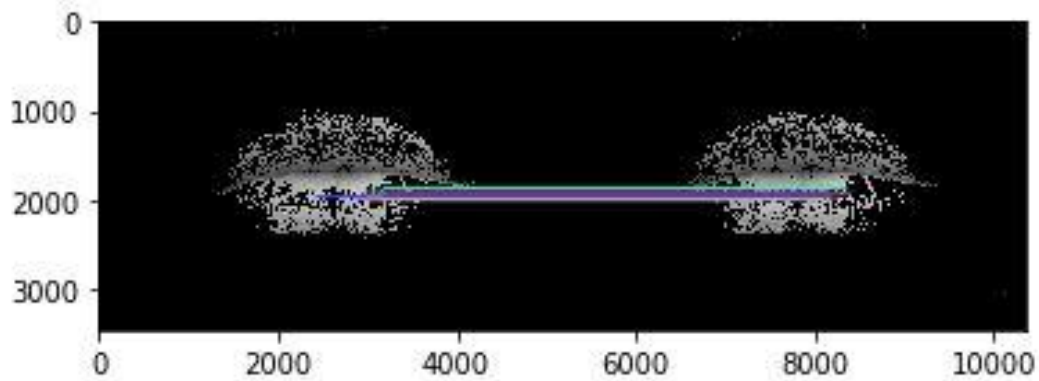


Figura 34. Comparación mediante visión artificial y redes neuronale en dos usuarios identicos.

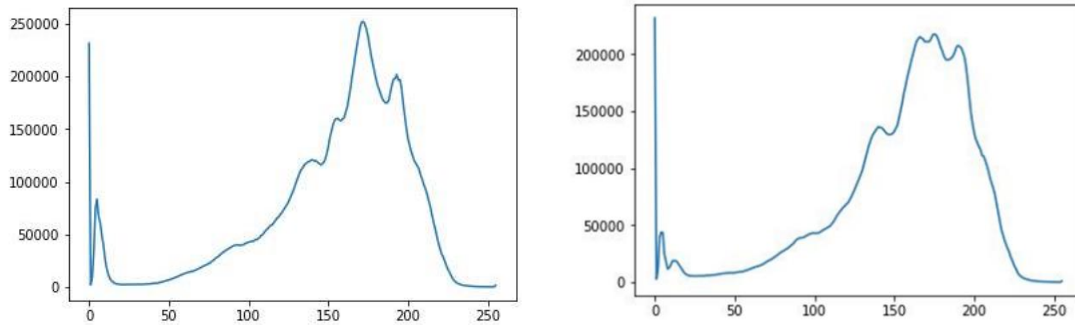


Figura 35. Relacion de histogramas de blancos y negros en dos usuarios identicos.

$$\frac{\sum_{j=1}^n \min(Ie_j, Ic_j)}{\sum_{j=1}^n Ic_j}$$

Figura 36. Ecuación para hallar correlación de los histogramas. Fuente: Propia.

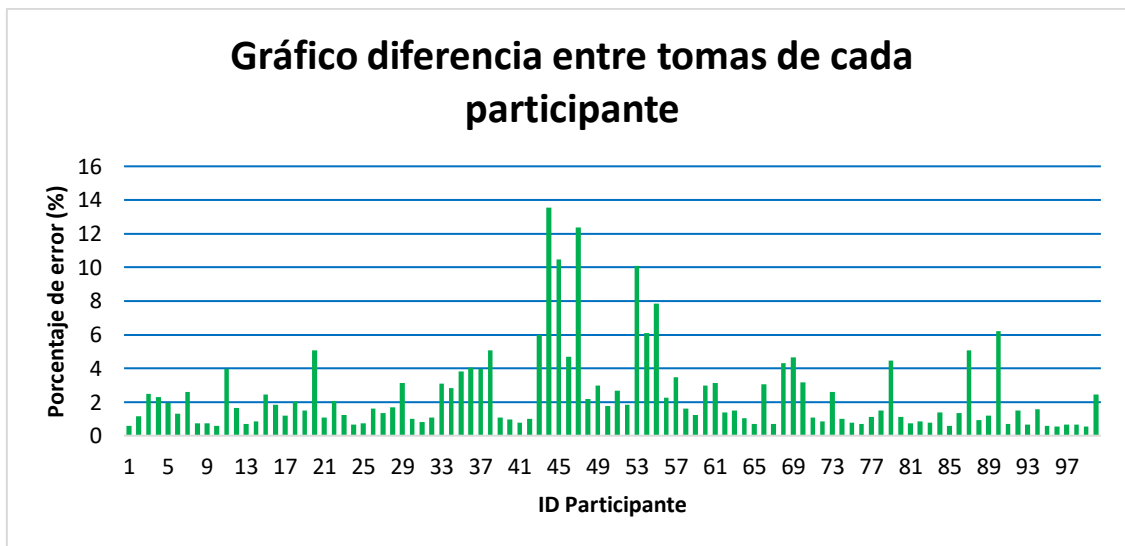


Figura 37. Gráfico diferencia entre tomas de cada participante. Fuente: Propia.

