



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
COMPUTACIÓN**

**“SISTEMA BIOMÉTRICO PARA LA
CLASIFICACIÓN DE GRUPOS ÉTNICOS”**

T E S I S

Que para obtener el título de:

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

Presenta:

JORGE ARTURO XICALI FLORES

Asesor de tesis:

DR. IVO HUMBERTO PINEDA TORRES

Puebla, Pue.

Octubre 2019

Contenido

Agradecimientos	iii
Introducción	iv
Objetivos	5
Resumen.....	6
Capítulo 1: Reconocimiento facial.....	7
Detector de rostro usando Haar cascades	7
El detector de puntos de referencia faciales (facial landmarks).....	11
Capítulo 2: Estudio del rostro.....	14
Visagismo	14
Capítulo 3: Metodología.....	17
Definición de requisitos	18
Necesidades del usuario.....	18
Requerimientos funcionales	18
Requerimientos no funcionales	19
Casos de uso.....	19
Fase de diseño.....	27
Diseño del sistema	27
Diseño del software	29
Diseño de la base de datos.....	29
Capítulo 4: Implementación.....	32
Herramientas de desarrollo	32
Opencv	33
Python	33
Dlib	33
MySQL Connector.....	34
PyInstaller	34
XAMPP.....	35
PHP	35
MySQL	35
HTML	36

Un navegador web	36
Sublime Text.....	36
Adobe Dreamweaver	37
CSS.....	37
Android Studio	37
Volley.....	38
Java.....	39
XML.....	39
Programa reconocedor de medidas antropométricas.....	39
Programa almacenador de imágenes faciales	41
Programa clasificador de medidas antropométricas	48
Aplicación web	50
Interfaz para el Cliente	51
Interfaz para el Administrador	59
Aplicación móvil	63
Vista para el Cliente.....	65
Vista para el Administrador.....	79
Pruebas del sistema	86
Conclusiones	100
Bibliografía	102

Agradecimientos

Antes que nada, me gustaría agradecerles a mis padres, ellos hicieron todo lo posible para brindarme todo lo que yo necesite durante mi vida, tanto escolar como emocional, día a día hicieron su rol de padres para que a mí no me faltara nada, y gracias a sus consejos y dedicación, es como he podido llegar a este punto, y espero, que algún día se los pueda retribuir, y si yo fuera a ser padre algún día, también pueda brindarle a mis hijos esa misma dedicación que mis padres la tuvieron conmigo, ellos junto con mi hermana son el motor de mi vida, la razón que me inspira a afrontar sin temor los nuevos retos que me depara el futuro.

Agradezco al Dr. Ivo Pineda Torres, en brindarme la oportunidad de participar en este proyecto, me inspiro para obtener el título de ingeniería por esta vía, y además gracias a él, he obtenido conocimientos nuevos, los cuales me llevo conmigo para la posteridad.

También quiero agradecer a la Mtra. Meliza Contreras González, la cual en su momento, me abrió las puertas hacia nuevas posibilidades, gracias a ella, pude ver oportunidades que no había visto antes, ella es la conexión directa que necesitaba para poder llegar más lejos de lo que hubiera llegado sin ella.

MUCHAS GRACIAS A TODOS.

Introducción

El reconocimiento facial es una de las herramientas más usadas y más importantes en nuestro tiempo, por ejemplo, actualmente la podemos notar en nuestros celulares, como mecanismo de seguridad para su desbloqueo, también es aplicado en otros ámbitos, como para el reconocimiento de diferentes perfiles que ayudan a identificar criminales, así como también puede ser aplicado para otros diversos perfiles.

En este proyecto se hace uso principalmente del reconocimiento facial, combinado con otras herramientas las cuales hacen uso de distintos patrones, que en este caso servirá como base para la clasificación de grupos étnicos indígenas en México.

El proyecto viene con aplicaciones hechas para diferentes usuarios y en distintas plataformas, las cuales cuentan con interfaces intuitivas y fáciles de entender, para mayor comodidad de sus respectivos usuarios.

Este documento viene dividido en 4 capítulos y una sección de conclusiones que a continuación se mencionan.

- En el capítulo 1, se mencionan los conceptos básicos de lo que es el reconocimiento facial, así como el uso de las herramientas que fueron usadas para el desarrollo de este proyecto.
- En el capítulo 2, se habla de lo que es el visagismo, además de mencionar sus conceptos básicos, en este capítulo se profundiza el cómo este tema es útil para la creación del clasificador.
- En el capítulo 3, se habla de la metodología de trabajo, explicando desde la forma en la que se trabaja, así como los diferentes diseños que se emplean en el proyecto, es decir, en este capítulo se explican desde los requisitos para el cliente, así como el diseño del sistema, el software y el diseño de la base de datos.
- En el capítulo 4, menciona todas las herramientas y programas usados para el desarrollo de este proyecto, así como un desglose del uso de las interfaces hechas para cada diferente tipo de usuario, así como de sus respectivas plataformas, finalmente se habla de manera breve de algunas pruebas aplicadas en el sistema.
- Finalmente, en la sección de conclusiones, se enlistan los diferentes objetivos cumplidos que se plantean en el documento, así como de una breve explicación de que se ha logrado con la creación de este proyecto, así como algunas aplicaciones en las cuales el reconocimiento faciales útil.

Objetivos

Diseñar un programa que sea capaz de obtener medidas antropométricas faciales usando ciertos puntos de referencia, al recibir como entrada una fotografía facial.

Diseñar la base de datos y un algoritmo clasificador para dichas medidas antropométricas obtenidas.

Diseñar las interfaces de captura de fotografías faciales en 2 diferentes plataformas (Laptop y Smartphone).

Diseñar los programas correspondientes para cada tipo de usuario (cliente y administrador).

Resumen

Existen instituciones como la INEGI que se hacen cargo de recolectar información acerca de los diferentes grupos étnicos en México, pero hasta ahora, no existe información que hable de las características antropométricas faciales de dichos grupos, por lo cual se diseña un programa que sea capaz de analizar medidas antropométricas faciales de distintas personas para complementar dicha información.

Para lograr esto, es necesaria la obtención de imágenes faciales a través de diferentes dispositivos de captura de imagen como una cámara web o un celular.

Después, se extraen sus respectivos rasgos antropométricos, para lo cual se usan herramientas libres programadas en Python, que nos brindan certeza de cada medición antropométrica.

Finalmente, los datos obtenidos de cada persona son almacenados en una base de datos que se utilizan para entrenar los métodos de clasificación y arrojen resultados confiables.

Capítulo 1: Reconocimiento facial

En este capítulo se habla acerca de lo que es y cómo funciona el reconocimiento facial, así como los algoritmos usados para la detección del rostro en imágenes y la detección de puntos clave en la estructura del rostro.

El reconocimiento facial es una aplicación dirigida por ordenador que identifica automáticamente a una persona en una imagen digital. Esto es posible mediante un análisis de las características faciales del sujeto extraídas de la imagen o de un fotograma clave de una fuente de video, y comparándolas con una base de datos [1].

La tarea del reconocimiento facial es discriminar las señales de entrada (datos de imagen) en varias clases (personas). Las señales de entrada son muy ruidosas (por ejemplo, el ruido es causado por diferentes condiciones de iluminación, pose, etc.), sin embargo, las imágenes de entrada no son completamente aleatorias y, a pesar de sus diferencias, hay patrones que ocurren en cualquier señal de entrada. Tales patrones, que se pueden observar en todas las señales, podrían ser, en el dominio del reconocimiento facial, la presencia de algunos objetos (ojos, nariz, boca) en cualquier cara, así como las distancias relativas entre estos objetos. Estas características se denominan caras propias en el dominio de reconocimiento facial (o componentes principales en general) [2].

Este proyecto hace uso de 2 métodos, los cuales en conjunto sirven para obtener los datos de valor del rostro en una imagen:

- El detector de rostro usando **Haar-Cascades**, el cual es el método para obtener el rostro en una imagen.
- El detector **facial landmark**, es el método de encontrar puntos de interés en una imagen de un rostro humano.

A continuación se habla del funcionamiento de estos 2 algoritmos.

Detector de rostro usando Haar cascades

La detección de objetos mediante clasificadores en cascada basados en funciones de Haar es un método eficaz de detección de objetos propuesto por Paul Viola y Michael Jones en su documento "*Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features*" en 2001.

Se trata de un enfoque basado en el aprendizaje automático en el que la función en cascada se entrena a partir de muchas imágenes positivas y negativas. Luego se utiliza para detectar objetos en otras imágenes [3].

Es bien conocido por ser capaz de detectar caras y partes del cuerpo en una imagen, pero puede ser entrenado para identificar casi cualquier objeto.