Para este proceso se demoró en promedio 454,32 segundos con una desviación estándar de 326,75 para dar el resultado final de la identificación y reconocimiento.

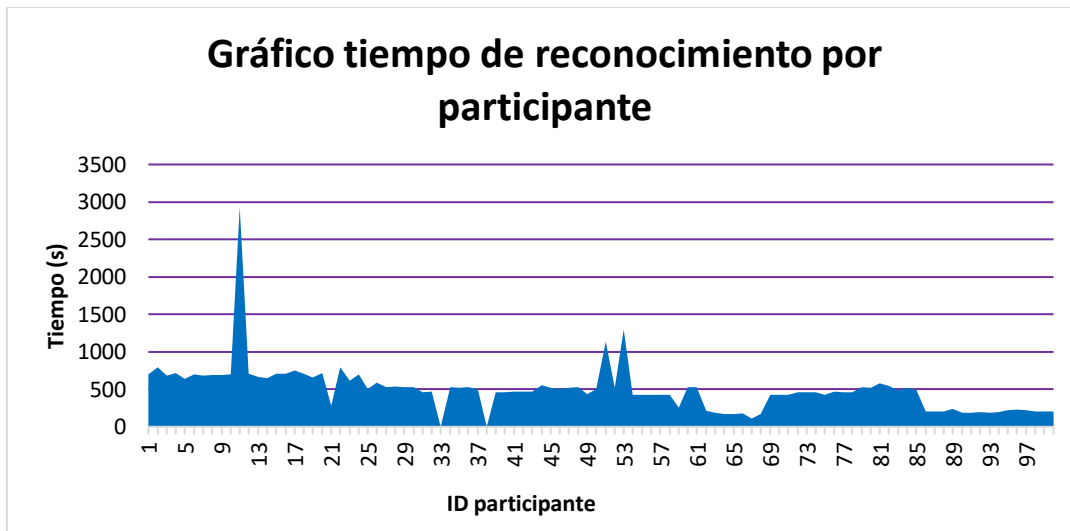


Figura 38. Gráfico tiempo de reconocimiento por participante para dar el resultado final.
Fuente: propia.

Como medida para determinar el grado de seguridad del sistema biométrico se utilizó la tasa de error de intersección, donde el punto de la FAR y la FRR toman igual valor. Para este caso en todos los participantes se obtuvo una correcta identificación y reconocimiento al momento de ser comparados, el cual se puede visualizar con el dato de que 100 veces tuvo una verdadera aceptación y un verdadero rechazo, y cero veces un falso rechazo y una falsa aceptación; por lo que no fue posible obtener la curva ROC considerando que la sensibilidad el verdadero rechazo y la verdadera aceptación fue de 100% en cada uno de los sujetos, por lo que no hay variabilidad que permita obtener este tipo de gráfico (Ver tabla 2).

Tabla 2. Variables verdadero rechazo, verdadera aceptación.

Variables	n(%)	Desempeño (%)
Falsos rechazos	0 (0,0)	100
Falsas aceptaciones	0 (0,0)	100
Verdaderos rechazos	100 (100,0)	100
Verdaderas aceptaciones	100 (100,0)	100

Fuente: propia.

7. Discusión

El prototipo de sistema de identificación y reconocimiento biométrico permitió el registro y la validación de la identidad de los estudiantes por medio del patrón que forman las huellas labiales con un nivel de sensibilidad y especificidad al verdadero rechazo y la verdadera aceptación del 100% con un tiempo promedio de 454 segundos para dar el resultado final.

La queiloscopía no es un método de identificación reciente, sin embargo, hay carencia en estudios de investigación publicados, en particular sobre el uso de programas digitales y la

incursión de nuevas tecnologías por lo que no permiten la comparación de los resultados obtenidos en este trabajo.

Las huellas labiales son rasgos biométricos que nos sirven para la identificación y reconocimiento de personas por sus características únicas e individuales, referente al estudio de Tsuchihashi y col realizado a 1364 sujetos de 3 a 60 años de edad concluyeron que las huellas labiales no presentan patrones idénticos dándole un valor de individualidad para cada persona (40), de igual manera Mantilla, analizó 60 estudiantes de la Universidad Industrial en Colombia y concluyó que cada una de las huellas labiales son incomparables y únicas respecto a los demás criterios, correspondiendo así con los resultados obtenidos en ésta investigación (41).

En cuanto a la toma, recolección y lectura de las huellas labiales, la interpretación se hace tediosa y desgastante para el evaluador, según la investigación realizada por Gonzáles, Niño y León, cuyo objetivo era determinar la reproducibilidad interevaluador que tienen los patrones de las huellas labiales, entre un odontólogo forense y estudiantes de odontología de la Universidad Santo Tomás y encontraron como resultado un coeficiente de correlación intraclase de 0.009 catalogado, según Mandeville y soportado en la escala de Landis y Koch, como leve. La presente investigación realizó la interpretación de estos datos por medio de aprendizaje automático basado en redes neuronales disminuyendo notablemente esta falencia, al ser un proceso digital que logra comparar con más exactitud estas características (10).

Referente al estudio realizado por Madrigal y col que lleva por el nombre de “Reconocimiento de huellas dactilares usando características locales” se evidencia que la implementación de un sistema con características biométricas usando técnicas de procesamiento para mejorar la calidad de las imágenes digitales como lo es la aplicación de algoritmos, permiten eliminar las señales indeseadas y hacen que este método sea muy aceptable debido a que presenta un alto porcentaje de identificación y bajas tasas de error, resultados conformes a la presente investigación (46).

Patiño y col, elaboraron una primera fase del proyecto QUEILOSOF donde lograron digitalizar la huella labial a través de Matlab y así conseguir una visualización más precisa y lectura detallada (8), igualmente en el norte de Maharashtra (Dhule) Borase en su investigación tenía como objetivo estudiar con un mejor detalle las impresiones labiales por lo que fueron analizadas utilizando el software Adobe Photoshop, invirtiéndolas y escaneándolas en escala de grises consiguiendo como resultado una mejor lectura e interpretación como lo encontrado en este trabajo después de realizada la digitalización, sin embargo sugirieron la creación de una base de datos que actúo como guía de referencia comparativa, lo que se logró en este proyecto con una base de datos total de 300 registros (34).

Para localizar y extraer los datos requeridos de una región específica de una imagen, al igual que Motato y Loaiza en su investigación se usaron las correlaciones de los histogramas de blancos y negros para encontrar una similitud entre la foto que se desea identificar. Una particular diferencia en esta investigación en la extracción de una región en específica es la implementación de rangos de búsqueda mediante la intensidad y variación de la luz en la imagen para así aislar la parte deseada y poder aumentar la velocidad con la que el programa consigue procesar la información, desechar la información que no sirve y que pueda afectar el resultado (42).

Los sistemas de visión artificial basados en redes neuronales son de gran ayuda para identificar características específicas en una imagen, como lo refiere Ghule en su estudio de búsqueda de tumores o presencia de anomalías en el cerebro en el cual analizaron características de color, textura, tamaño y forma lo que permite analizarlas de una manera precisa, resultados coincidentes a los obtenidos en este estudio (43).

Este proyecto tuvo una tasa de identificación y reconocimiento del 100% de usuarios a través de las huellas labiales, lo que conlleva a un desempeño válido y eficiente. Estos resultados son similares a los obtenidos en el estudio de Motato y Loaiza que lleva por nombre de identificación biométrica utilizando imágenes infrarrojas de la red vascular de la cara dorsal de la mano quienes obtuvieron un desempeño global del sistema del 95,72% sobre una base de datos de 100 muestras, evaluados en términos de falso rechazo y falsa aceptación (42). Así mismo, en la incursión de nuevas tecnologías el estudio de Dos Santos y colaboradores obtuvieron un desempeño del 100% en la utilización de fotografías digitales y superposición para realizar la identificación y reconocimiento por medio de las rugas palatinas (44).

Para la evaluación de los tiempos de procesamiento del sistema de acuerdo a las redes neuronales como lo refiere Cosntaín y col en su trabajo de técnicas de visión artificial: biometría de las venas de la mano, para la autenticación de personas con un tiempo de procesamiento de 38 segundos para realizar el proceso de reconocimiento completa y correctamente, diferencia que obtuvo este proyecto con un tiempo de 454 segundos en promedio debido al gran número de neuronas implementadas en la capa oculta de la red. El tiempo de ejecución es proporcional a la capacidad de cómputo que se proceda en el momento, ya que a mayor capacidad de cómputo, mayor capacidad y velocidad del procesamiento (45).

7.2 Conclusiones

En la presente investigación se evidenció la creación de un nuevo concepto para la identificación de individuos basados en las técnicas de la queiloscopía. El resultado de la aplicación de nuevas tecnologías y de métodos modernos facilitará enormemente la tarea de todos los organismos que requieran de este servicio.

El análisis digital promete ser una alternativa eficaz para mejorar los sistemas de identificación biométrica ya que pueden efectuar millones de iteraciones por segundo y si estos cuentan con un nivel de optimización alto pueden llegar a analizar grandes paquetes de información. Estos programas de última generación brindan confianza y a la vez seguridad en la protección de los datos ya que al estar comprimida en información digital esta puede ser protegida de alteraciones premeditadas y/o accidentales.