Se Toma como ejemplo la detección de rostros. Inicialmente, el algoritmo necesita muchas imágenes positivas de caras e imágenes negativas sin caras para entrenar al clasificador. Entonces se necesita extraer características de él.

El algoritmo tiene 4 etapas:

1. Selección de características Haar.
2. Creación de imágenes integrales.
3. Entrenamiento Adaboost.
4. Clasificadores en cascada.

El primer paso es recoger las características de Haar. Una característica de Haar considera regiones rectangulares adyacentes en una ubicación específica en una ventana de detección, resume las intensidades de píxeles en cada región y calcula la diferencia entre estas sumas, a continuación se muestran algunos clasificadores de Haar básicos.

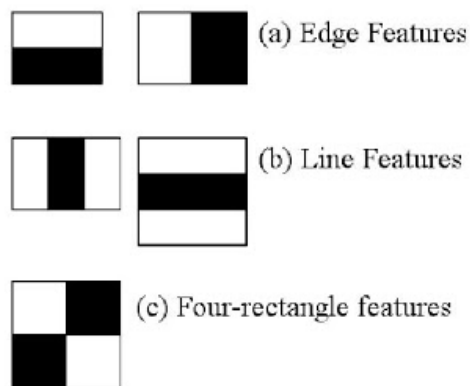


Figura 1: Clasificadores de Haar

Ahora se utilizan todos los tamaños y ubicaciones posibles de cada núcleo para calcular un montón de características. (¿Sólo imagínese cuánto cálculo necesita? Incluso una ventana de 24×24 resulta con más de 160000 características). Para cada cálculo de características, se necesita encontrar la suma de píxeles bajo rectángulos blancos y negros. Para resolver esto, se introdujeron las imágenes integrales. Simplifica el cálculo de la suma de píxeles, qué tan grande puede ser el número de píxeles, a una operación que involucra sólo cuatro píxeles. Hace que las cosas sean mucho más rápidas.

Pero entre todas estas características que se calcularon, la mayoría de ellas son irrelevantes. Por ejemplo, considere la imagen de abajo. La fila superior muestra dos buenas características. La primera característica seleccionada parece centrarse en la propiedad de que la región de los ojos suele ser más oscura que la región de la nariz y las mejillas. La segunda característica seleccionada se basa en la propiedad de que los ojos son más oscuros que el puente de la nariz. Pero las mismas ventanas que se aplican en las mejillas o en cualquier otro lugar son irrelevantes. Entonces, ¿cómo seleccionamos las mejores características de las más de 16000000+ características? Lo consigue Adaboost.

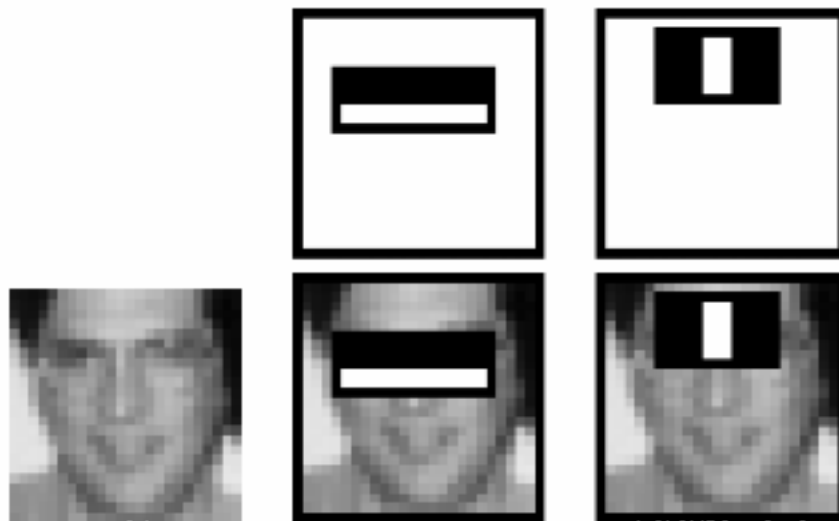


Figura 2: Características Haar aplicadas en una imagen con cara.

Adaboost selecciona las mejores características y entrena a los clasificadores que las usan. Este algoritmo construye un clasificador "fuerte" como una combinación lineal de clasificadores simples "débiles" ponderados. El proceso es el siguiente.

Durante la fase de detección, una ventana del tamaño de destino se mueve sobre la imagen de entrada, y para cada subsección de la imagen y las características de Haar se calculan.

Esta diferencia se compara con un umbral aprendido que separa los no objetos de los objetos. Debido a que cada característica de Haar es solo un "clasificador débil" (su calidad de detección es ligeramente mejor que las suposiciones aleatorias), se necesita un gran número de características de Haar para describir un objeto con suficiente precisión y, por lo tanto, se organizan en clasificadores en cascada para formar un clasificador fuerte [4].

El clasificador final es una suma ponderada de estos clasificadores débiles. Se llama débil porque solo no puede clasificar la imagen, pero junto con otras formas un fuerte clasificador. El papel dice que incluso 200 características proporcionan una detección con un 95% de precisión. Su configuración final tenía alrededor de 6000 características. (Imagine una reducción de 16000000+ características a 6000 características. Eso es una gran ganancia).

Así que ahora se toma una imagen. Tomar cada ventana 24×24. Aplicarle 6000 características... ¿No es un poco ineficiente y lleva mucho tiempo? Sí, lo es. Los autores tienen una buena solución para eso.

En una imagen, la mayor parte de la región de la imagen es una región no facial. Por lo tanto, es mejor tener un método simple para comprobar si una ventana no es una región facial. Si no lo es, se desecha en un solo disparo. No procesar de nuevo. En su lugar, concentrarse en la región donde puede haber un rostro. De esta manera, se puede encontrar más tiempo para comprobar una posible región facial.

Para ello introdujeron el concepto de Clasificadores en cascada. En lugar de aplicar todas las 6000 características en una ventana, se agrupan las características en diferentes etapas de clasificadores y se aplican una por una. Si una ventana falla la primera etapa, se desecha. No se tienen en cuenta las características restantes. Si pasa, se aplica la segunda etapa de las características y se continúa el proceso. La ventana que pasa por todas las etapas es una zona de la cara.

El detector de autores tenía más de 6000 características con 38 etapas con 1, 10, 25, 25, 25 y 50 características en las primeras cinco etapas. (Dos características de la imagen anterior se obtienen como las dos mejores características de Adaboost). Según los autores, en promedio, se evalúan 10 de las 6000+ características por subventana.

Así que esta es una explicación intuitiva de cómo funciona la detección de cara Viola-Jones [5].

El detector de puntos de referencia faciales (facial landmarks)

Anteriormente, se explica el funcionamiento básico para la obtención del rostro en una imagen mediante clasificadores Haar Cascades, para este proyecto hace falta un paso más, ahora que se han obtenido las características faciales más importantes (ojos, nariz, boca y límite del rostro), hace falta ubicar algunos puntos de referencia, los cuales son de suma importancia para la obtención de las medidas antropométricas en el rostro. A continuación se habla acerca de los que es y que hace el método facial landmark detector.

Los puntos de referencia faciales se utilizan para localizar y representar las regiones salientes de la cara, como:

- Los ojos
- Cejas
- Nariz
- Boca
- Línea de la mandíbula

Los puntos de referencia faciales se han aplicado con éxito a la alineación del rostro, la estimación de la postura de la cabeza, el cambio de rostro, la detección de parpadeo y mucho más.

La detección de puntos de referencia faciales es un subconjunto del problema de predicción de la forma. Dada una imagen de entrada (normalmente en la región de interés), un predictor de forma intenta localizar los puntos de interés clave a lo largo de esa forma.

En el contexto de los puntos de referencia faciales, el objetivo es detectar estructuras faciales importantes en la cara utilizando métodos de predicción de formas.

La detección de puntos de referencia faciales es, por lo tanto, un proceso de dos pasos:

Paso 1: Localizar la cara en la imagen.

Paso 2: Detectar las estructuras faciales clave en la región de interés de la cara.

La detección de rostros (Paso 1) se puede lograr de varias maneras.

Utilizar Haar Cascades de OpenCV.

Aplicar un detector de objetos SVM lineal HOG + pre-entrenado específicamente para la tarea de detección de rostros.

O incluso usar algoritmos basados en el aprendizaje profundo para la localización de caras.

Para este proyecto se hace uso de Haar Cascades de OpenCV.

En cualquier caso, el algoritmo real utilizado para detectar la cara en la imagen no importa. En su lugar, lo importante es que a través de algún método se obtiene el cuadro delimitador de caras (es decir, las coordenadas (x, y) de la cara en la imagen).

Dada la región de la cara, se puede aplicar el paso 2: detectar estructuras faciales clave en la región de la cara.

Hay una variedad de detectores de puntos de referencia faciales, pero todos los métodos esencialmente intentan localizar y etiquetar las siguientes regiones faciales:

- Boca
- Ceja derecha
- Ceja izquierda
- Ojo derecho
- Ojo izquierdo
- Nariz
- Mandíbula

El detector de puntos de referencia faciales incluido en la biblioteca dlib es una implementación del documento One Millisecond Face Alignment con un conjunto de árboles de regresión de Kazemi y Sullivan (2014).

Este método comienza utilizando:

Un conjunto de entrenamiento de puntos de referencia faciales etiquetados en una imagen. Estas imágenes se etiquetan manualmente, especificando coordenadas específicas (x, y) de las regiones que rodean cada estructura facial.

Antes, más específicamente, la probabilidad de distancia entre pares de píxeles de entrada.

Dados estos datos de entrenamiento, un conjunto de árboles de regresión se entrena para estimar las posiciones de referencia faciales directamente desde las intensidades de píxeles en sí mismas (es decir, no se está realizando una "extracción de características").

El resultado final es un detector de marcas faciales que se puede usar para detectar marcas faciales en tiempo real con predicciones de alta calidad.

El detector facial landmark pre-entrenado dentro de la biblioteca dlib se usa para estimar la ubicación de 68 (x, y) coordenadas que se asignan a las estructuras faciales en la cara.

Los índices de las 68 coordenadas se pueden visualizar en la siguiente imagen:

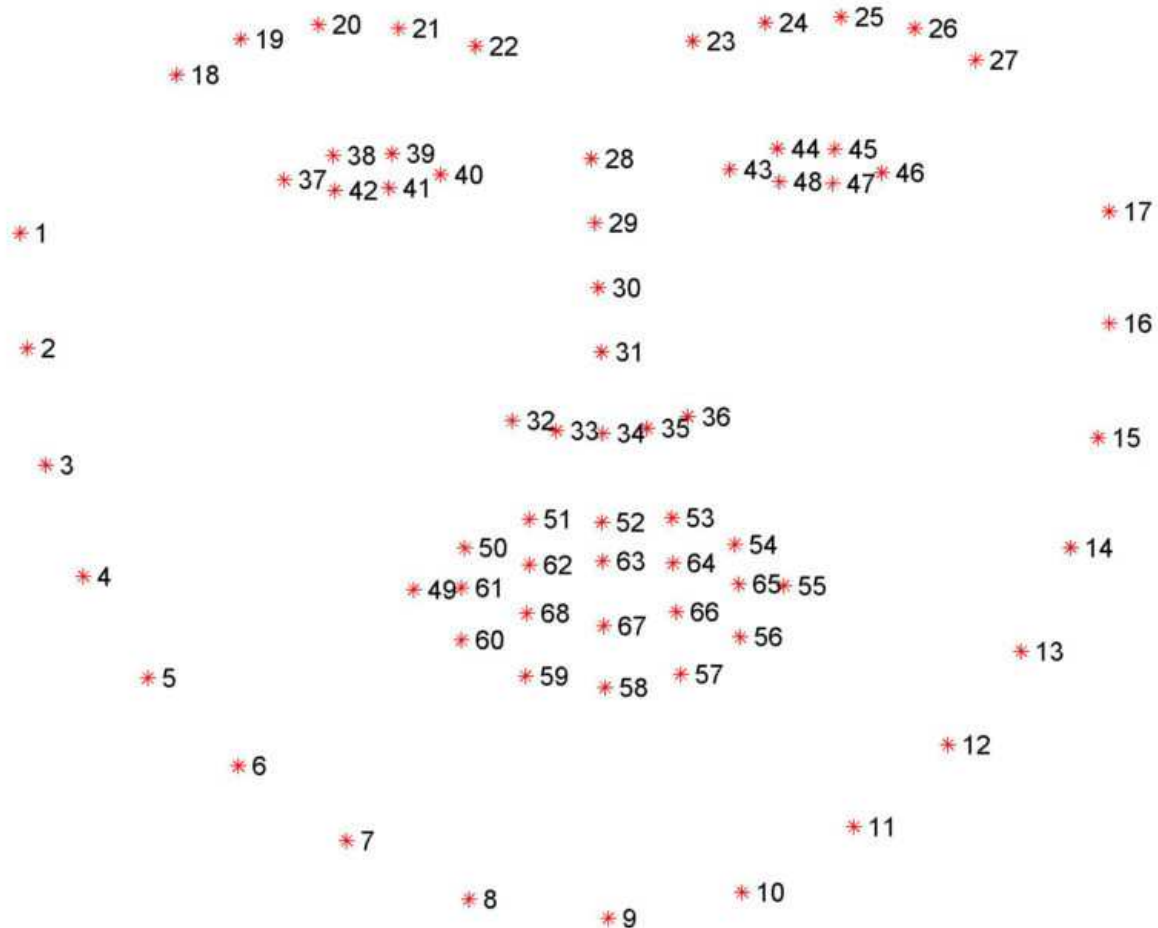


Figura 3: Visualización de las 68 coordenadas faciales del conjunto de datos iBUG 300-W (resolución más alta).

Estas anotaciones forman parte del conjunto de datos de iBUG 300-W de 68 puntos en el que se entrenó el predictor de marcas faciales de la biblioteca dlib.

Se puede aprovechar el mismo dlib para entrenar un predictor de forma en los datos de entrenamiento de entrada; esto es útil si desea entrenar detectores de puntos de referencia faciales o predictores de forma personalizados [6].

Capítulo 2: Estudio del rostro

Ahora que se han obtenido las coordenadas de los puntos de interés en el rostro, a través de los métodos usados en el capítulo anterior, es hora de hacer uso de estos datos.

La finalidad de obtener las marcas faciales (Facial landmarks) de la imagen de un rostro, es principalmente extraer sus coordenadas, las cuales se representan de la forma (x, y) .

A partir de la obtención de estas coordenadas, se pueden hallar las distancias (en pixeles) entre estos puntos, las cuales sirven para determinar diversas medidas entre los rasgos faciales de interés.

En este capítulo habla de lo que es el visagismo, el cual se hace uso de una serie de criterios para determinar la perfección del rostro, mediante las medidas antropométricas obtenidas de un rostro.

Visagismo

El visagismo es la técnica que nos permite distinguir entre un tipo de rostro u otro, ya que se realiza un estudio detallado de las formas, volúmenes y líneas faciales del rostro. El visagismo se divide en tres áreas del rostro: la primera va del nacimiento del cabello hacia la base de la ceja y es llamada zona intelectual; la segunda es la zona afectiva, la cual inicia de la base de la ceja y termina en la base de la nariz. La tercera y última es la zona sensitiva y va desde la punta de la nariz a la boquilla [7].

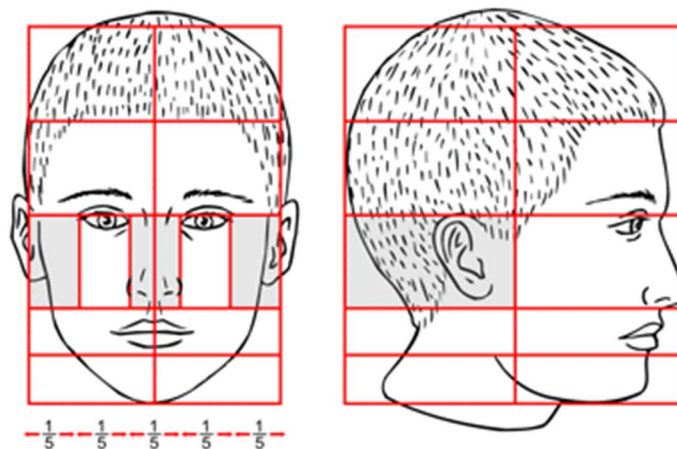


Figura 4: Áreas del rostro que divide el visagismo.

El canon de distancias perfectas en el plano vertical se determina de la siguiente manera:

1. La anchura de la nariz en su base debería medir igual que la de cada ojo.
2. La distancia que separa ambos ojos es la medida de uno de ellos.
3. La distancia de la base inferior de los ojos a la base de la nariz debería ser parecida a la distancia entre el labio superior y el extremo del mentón.
4. Desde el extremo externo o comisura externa del ojo a la línea exterior del óvalo ha de haber la distancia de un ojo.
5. El diámetro total del ojo habría de ser dos veces la medida del iris.
6. El punto medio del iris ha de coincidir con las comisuras de los labios.
7. Trazaremos una línea que empieza en la aleta de la nariz y llega al extremo interno del ojo (diagonal). Hacemos lo mismo con el extremo externo para saber si la forma y la longitud de la ceja es la correcta.
8. El punto máximo de esta. Desde la aleta de la nariz pasando por la parte interna o externa del iris cuando éste mire recto.
9. Orificio nasal: debe de coincidir con los picos del arco de cupido de los labios.