La queiloscopía es una alternativa válida y efectiva para identificar los individuos a través de los patrones que deja las huellas labiales demostrando ser una herramienta útil en el campo legal y forense al aportar datos que confirman la identificación de un individuo sospechoso o en los casos donde se requiera la identificación de un cuerpo para cotejar información.

La velocidad del programa es proporcional al nivel de redes neuronales que posea ya que éstas aumentarán la velocidad de iteraciones de los datos lo que dará resultados más veloces pero el entrenamiento de éstas tomará más tiempo en realizarse lo que ocasiona la ejecución del mismo para grandes paquetes de información en máquinas cada vez más potentes.

Las limitaciones se basaron en no contar con una interfaz gráfica que permitiera la estandarización, facilidad de recolección y almacenamiento de las imágenes digitales, como también la ausencia de equipos de cómputo de mayor velocidad y procesamiento que aumentara el tiempo del software. Por ende, el sistema descrito busca ser implementado en un dispositivo móvil el cual puede ser llevado de manera fácil y cuenta con la potencia necesaria para poder realizar la tarea exitosa de comparación de individuos, disminuyendo así notablemente los costos y aumentaría la comodidad para los usuarios.

7.3 Recomendaciones

Para replicar este estudio se hace necesario realizar una interfaz gráfica con una cámara integrada conectada directamente al programa que, al ser tomada la foto, este se almacene automáticamente en un directorio nuevo de registro, además se requiere la implementación de una pantalla (LCD) que muestre en pantalla lo que la cámara está capturando y así realizar la estandarización de la fotografía.

Para el tiempo de ejecución del programa, se ve necesario la utilización de herramientas de cómputo más potentes en cuanto a velocidad y capacidad de procesamiento.

A medida que se aumenta la base de datos, el tiempo de ejecución va creciendo por lo que sugiere un ajuste automático de entrenamiento neuronal cada cierto tiempo que éste lo requiere, para así disminuir estos tiempos del programa.

Se recomienda que la queiloscopía como método de identificación sea utilizada en las prácticas clínicas y asignaturas puesto que genera información valiosa dentro del campo de la Odontología legal y forense.

8. Referencias bibliográficas

- (1) Balmelli L. Verificación de identidad de personas mediante sistemas biométricos para el control de acceso a una Universidad. 2006:1-62.
- (2) Tellez M. Estudio de la heredabilidad en la queiloscopia. Revista de la escuela de Medicina Legal 2011 Jun,;32-44.
- (3) Dahlberg L, Krug E. Violence a global public health problem. Ciência & Saúde Coletiva 2006;11(2):277-292.
- (4) Pons V. Internet, la nueva era del delito: ciberdelito, ciberterrorismo, legislación y ciberseguridad. Latinoamericana de estudios de seguridad 2017 Jun: 81-86.
- (5) Palacio D, Cuervo C, Echeverri R, Correa L, Mendez C, Rodriguez C. Garantizar la correcta identificación del paciente y las muestras de laboratorio.:1-46.
- (6) Sanabria M, Osorio H. Ciencias forenses y antropología forense en el posconflicto colombiano. Revista criminalidad 2015:119-134.
- (7) Aguilar G, Sanchez G, Toscano K, Nakano M, Perez H. Reconocimiento de huellas dactilares usando características locales. Facultad de ingeniería Universidad de Antioquia 2008 Dic(46):101-109.
- (8) Patiño J, Patiño E, Mora I, Casas A. Queilosoft- huellas labiales. GIMUB 2005 Nov:03:1-4.
- (9) Herrera,L Fernandes, C Serra, M. Human identification by means of conventional and digital cheiloscropy: a study of the literature. Gaúcha Odontol, v 61, n 1 2013 Mar,;113-118.
- (10) Gonzales T, Niños S, Leon P. Reproducibilidad en el análisis de impresiones labiales tomadas en estudiantes de odontología de la Universidad Santo Tomás sede Floridablanca. 2017:7-23.
- (11) Verma Y, Einstein A, Gondhalekar R, Verma A, George J, Chandra S, et al. A study of lip prints and its reliability as a forensic tool. National Journal of Maxillofacial Surgery. 2015 Jun,; 6(1):25-29.
- (12) Gonzales F. Instrumentos de evaluación psicológica. Lic. Yudexy Susana Pacheco Perez ed. Ciudad de la Habana, Cuba: Ciencias Médicas; 2007.
- (13) Rodriguez M, Camargo D, Orozco L. Aspectos metodológicos en los estudios de evaluación de pruebas diagnósticas. UstaSalud 2012 Dic:10,;1-9.
- (14) Argibay J. Técnicas psicométricas. Cuestiones de validez y confiabilidad. Revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal 2006:15-33.

- (15) Marin L, Moreno F. Odontología forense: identificación odontológica de cadáveres quemados. Reporte de dos casos. Revista Estomatología 2004:57-70.
- (16) Kumar A, Harish D, Amandeep S, Kulbhushan, Kumar S. Unknown Dead Bodies: Problems and Solutions. J Indian Acad Forensic Med. 2014 Mar;36(1):76-80.
- (17) Castillo F. La identificación biométrica y su importancia en el sistema penal oral acusatorio. 2014:2-20.
- (18) Alvez C, Benedetto M, Etchart G, Luna L, Leal C, Fernandez M. Identificación de personas mediante sistemas biométricos. Estudio de factibilidad y su implementación en organismos estatales. 2014:48-71.
- (19) Gil T, Jimenez Y, Lizarazo P, Lopez A. Nivel de acuerdo de la carta odontolegal diligenciada por una odontóloga forense con la carta elaborada por estudiantes de odontología de la universidad Santo Tomás. 2016:6-41.
- (20) Moreno S, Pineda C. El ADN en la identificación humana. Medicina y laboratorio Bogotá-Colombia; 2014. p. 409-410.
- (21) Ramos G. La rugoscopia palatina forense como método de identificación humana a través del análisis comparativo. Revista Científica Escuela Universitaria Ciencias de la Salud 2015 Jul 15:37-42.
- (22) Cocco L. Las huellas labiales en la práctica de la identificación humana por métodos odontológicos. 2015:9-105.
- (23) Negre M. Nuevas aportaciones al procesado de huellas labiales: los lisocromos en queiloscopia. 2004 Jun:1-157.
- (24) Yela D. Estudio de las características de las huellas labiales para la identificación de personas en los estudiantes de quinto y sexto semestre de la carrera de odontología Uniandes. 2014 Oct:1-118.
- (25) Paillacho K. Odontología forense: impresión labial y fotografía digital para la determinación de sexo y raza en estudiantes de tercero de bachillerato general unificado a, c y d del colegio menor universidad. 2016 Oct:1-96.
- (26) Cortes J, Medina F, Muriel J. Sistemas de seguridad basados en biometría. Scientia et Technica 2010 Dic:1-5.
- (27) Giraldo A, Gomez D. Estado del arte de la seguridad en sistemas biométricos. 2017 Dic:13:1-94.
- (28) Tolosa C, Giz A. Sistemas Biométricos. 2010:1-39.

- (29) Merino B. Propuesta y evaluación de un sistema de iris basado en filtros de Sobel. 2016 Jun:1-51.
- (30) Razzak M, Naz S, Zaib A. Deep Learning for Medical Image Processing: Overview, Challenges and Future. Classification in BioApps; 2018. p. 1-30.
- (31) Geron A. Hands - On Machine Learning with Scikit-Learn and Tensor Flow. Primera ed. Estados Unidos de América: O'reilly Media; 2017.
- (32) Martin del Brio B, Serrano C. Fundamentos de las redes neuronales artificiales: hardware y software. Scire 1995;1(1):103-125.
- (33) Avila M. Evaluación Biométrica de Algoritmos de autenticación de firma manuscrita. 2010:1-95.
- (34) Borase A, Shaikh S, Mohatta A. A study of Lip Prints among North Maharashtra Population. Revista de investigación oral avanzada 2016 Sep;7(3):20-25.
- (35) Muñoz G, Lopez A. La evaluación de tecnologías (ET) Origen y Desarrollo. Revista general de información y documentación 1997;7(1):11-30.
- (36) Orozco L, Carmargo D. Evaluación de tecnologías diagnósticas y tipos de muestreo. 1997;17(4):321-324.
- (37) Lopez P. Población Muestra y Muestreo. Punto Cero 2004;9(8):69-74.
- (38) Rossum G. El tutorial de Python. Argentina: Fred L. Drake, Jr; 2017.
- (39) Arevalo V, Gonzalez J, Ambrosio G. La librería de visión artificial Opencv Aplicación a la docencia e Investigación. Universidad de Málaga 2002:1-6.
- (40) Negre M. Avances cosméticos y Criminalística. La queiloscopia de huellas generadas por lápices de labios permanentes. 2004 Jun:1-157.
- (41) Mantilla J, Otero Y, Martinez J. Identificación de sexo mediante queiloscopia en Santander, Colombia: una herramienta para la medicina forense. Estudio inicial. Revista española de medicina legal 2015 Jul;8;41(3):111-116.
- (42) Motato O, Loaiza H. Identificación biométrica utilizando imágenes infrarrojas de la red vascular de la cara dorsal de la mano. Revista Ingeniería e Investigación 2009 Mar;2;29(1):90-100.
- (43) Debasu A, Melesew D. Computer Vision for Skin Cancer Diagnosis and Recognition using RBF and SOM. International Journal of Image Processing 2015;9(6):311-319.