Para este proyecto, solo se toman en cuenta 4 de los criterios del canon de las distancias perfectas, los cuales son los siguientes:

- La anchura de la nariz en su base debería medir igual que la de cada ojo.
- La distancia que separa ambos ojos es la medida de uno de ellos.
- La distancia de la base inferior de los ojos a la base de la nariz debería ser parecida a la distancia entre el labio superior y el extremo del mentón.
- El diámetro total del ojo habría de ser dos veces la medida del iris (para este criterio, como el detector de marcas faciales no contempla el iris de los ojos, solo se limitara a medir el perímetro de ambos ojos).

Y las medidas antropométricas faciales de interés que se toman en cuenta son:

- Ancho de la nariz
- Ancho del ojo izquierdo
- Ancho del ojo derecho
- Distancia entre los ojos
- Distancia entre la base del ojo izquierdo y la nariz

- Distancia entre la base del ojo derecho y la nariz
- Distancia entre el labio superior y el mentón
- Perímetro del contorno del ojo izquierdo
- Perímetro del contorno del ojo derecho

Ahora, a partir de las medidas antropométricas faciales anteriormente mencionadas, se hace uso de los criterios mencionados anteriormente, para determinar que rostros se acercan o alejan del cumplimiento de estos, con esto se pueden formar diversos grupos tanto de aquellos rostros que se alejan de la perfección, así como de aquellos que se acercan más a la perfección, a este proceso se le llama clasificación.

Cabe destacar que entre más fotos faciales existan en la base de datos, habrá más rangos que calcular, y por lo tanto más grupos clasificados, haciendo cada vez más preciso a este programa.

Ahora con todas las medidas clasificadas, se pueden realizar diversas combinaciones entre ellas.

Es así como a base de varias muestras faciales de diferentes personas, se obtienen rostros que comparten características faciales parecidas entre sí, lo cual es la base para la identificación y clasificación de los grupos étnicos mediante estas características.

En capítulos posteriores se explica el funcionamiento el programa y a que se llegó con la realización de estas clasificaciones.

Capítulo 3: Metodología

Hasta este punto se han explicado los temas de mayor relevancia para la realización de este proyecto, ahora hace falta plantear una forma de trabajo en la cual se considera necesario dividirlo en etapas, para este proyecto se hace uso del modelo cascada, el cual se muestra a continuación.

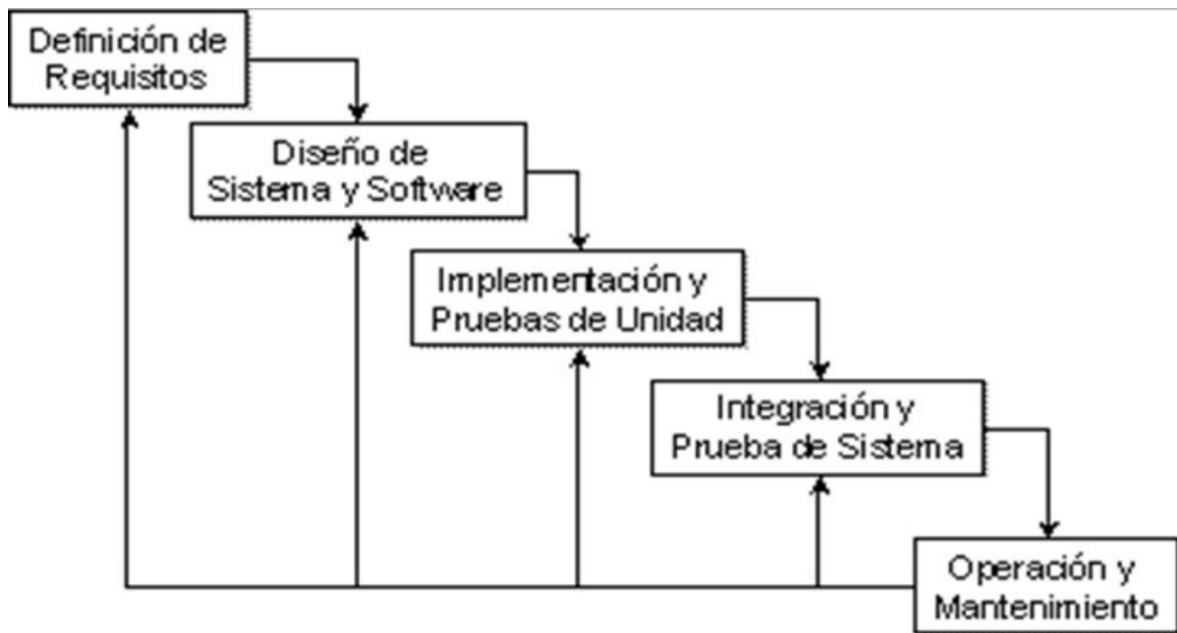


Figura 5: Modelo de desarrollo de software Cascada.

En el modelo cascada se definen las siguientes etapas:

- Definición de requisitos
- Diseño de sistema y de software
- Implementación y pruebas de unidad
- Integración y pruebas de sistema
- Operación y mantenimiento

A continuación se muestra a detalle el desarrollo de cada etapa, especificando de que se trata y como se realizó en este proyecto.

Definición de requisitos

En la definición de requisitos, se analizan las necesidades de los usuarios finales del software a desarrollar para determinar qué objetivos debe cubrir.

Es importante señalar que en esta etapa se deben verificar todo lo que se requiere en el sistema y será aquello lo que seguirá en las siguientes etapas, ya que no se pueden solicitar nuevos requisitos a mitad del proceso de elaboración del software.

Esta etapa será dividida en las siguientes secciones:

- Necesidades del usuario
- Requerimientos funcionales
- Requerimientos no funcionales
- Casos de uso

A continuación se presenta una breve explicación y el desarrollo estas secciones.

Necesidades del usuario

Para esta sección, se identifica al tipo de usuarios que la aplicación va dirigida. Este punto ha sido cubierto desde que la aplicación requiere personas con rostro, es decir, que la aplicación no va dirigida hacia un sector pequeño o exclusivo, sino va dirigido a cualquier persona con rostro, la cual desee saber acerca de su origen étnico con respecto a su rostro; cabe destacar que puede haber un cierto tipo de excepciones como el hecho de que el rostro de la persona haya sido modificado por diversas circunstancias (accidente, cirugía, etc.) debido que estas personas al ser analizadas en el rostro, podrían entregar resultados no confiables, al contrario de aquellas persona cuyos cambios hayan sido naturales.

Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son aquellos que describen las actividades en el sistema, es decir, explica las funciones que el sistema debe hacer dadas ciertas condiciones necesarias para su realización. A continuación se enlistan los requerimientos funcionales para este sistema.

- El sistema necesita que el usuario cree su propia sesión de usuario.
- El sistema requiere un inicio de sesión para que el usuario envíe las fotos acceda a su respectiva base de datos.

- El usuario personalice su propia cuenta previamente creada (modificar su nombre o su e-mail).
- Tanto el usuario y administrador podrán capturar fotos faciales en la aplicación, y de desearlo, eliminarlas si no quedaron conformes con la foto.
- El usuario y administrador pueden enviar fotos al servidor para su posterior análisis.
- El administrador puede realizar el análisis de las fotos previamente almacenadas en el servidor.
- El administrador podrá almacenar los resultados en una base de datos.
- El usuario y el administrador pueden consultar sus respectivos resultados de acuerdo al análisis previamente realizado.

Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son aquellos que describen las características que se encuentran fuera de las funciones del sistema, es decir, son características generales y restricciones que dependen directamente de las condiciones en la plataforma de trabajo, ajenos al sistema o aplicación en desarrollo. A continuación se enlistan algunos requerimientos no funcionales para este sistema.

- Si no hay conexión a internet, el usuario no podrá siquiera entrar a la aplicación.
- Para la captura de la foto facial, se requiere el uso de una cámara en el dispositivo en donde la aplicación vaya a ser usada.
- El rapidez en el envío de una foto facial, depende directamente tanto de la velocidad de conexión, así como del peso de la foto.
- La aplicación móvil solo está disponible para el sistema operativo Android.

Casos de uso

Ahora que se han definido los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, es hora de hablar de los casos de uso en donde se definen aquellas funciones en el sistema y los actores que pueden hacer estas, también se manejan sus respectivos flujos de eventos en donde se explica a detalle tanto las condiciones para que estas funciones sucedan así como las restricciones que evitarían que estas sucedan. A continuación se presentan ambos diagramas.

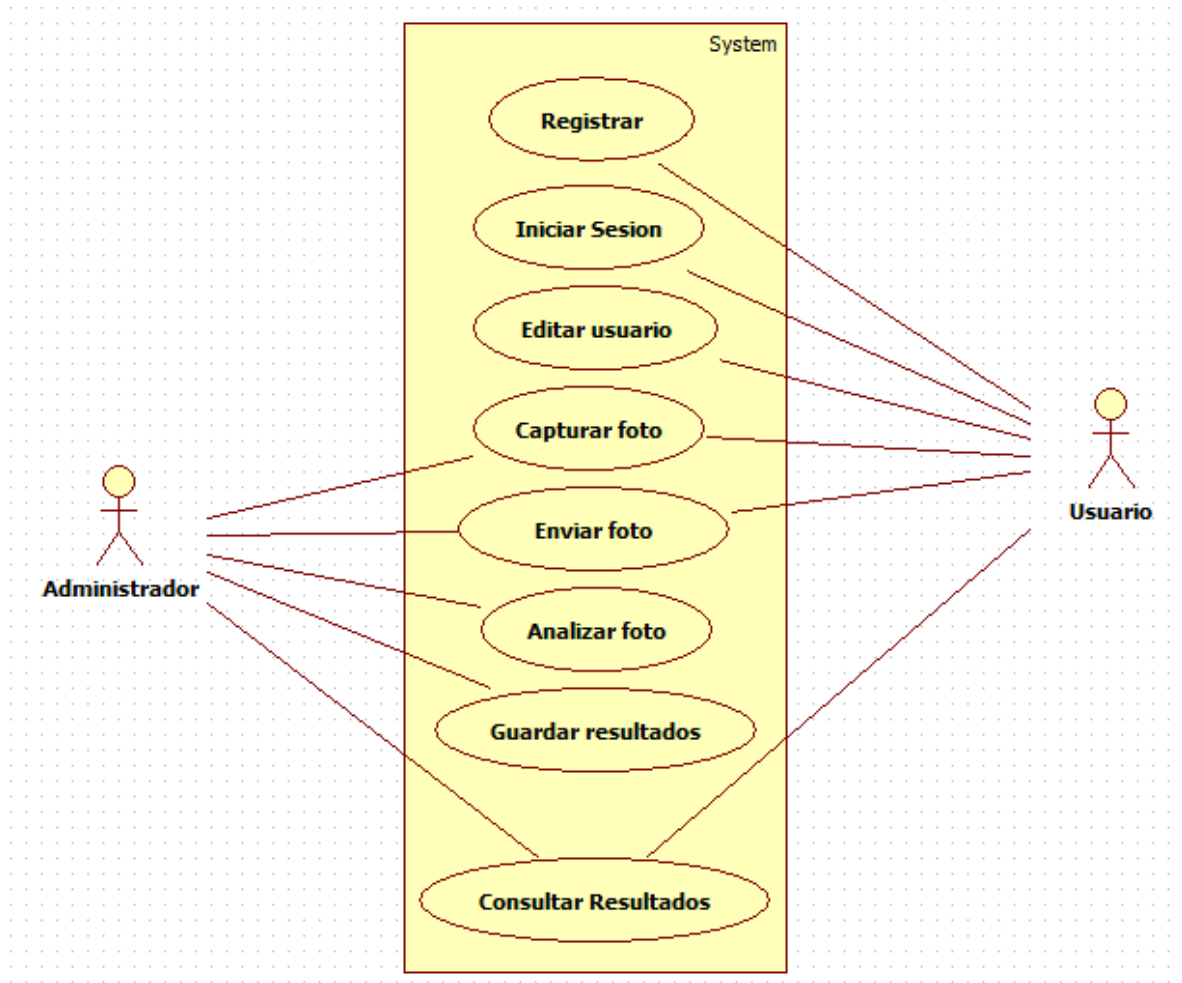


Figura 6: Diagrama de casos de uso del sistema.

A continuación se mostrará el flujo de eventos para cada caso de uso en forma de tablas, los cuales, se codifican de la siguiente manera:

Caso de uso	Código
Registrar	CS-01
Iniciar sesión	CS-02
Editar usuario	CS-03
Capturar foto	CS-04
Enviar foto	CS-05
Analizar foto	CS-06
Guardar resultados	CS-07
Consultar resultados	CS-08

Tabla 1: Codificación de los casos de uso

Código	CS-01
nombre	Registrar
Actores	Usuario
Descripción	El usuario se registra llenando un pequeño formulario que pide tanto un nombre de usuario o un alias así como una cuenta de correo electrónico
Precondición	Tener conexión a internet, tener una cuenta de correo electrónico
Postcondición	El usuario se encuentra registrado y con la sesión iniciada
Flujo principal	
Paso 1	Usuario entra a la página web o abre la app del celular
Paso 2	El usuario oprime la opción de registrarse
Paso 3	El usuario se registra llenando los campos requeridos y oprima la opción de aceptar
Flujo Alternativo	No hay conexión a internet
Paso 1	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje de error, indicando que no hay conexión a internet y el caso de uso termina
Flujo Alternativo	Campos vacíos
Paso 3	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje, indicando que hay campos vacíos en el registro, y no permitirá el acceso hasta que se llenen de forma satisfactoria

Tabla 2: Caso de uso Registrar

Código	CS-02
nombre	Iniciar sesión
Actores	Usuario
Descripción	El usuario accede a las opciones que presentara nuestra interfaz web o móvil, ingresando los datos requeridos para el inicio de sesión
Precondición	Tener conexión a internet, CS-01
Postcondición	El usuario se encuentra con la sesión iniciada
Flujo principal	

Paso 1	Usuario entra a la página web o abre la app del celular
Paso 2	El usuario oprime la opción de iniciar sesión
Paso 3	El usuario llena los campos requeridos para el inicio de sesión y oprime la opción de aceptar
Flujo Alternativo	No hay conexión a internet
Paso 1	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje de error, indicando que no hay conexión a internet y el caso de uso termina
Flujo Alternativo	Campos vacíos
Paso 3	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje, indicando que hay campos vacíos en el inicio de sesión, y no permitirá el acceso hasta que se llenen de forma satisfactoria
Flujo Alternativo	Usuario no registrado
Paso 3	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje, indicando que el usuario no está registrado, por lo que el caso de uso se termina

Tabla 3: Caso de uso Iniciar sesión

Código	CS-03
nombre	Editar usuario
Actores	Usuario
Descripción	El usuario puede manipular sus propios datos, de manera que pueda cambiar su alias o nombre de usuario, así como modificar su cuenta de correo electrónico
Precondición	Tener conexión a internet, CS-02
Postcondición	El usuario realiza cambios en su base de datos de manera satisfactoria
Flujo principal	
Paso 1	Usuario entra a la página web o abre la app del celular
Paso 2	El usuario oprime la opción de iniciar sesión
Paso 3	El usuario llena los campos requeridos para el inicio de sesión y oprime la opción de aceptar

Paso 4	El usuario oprime la opción de editar
Paso 5	El usuario modifica los campos que desee y oprime la opción de aceptar
Flujo Alternativo	No hay conexión a internet
Paso 1	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje de error, indicando que no hay conexión a internet y el caso de uso termina
Flujo Alternativo	Campos vacíos
Paso 3	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje, indicando que hay campos vacíos en el inicio de sesión, y no permitirá el acceso hasta que se llenen de forma satisfactoria
Flujo Alternativo	Campos vacíos
Paso 5	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje, indicando que hay campos vacíos, y no permitirá terminar esta paso hasta que se llenen de forma satisfactoria

Tabla 4: Caso de uso Editar

Código	CS-04
nombre	Capturar foto
Actores	Usuario, Administrador
Descripción	Tanto el Usuario como el Administrador pueden realizar una captura de su rostro a través de la interfaz web o móvil, almacenándola temporalmente para su posterior envío
Precondición	Tener conexión a internet, CS-02
Postcondición	CS-05
Flujo principal	
Paso 1	Usuario y/o Administrador entra a la página web o abre la app del celular
Paso 2	El usuario oprime la opción iniciar sesión
Paso 3	El usuario llena los campos requeridos para el inicio de sesión y oprime la opción de aceptar
Paso 4	El usuario y/o Administrador oprime la opción de capturar foto
Paso 5	Al Usuario y/o Administrador se le proyecta la cámara en tiempo real ya sea por medio

	de la webcam para interfaz web o la cámara frontal para la aplicación móvil
Paso 6	El Usuario y/o Administrador captura la foto
Paso 7	Al Usuario y/o Administrador se le muestra la captura realizada de la foto
Flujo Alternativo	No hay conexión a internet
Paso 1	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje de error, indicando que no hay conexión a internet y el caso de uso termina
Flujo Alternativo	Campos vacíos
Paso 3	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje, indicando que hay campos vacíos en el inicio de sesión, y no permitirá el acceso hasta que se llenen de forma satisfactoria
Flujo Alternativo	Permiso denegado para el uso de la cámara web o la cámara del celular
Paso 5	Al no tener los permisos para el uso de la cámara, la interfaz envía un mensaje de error, se termina el caso de uso