(44) Santos K, Fernandes C, Costa M. Evaluation of a digital methodology for human identification using palatal rugoscopy. Braz J Oral Sci 2011 Sep;11;10(3):199-203.

(45) Constain I, Rodriguez N, Tejada L. Técnicas de Visión Artificial: Biometría de las venas de la mano para Autenticación de personas. 2010 Oct:1-146.

(46) Madrigal C, Ramírez J, Hoyos J, Fernández D. Diseño de un sistema biométrico de identificación usando sensores capacitivos para huellas dactilares. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. 2007 Mar: (39): 21-32.

Apéndices

Apéndice A. Cuadro de Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Naturaleza	Escala de medición	Valores que asume
Sexo	Condición orgánica que distingue el macho de la hembra.	Clasificación de sexo de acuerdo con los rasgos físicos que permite clasificar al estudiante involucrado en este proyecto.	Cualitativa	Nominal	(0) Mujer (1) Hombre
Edad	Tiempo que ha vivido una persona contando desde su nacimiento.	Años cumplidos por el individuo participante del estudio, corroborado con su cédula.	Cuantitativa	Razón	Edad en años expresada por el participante mayor de 18 años.
Semestre académico	Nivel académico cursado por estudiantes en una institución de educación superior.	Grado educativo cursado por estudiantes de la USTA, sede Floridablanca	Cualitativa	Ordinal	(1) Primero (2) Segundo (3) Tercero (4) Cuarto (5) Quinto (6) Sexto (7) Séptimo (8) Octavo (9) Noveno (10) Décimo
Grosor labial	Espesor de los labios de una persona.	Espesor de los labios de cada uno de los individuos participantes.	Cualitativo	Ordinal	(0) Delgado (Menos de 8 mm) (1) Medio (de 8 a 10 mm) (2) Grueso (Mas de 10 mm)
Tipo de comisuras	Disposición de los extremos de los labios de una persona.	Disposición de los extremos de los labios de los individuos participantes.	Cualitativo	Nominal	(0) Horizontales (1) Elevadas (2) Abatidas
Falso rechazo	Cuando un sistema no valida la identidad de una persona que si ha	Número de veces en que el sistema de autenticación	Cuantitativo	Razón	Cantidad de rechazos del sistema a un

	suministrado previamente una muestra.	rechaza a un usuario legítimo.			usuario verdadero.
Falsa aceptación	Cuando un sistema de biometría valida la identificación de una persona que no ha suministrado una muestra previamente.	Número de veces en que el sistema identifique correctamente a un usuario ilegítimo.	Cuantitativa	Razón	Cantidad de aceptaciones del sistema a un usuario falso.
Verdadera aceptación	Es cuando un sistema acierta de manera positiva validando una verdadera identidad.	Número de veces que el sistema biométrico acepta de manera acertada a un usuario legítimo.	Cuantitativa	Razón	Cantidad de veces que el sistema biométrico acepta de manera acertada a un usuario verdadero.
Verdadero rechazo	Es cuando un sistema rechaza de manera positiva validando a una suplantación de identidad.	Número de veces que el sistema biométrico rechaza de manera acertada a un usuario ilegítimo.	Cuantitativa	Razón	Cantidad de veces que el sistema biométrico rechaza de manera acertada a un usuario falso.
Tasa de interfaz	Son los mecanismos intermedios que permiten la interacción de algún usuario con el sistema operativo de algún aparato.	Número de intentos efectuados por cada usuario en la prueba	Cuantitativa	Razón	Cantidad de intentos efectuados por el usuario.
Porcentaje de error de medida	Se define como la diferencia entre un valor medido de una magnitud y un valor de referencia (valor convencional o valor verdadero).	Diferencia entre el histograma en base a los blancos y negros y el histograma a comparar en cada participante.	Cuantitativo	Razón	Porcentaje de diferencia entre los histogramas del total de intentos en cada participante.
Tiempo efectuado	Período específico durante el cual se realiza una acción o el desarrollo de un suceso.	Tiempo en segundos obtenido por el sistema para realizar la validación y reconocimiento para dar el resultado final.	Cuantitativo	Razón	Tiempo que tarda el sistema biométrico en validar y reconocer al usuario.

Apéndice B. Instrumento.

Registro: ☐ ☐ ☐

A1. Apartado 1 Recolección general de la información y foto/impresión labial:

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN PARA EL ANÁLISIS DE HUELLAS
LABIALES**



Participante: _____

Fecha: _____

Sexo: Femenino ☐ Masculino ☐ ☐

Edad: ☐ ☐ ☐

Semestre académico: ☐ ☐

Foto/impresión labial:

Registro: ☐ ☐ ☐

A.2. Apartado 2 Tipo de comisura y grosor labial.