Tabla 5: Caso de uso Capturar foto

Código	CS-05
nombre	Enviar foto
Actores	Usuario, Administrador
Descripción	Después de realizar la captura de su rostro, al Usuario y/o Administrador se le presentaran 2 opciones, una para confirmar el envío de la foto y la otra para cancelar, al oprimir confirmar, la foto será enviada al servidor para realizar su respectivo análisis; al oprimir cancelar la foto capturada anteriormente se borrara, regresando nuevamente al menú principal la interfaz web o móvil
Precondición	Tener conexión a internet, CS-02, CS-04
Postcondición	Ninguna
Flujo principal	
Paso 1	Después de la captura del rostro, al Usuario y/o Administrador se le muestran 2 opciones: confirmar y cancelar

Paso 2	El Usuario y/o Administrador oprime la opción confirmar
Paso 3	La foto es enviada al servidor
Paso 4	Se presenta un mensaje confirmando que el envío fue exitoso
Paso 5	Se regresa al menú principal
Flujo Alternativo	Se perdió la conexión a internet
Paso 3	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje de error, regresando al menú principal

Tabla 6: Caso de uso Enviar foto

Código	CS-06
nombre	Analizar foto
Actores	Administrador
Descripción	El administrador realizara mediante una función el análisis de las fotografías capturadas
Precondición	Tiene que haber fotos almacenadas en la base
Postcondición	CS-07
Flujo principal	
Paso 1	El administrador mediante una serie de comandos, analiza la foto o las fotos guardadas en la base para su análisis
Paso 2	Los datos de interés obtenidos de cada foto se almacenan de forma temporal en el programa para su posterior caso de uso
Flujo Alternativo	No hay fotos que analizar
Paso 1	El programa no realiza ninguna acción, se termina el caso de uso
Flujo Alternativo	La foto enviada no reconoce ningún rostro
Paso 1	El programa envía al administrador un mensaje de error, el caso de uso termina
Flujo Alternativo	Foto facial incompleta
Paso 1	El programa se detendrá en donde ocurra la ausencia de datos , enviando un mensaje de error al administrador, el caso de uso se termina

Tabla 7: Caso de uso Analizar foto

Código	CS-07
---------------	-------

nombre	Guardar resultados
Actores	Administrador
Descripción	Los datos obtenidos en el caso de uso anterior son almacenados en la base de datos
Precondición	CS-06
Postcondición	Ninguna
Flujo principal	
Paso 1	Los resultados obtenidos por el análisis del programa, se guardan en la base de datos, en la tabla del usuario correspondiente

Tabla 8: Caso de uso Guardar resultados

Código	CS-08
nombre	Consultar resultados
Actores	Usuario, Administrador
Descripción	El usuario y/o Administrador pueden consultar los resultados de sus respectivos análisis faciales, el usuario lo hará con respecto a sus propios resultados, en caso de no tenerlos se le mostrara un mensaje; el administrador accede a todos los resultados de los diferentes usuarios que usaron la aplicación
Precondición	Tener conexión a internet, CS-02, CS-07
Postcondición	Ninguna
Flujo principal	
Paso 1	Usuario entra a la página web o abre la app del celular
Paso 2	El usuario oprime la opción de iniciar sesión
Paso 3	El usuario inicia sesión llenando los campos requeridos y oprima la opción de aceptar
Paso 4	El usuario oprime la opción de consultar resultados
Paso 5	El usuario observa los resultados de las fotos analizadas que se tomó con anterioridad
Flujo Alternativo	No hay conexión a internet

Paso 1	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje de error, indicando que no hay conexión a internet y el caso de uso termina
Flujo Alternativo	Campos vacíos
Paso 3	La página web o la aplicación móvil devuelve un mensaje, indicando que hay campos vacíos en el registro, y no permitirá el acceso hasta que se llenen de forma satisfactoria
Flujo Alternativo	No hay resultados
Paso 5	El usuario no se ha enviado fotos todavía o estas no han sido analizadas, por lo cual se muestra un mensaje de ausencia de resultados

Tabla 9: Caso de uso Consultar resultados

Fase de diseño

Al haber definido los requisitos para el sistema, ahora se desarrolla la fase de diseño, la cual he decidido dividir en 3 secciones:

- Diseño del sistema
- Diseño del software y
- Diseño de la base de datos

Esta fase servirá como apoyo para las fases de implementación, integración y mantenimiento. A continuación se presenta el respectivo desarrollo de cada tema.

Diseño del sistema

Para el diseño del sistema, se ha elegido la modelo Cliente-Servidor, a continuación se explica de manera breve de que se trata esta arquitectura y también se muestra un diagrama de este modelo aplicado en este sistema.

El modelo Cliente-Servidor es un modelo de aplicación distribuida en el que las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios, llamados servidores, y los demandantes, llamados clientes. Las aplicaciones Clientes realizan

peticiones a una o varias aplicaciones Servidores, que deben encontrarse en ejecución para atender dichas demandas [8].

En este modelo, el sistema usa 2 capas, es decir está constituido por una capa en la cual se constituye por el cliente y otra capa la cual se conforma por un servidor, el cual se hace cargo de realizar todos los servicios y peticiones que son devueltas al cliente, la diferencia con respecto a un modelo de 3 o más capas, es que el servidor hace uso de 2 o más servidores diferentes, para satisfacer varios servicios o peticiones al cliente o almacenar datos (un servidor es usado para recibir las consultas del cliente y otro se usa para el almacenamiento de datos).

Como se muestra en la Figura 7 se representa el modelo cliente-servidor para este sistema.

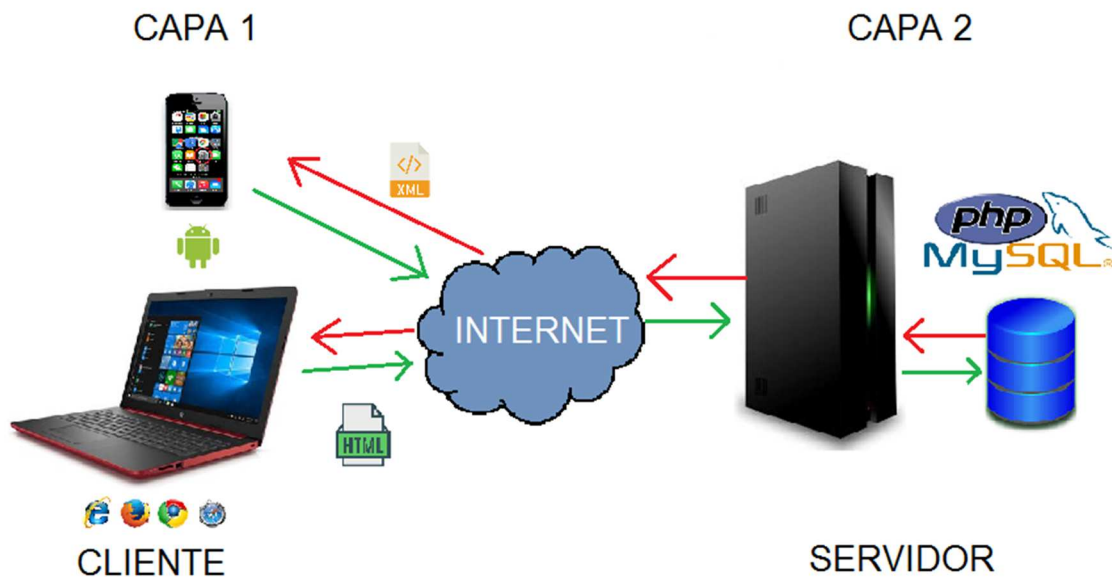


Figura 7: Modelo Cliente-Servidor del sistema.

Para la aplicación web en la capa 1 se utilizan interfaces para la interacción con el servidor, se usa cualquiera de los navegadores más populares (Explorer, Mozilla, Google Chrome, etc.), las interfaces se encuentran implementadas en HTML, en el caso de la aplicación móvil, se diseña una aplicación hecha para el sistema operativo Android, cuya interfaz se encuentra desarrollada en XML.

En la capa 2 se utiliza un servidor que se conecta con una base de datos, la base de datos se implementa en MySQL, y para realizar consultas es usado el lenguaje php.

Diseño del software

Ya con las funciones definidas en la aplicación, se necesita modelar la forma en la que cada función es ejecutada dadas ciertas condiciones, a continuación se explica de manera breve que es y cómo funciona un diagrama de actividades.

En UML un diagrama de actividades se usa para mostrar la secuencia de actividades. Los diagramas de actividades muestran el flujo de trabajo desde el punto de inicio hasta el punto final detallando muchas de las rutas de decisiones que existen en el progreso de eventos contenidos en la actividad. Estos también pueden usarse para detallar situaciones donde el proceso paralelo puede ocurrir en la ejecución de algunas actividades [9].

A continuación se muestra el funcionamiento del programa mediante un diagrama de actividades.

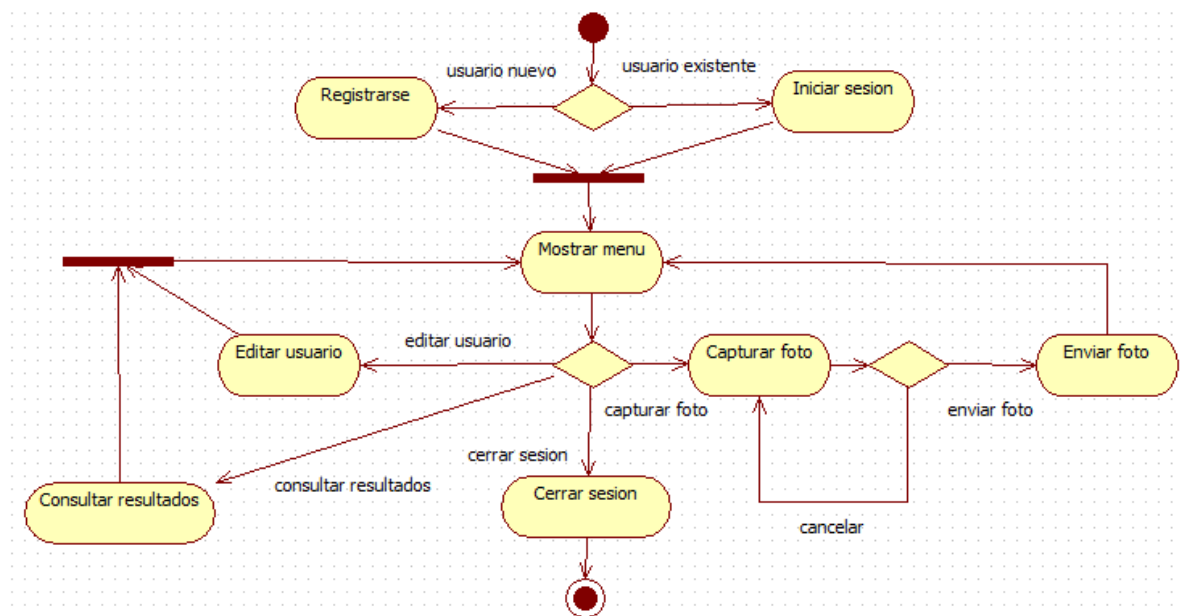


Figura 8: Diagrama de actividades del programa.

Diseño de la base de datos

La realización de este proyecto requiere una base de datos, de la cual se hace uso para almacenar tanto los datos de los usuarios que usen la aplicación, así como para almacenar las medidas de sus respectivas características antropométricas obtenidas por el programa de detección de puntos faciales.

En esta sección modela tanto las entidades como los atributos de la base de datos, a continuación se presenta el diagrama entidad-relación de este sistema, así como el diccionario de datos de las entidades usadas.

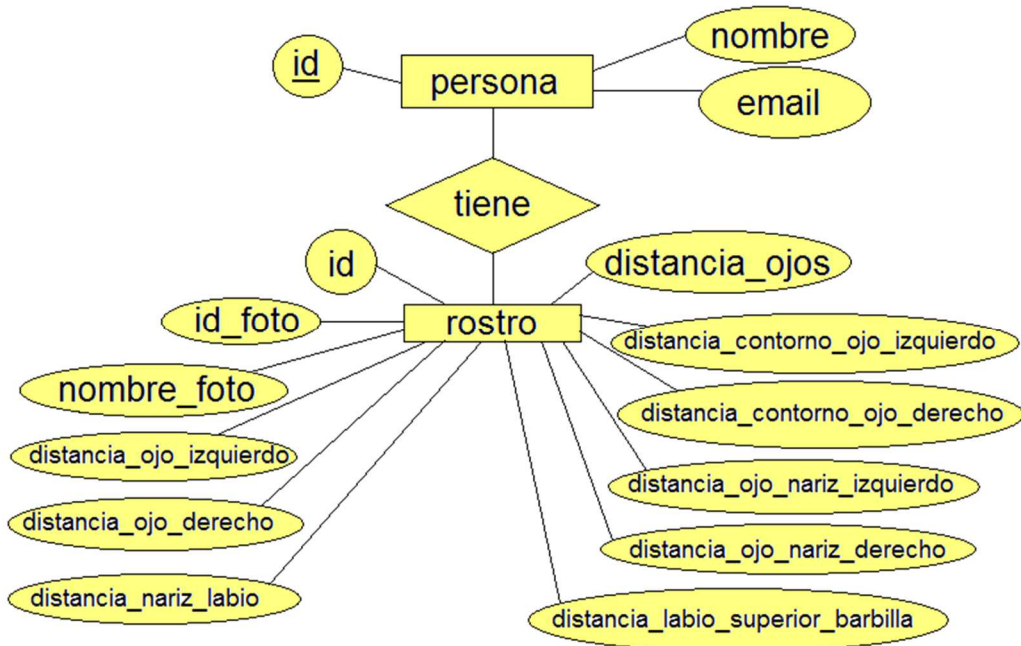


Figura 9: Diagrama Entidad-Relación del sistema.

A continuación se muestra el diccionario de datos en forma de tablas que contienen todos los atributos usados en la entidad persona y la entidad rostro.

Nombre	Tipo
id	varchar(200)
email	varchar(100)
nombre	varchar(100)

Tabla 10: Diccionario de datos de la entidad persona.

Nombre	Tipo
id	varchar(200)
id_foto	int(11)
nombre_foto	varchar(100)
distancia_ojos	float
distancia_contorno_ojo_izquierdo	float
distancia_contorno_ojo_derecho	float
distancia_ojo_nariz_izquierdo	float
distancia_ojo_nariz_derecho	float
distancia_ojo_izquierdo	float
distancia_ojo_derecho	float
distancia_labio_superior_barbilla	float
distancia_nariz_ancho	float

Tabla 11: Diccionario de datos de la entidad rostro.

Capítulo 4: Implementación

Hasta el capítulo anterior se explica la forma de trabajo en la cual se ha desarrollado este proyecto, fueron explicadas diferentes fases de desarrollo como el análisis, casos de uso, la fase de diseño del proyecto, el diseño del funcionamiento del programa, así como el diseño de la base de datos. En este capítulo todo lo explicado anteriormente se lleva a cabo a nivel de programación.

De lo primero que se habla en este capítulo, es de las herramientas que se utilizaron todo el proyecto, así como una breve explicación de su razón de uso.

Posteriormente se habla acerca del programa reconocedor de medidas antropométricas, es decir el programa que reconoce el rostro dada una imagen y coloca en ella algunos puntos de referencia para así obtener las medidas antropométricas(en pixeles) de esa foto.

Más adelante, se habla del programa que almacena toda la información obtenida, para ser mostrada a los diferentes usuarios a través de las plataformas que se usaran.

Después viene el algoritmo clasificador, el cual se encarga de ordenar mediante ciertos criterios que medidas antropométricas, previamente almacenadas son las más cercanas a la perfección.

Se habla también del desarrollo de las interfaces para cualquier tipo de usuario, hechas en diferentes plataformas.

Cabe destacar que este proyecto cuenta con 2 aplicaciones diferentes para cada tipo de usuario (cliente y administrador) desarrolladas en 2 diferentes plataformas:

- Plataforma para Aplicación web(Pc's y/o Laptops con webcam)
- Plataforma para Aplicación móvil(Smartphone)

Finalmente se explica de forma breve acerca de las pruebas aplicadas en el sistema.

Herramientas de desarrollo

La realización de este proyecto, requiere el uso de varias herramientas de software que sirven para cumplir un cierto propósito, a continuación, se muestran todas las herramientas que fueron usadas en este proyecto y una breve descripción del porqué de su uso.

Opencv

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca de software de aprendizaje por computadora y visión por computadora de código abierto. OpenCV se creó para proporcionar una infraestructura común para aplicaciones de visión por computadora y para acelerar el uso de la percepción de máquinas en los productos comerciales. Al ser un producto con licencia gratuita, OpenCV facilita que las empresas utilicen y modifiquen el código [10].