Participante: _____

Tipo de comisuras: Horizontales ⁰ ☐ Elevadas ¹ ☐ Abatidas ² ☐ ☐

Grosor labial: Superior: Delgados ⁰ ☐ Medios¹ ☐ Gruesos² ☐ ☐

Inferior: Delgados ⁰ ☐ Medios¹ ☐ Gruesos² ☐ ☐

Registro: ☐ ☐ ☐

A.3. Apartado 3 Evaluación de variables del sistema biométrico.

Participante: _____

Número de veces que el usuario auténtico es rechazado:

Número de veces que el usuario falso es aceptado:

Número de veces que el sistema biométrico acepta de manera acertada a un usuario legítimo:

Número de veces que el sistema biométrico rechaza de manera acertada a un usuario ilegítimo:

Número de intentos efectuados por cada usuario en la prueba:

Porcentaje global de diferencia entre los histogramas de los participantes en el total de los intentos:

Tiempo global efectuado por el sistema en el total de los intentos:

Apéndice C -Plan de análisis Univariado

<i>Plan de análisis univariado</i>		
<i>Variables a tratar</i>	<i>Naturaleza</i>	<i>Reporte/operaciones</i>
-Género	Cualitativa	(f) Frecuencia absoluta
-Semestre académico		(%) Porcentaje
-Grosor labial		
-Tipo de comisuras		
-Edad	Cuantitativa	Medidas de tendencia central
-Número de rasgos queiloscópicos		(Moda, media, mediana)
-Falso rechazo		Medidas de dispersión (DE O
-Falsa aceptación		RIQ)
-Verdadero rechazo		
-Verdadera aceptación		
-Tasa de interfaz		
-Porcentaje de error de medida		
-Tiempo efectuado		

Apéndice D- Plan de análisis Bivariado.

<i>Plan de análisis Bivariado</i>	
<i>Variables a tratar</i>	<i>Reporte/operaciones</i>
FRR vs FAR	Cruce de FRR vs FAR “resultados.m”
Curva ROC	Curva ROC “representarGraficaROC.m”

Apéndice E. Consentimiento Informado Individual

	PROTOTIPO DE SISTEMA BIOMÉTRICO DE LAS HUELLAS LABIALES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	Página: 1 de 4
	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN – FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	Versión: 01
	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS -SECCIONAL BUCARAMANGA	Fecha:

 Código del Participante:

CONSENTIMIENTO INFORMADO INDIVIDUAL

• Introducción

Los investigadores, Mislen Beatriz Anaya Martínez y Dwiny Sarey Maldonado Arias, nos encontramos desarrollando un proyecto de investigación orientado a validar un prototipo sistema biométrico soportado en las huellas labiales para la identificación de estudiantes de la Universidad Santo Tomás. Esta investigación se enmarca en los principios éticos establecidos en la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993, del Ministerio de Salud de Colombia, “por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud”.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, nos permitimos informarle los objetivos y justificación de esta investigación, de manera que usted pueda tomar una decisión libre y autónoma de participar o no de la misma. Estamos dispuestos a resolver cualquier duda o pregunta que usted tenga con el fin de garantizar su total comprensión.

Teniendo en cuenta que usted cumple con los siguientes criterios para poder participar en este estudio como son:

- Estudiantes de la Universidad Santo Tomás de la sede de Floridablanca.
- Alumnos con asistencia regular a la universidad.
- Estudiantes mayores de edad
- Haber aceptado la participación en el estudio.

2. Objetivos del estudio

Validar un prototipo de sistema biométrico soportado en las huellas labiales para la identificación y reconocimiento de estudiantes de la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga que cursan su carrera en el primer semestre del 2019.

3. Justificación

La queiloscopía es una técnica alternativa y eficaz en el momento en que no existan evidencias suficientes para realizar identificación en un individuo; esta investigación busca validar un prototipo de sistema biométrico con base en huellas labiales de cada individuo que permita la interpretación de los caracteres con mayor exactitud, menor tiempo, disminución de costos, viabilidad y permanencia en el almacenamiento de las muestras.

	PROTOTIPO DE SISTEMA BIOMÉTRICO DE LAS HUELLAS LABIALES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		Página: 2 de 4
	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN – FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS -SECCIONAL BUCARAMANGA		Versión: 01
			Fecha:

Incursionar en la implementación de nuevas tecnologías para la identificación personal soportado en las huellas labiales, es valioso para las instituciones de medicina legal y ciencias forenses consolidándose como una herramienta esencial en las investigaciones criminales.

Generar innovación, patentes y prestigio son aspectos relevantes para la Universidad Santo Tomás ya que trae consigo grandes aportes para el grupo de investigación Salud Integral Bucal (SIB), en su línea de evaluación de tecnologías diagnósticas, así como al grupo de investigación en aplicaciones mecatrónicas (GRAM), en su línea en Diseño Mecatrónico.

4. Procedimientos de estudio

Se llevará a cabo en el aula de imágenes diagnósticas en un grupo de 5 estudiantes por aula, donde se explicarán los pasos a realizar y se obtendrá el consentimiento informado.

Obtención de la fotografía de la huella labial

Los pasos que se deben seguir para la obtención de la fotografía de la huella labial son: Se ubicará en posición de sentado, mirando al frente y cabeza en alto con los labios relajados, sin ningún tipo de colorante artificial o pintalabios, la toma se ejecutará a una distancia del tercio inferior de la cara donde se permita visualizar completamente las comisuras de los labios dejando la misma medida del labio a los bordes de la fotografía y se obtendrán 5 tomas de las huellas labiales a cada estudiante.

Obtención de la impresión de la huella labial

Los pasos que se deben seguir para la obtención de la huella labiales consisten en: Se hará entrega de un labial en barra a cada individuo, para evitar infecciones o contaminación cruzada a los demás participantes, este labial deberá ser de textura rígida para que se visualicen mejor los patrones labiales. Se aplicará el labial sobre la mucosa queratinizada de los labios, seguido se dejará actuar durante 2 minutos aproximadamente y se llevará la hoja de papel con las manos hacia los labios en posición de reposo de manera que se tome la impresión en sentido horizontal desde una comisura hasta la otra, primero en el centro y luego presionando las esquinas de los labios.

5. Confidencialidad

Es importante que usted conozca que se tomarán todas las medidas necesarias para proteger su privacidad como participante del estudio. Es posible que los resultados obtenidos sean presentados en revistas y conferencias, sin embargo, su nombre no será conocido.

	PROTOTIPO DE SISTEMA BIOMÉTRICO DE LAS HUELLAS LABIALES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	Página: 3 de 4
	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN – FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS -SECCIONAL BUCARAMANGA	Versión: 01
		Fecha:

6. Riesgos y beneficios

Este estudio se considera una investigación sin riesgo según la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, porque no se realizará ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participarán en el estudio.

7. Costos y compensación

Usted no recibirá pago ya que los costos generados por esta investigación serán asumidos en su totalidad por los responsables de ésta y no le generarán ningún costo por su participación.

8. Derecho a rehusar o abandonar el estudio

La participación en este estudio es voluntaria y también luego de iniciar y aceptar participar, puede negarse a contestar alguna pregunta o a continuar en el programa en cualquier momento que lo decida. Puede retirarse en cualquier etapa de la investigación, ninguna persona se enfadará o molestará con usted.

9. Preguntas

Puede realizar cualquier tipo de pregunta ahora o en cualquier momento del estudio.

10. Declaración del participante

Al firmar este documento, usted está aceptando que ha entendido la información que se le ha dado y desea participar en este estudio y por tanto está de acuerdo con:

- Tener diligenciado adecuadamente el consentimiento informado
- Traslado al Aula de Imágenes Diagnósticas
- Recibir un apartado del instrumento en el cual se tomará la impresión de su huella labial.
- Llenar sus datos en el documento entregado.
- Aplicar lápiz labial en sus labios para poder plasmar su huella labial.
- Plasmar su huella labial en la hoja de papel (apartado del instrumento) de la manera más acertada
- Permitir la toma de una fotografía del tercio inferior de la cara, para visualizar su huella labial.

Aceptación para participar. La firma es el respaldo de su autorización para participar en el presente estudio. El responsable de obtener el consentimiento informado debe firmar y consignar sus datos de identificación personal, lugar y fecha de obtención del consentimiento.

¿Autoriza usted su participación voluntaria en este proyecto? Sí ☐ No ☐
Si usted ha aceptado participar, por favor escriba su nombre y firma en el espacio siguiente:

	PROTOTIPO DE SISTEMA BIOMÉTRICO DE LAS HUELLAS LABIALES PARA LA IDENTIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		Página: 4 de 4
	TRABAJO DE INVESTIGACIÓN – FACULTAD DE ODONTOLOGÍA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS -SECCIONAL BUCARAMANGA		Versión: 01
			Fecha:

Nombre y apellidos completos del participante:

Documento de identidad:

Firma: _____

Fecha __ / __ / ____

11. Declaración del investigador

Certifico que yo como investigador he explicado a la persona sobre esta investigación y que la persona entendió la naturaleza y el propósito del estudio, así como los posibles riesgos y beneficios asociados con su participación en el mismo. Todas las preguntas que esta persona ha hecho le han sido contestadas.

Nombre del investigador:

Cedula de ciudadanía:

Firma del investigador:

Fecha __ / __ / ____