La herramienta principal del proyecto, esta herramienta es usada para el reconocimiento facial de una imagen, con esto en conjunto de otras herramientas, son la base para el programa reconocedor de medidas antropométricas.

Python

Python es un gran lenguaje de programación orientado a objetos, interpretado e interactivo. A menudo se compara con Lisp, Tcl, Perl, Ruby, C #, Visual Basic, Visual Fox Pro, Scheme o Java.

Python combina una potencia notable con una sintaxis muy clara. Tiene módulos, clases, excepciones, tipos de datos dinámicos de muy alto nivel y escritura dinámica. Hay interfaces para muchas llamadas de sistema y bibliotecas, así como para varios sistemas de ventanas. Los nuevos módulos integrados se escriben fácilmente en C o C ++ (u otros lenguajes, dependiendo de la implementación elegida). Python también se puede usar como un lenguaje de extensión para aplicaciones escritas en otros idiomas que necesitan scripts fáciles de usar o interfaces de automatización [11].

Este es el lenguaje en el que se usan las herramientas de OpenCV para realizar el reconociendo facial, así como el reconocimiento de los puntos de referencia fáciles (Facial Landmarks); además de que otras herramientas usadas en el proyecto, se usan en este lenguaje, las cuales se mencionan más adelante.

Dlib

Dlib es un kit de herramientas moderno de C ++ que contiene algoritmos de aprendizaje automático y herramientas para crear software complejo en C ++ para resolver problemas del mundo real. Se utiliza tanto en la industria como en la academia en una amplia gama de dominios, que incluyen robótica, dispositivos integrados, teléfonos móviles y grandes entornos informáticos de alto rendimiento. La licencia de código abierto de Dlib le permite usarla en cualquier aplicación, de forma gratuita [12].

El uso de esta herramienta va combinada con Python, ésta es la herramienta usada para realizar un predictor de forma, es decir, esta es la herramienta que localiza los

puntos de referencia faciales (Facial Landmarks) para posteriormente, ser dibujados en la foto facial.

MySQL Connector

MySQL Connector / Python permite que los programas Python accedan a las bases de datos MySQL, utilizando una API que cumple con la Especificación de API de la Base de Datos Python v2.0 (PEP 249). Está escrito en Python puro y no tiene ninguna dependencia, excepto la Biblioteca estándar de Python.

MySQL Connector / Python incluye soporte para:

- Casi todas las características proporcionadas por MySQL Server hasta MySQL Server versión 5.7 inclusive.
- Todas las extensiones MySQL a la sintaxis SQL estándar.
- Compresión de protocolo, que permite comprimir el flujo de datos entre el cliente y el servidor.
- Conductor autónomo. Connector / Python no requiere la biblioteca del cliente MySQL ni ningún módulo de Python fuera de la biblioteca estándar [13].

PyInstaller

PyInstaller congela (en paquetes) las aplicaciones de Python en ejecutables independientes, en Windows, GNU / Linux, Mac OS X, FreeBSD, Solaris y AIX.

Las principales ventajas de PyInstaller sobre herramientas similares son que PyInstaller funciona con Python 2.7 y 3.4—3.7, crea ejecutables más pequeños gracias a la compresión transparente, es totalmente multiplataforma y utiliza el soporte del sistema operativo para cargar las bibliotecas dinámicas, lo que garantiza una compatibilidad total.

El objetivo principal de PyInstaller es ser compatible con paquetes de terceros listos para usar. Esto significa que, con PyInstaller, todos los trucos necesarios para que los paquetes externos funcionen ya están integrados en PyInstaller para que no se requiera la intervención del usuario [14].

El uso de esta herramienta va combinada con Python, esta herramienta es usada para convertir scripts de Python en programas ejecutables, ya presentados en forma de íconos, de esta manera cualquier programa echo sobre Python, será ejecutado más fácil y rápidamente, sin la necesidad de algún otro programa para ejecutar el script o el uso de la línea de comandos.

XAMPP

Mucha gente conoce de primera mano que no es fácil instalar un servidor de web Apache y la tarea se complica si le añadimos MariaDB, PHP y Perl. El objetivo de XAMPP es crear una distribución fácil de instalar para desarrolladores que se están iniciando en el mundo de Apache. XAMPP viene configurado por defecto con todas las opciones activadas. XAMPP es gratuito tanto para usos comerciales como no comerciales [15].

Esta paquetería es usada para gestión de la base de datos, consultas hacia el servidor de manera remota y para la gestión y programación de páginas web dinámicas en php.

PHP

PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

En lugar de usar muchos comandos para mostrar HTML (como en C o en Perl), las páginas de PHP contienen HTML con código incrustado que hace "algo" (en este caso, mostrar "¡Hola, soy un script de PHP!"). El código de PHP está encerrado entre las etiquetas especiales de comienzo y final `<?php y ?>` que permiten entrar y salir del "modo PHP".

Lo mejor de utilizar PHP es su extrema simplicidad para el principiante, pero a su vez ofrece muchas características avanzadas para los programadores profesionales [16].

El uso de esta herramienta, es para incrustar algoritmos e instrucciones de búsqueda en cualquier página dinámica de HTML, también se encarga de la realización de diversos algoritmos de consulta, los cuales no requieren interfaz de usuario, además de que tiene la capacidad de que puede realizar conexiones con MySQL para hacer inserciones, ediciones y/o consultas en la base de datos.

MySQL

MySQL es la base de datos de código abierto más popular del mundo. Con su rendimiento comprobado, fiabilidad y facilidad de uso, MySQL se ha convertido en la principal opción de base de datos para aplicaciones basadas en la web, utilizada

por propiedades web de alto perfil como Facebook, Twitter, YouTube, Yahoo! y muchos más [17].

El uso de esta herramienta se debe a la necesidad de una base de datos, es una base muy confiable y popular, la cual cubre todas las necesidades para este proyecto, además de ser completamente gratuita.

HTML

HTML, que significa Lenguaje de Marcado para Hipertextos (HyperText Markup Language) es el elemento de construcción más básico de una página web y se usa para crear y representar visualmente una página web. Determina el contenido de la página web, pero no su funcionalidad. Otras tecnologías distintas de HTML son usadas generalmente para describir la apariencia/presentación de una página web (CSS) o su funcionalidad (JavaScript) [18].

El uso de esta herramienta, se debe a que es el lenguaje para la web, proporciona los elementos necesarios para crear páginas web dinámicas, y ser vistas a través de un navegador web.

Un navegador web

El navegador web provee la visualización de las interfaces creadas, hay diversos navegadores que se pueden usar en la aplicación, para este caso se usó el navegador Google Chrome.

Sublime Text

Sublime Text es un editor de texto y editor de código fuente, está escrito en C++ y Python para los plugins.

Se puede descargar y evaluar de forma gratuita. La versión de evaluación es plenamente funcional y no tiene fecha de caducidad [19].

Este editor es usado para ciertos algoritmos en php que no requieren interfaces para el usuario, es decir, se ejecutan algoritmos de consulta los cuales de acuerdo a ciertos parámetros de entrada, redirigen hacia las páginas web correspondientes.

Adobe Dreamweaver

Adobe Dreamweaver Es una aplicación informática destinada a la construcción, diseño y edición de sitios y aplicaciones Web basadas en estándares. Este programa fue creado inicialmente por Macromedia y tras la desaparición de esta compañía pasó a manos de Adobe Systems.

Destacó su integración con otras herramientas como Adobe Flash y más recientemente, su soporte de los estándares del World Wide Web Consortium [20].

Con este programa se puede realizar el diseño de las páginas web hechas en HTML que se visualizan en el navegador, el cual a la vez permite la inclusión de php, para la ejecución de los algoritmos y diversas consultas en la base de datos.

CSS

Hojas de Estilo en Cascada (del inglés Cascading Style Sheets) o CSS es el lenguaje utilizado para describir la presentación de documentos HTML o XML, esto incluye varios lenguajes basados en XML como son XHTML o SVG. CSS describe como debe ser renderizado el elemento estructurado en pantalla, en papel, hablado o en otros medios [21].

El uso de esta herramienta es para crear páginas web estilizadas, desde botones, formularios y tablas que hacen que las páginas web sean atractivas visualmente para el usuario, este es un caso más de diseño, cuya relevancia es importante puesto que de no ser así, se mostrarían páginas web demasiado simples y poco o nada atractivas para el usuario.

Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android, basado en IntelliJ IDEA. Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de IntelliJ, Android Studio ofrece incluso más funciones que aumentan tu productividad cuando desarrollas apps para Android, como las siguientes:

- Un sistema de compilación flexible basado en Gradle
- Un emulador rápido y cargado de funciones
- Un entorno unificado donde puedes desarrollar para todos los dispositivos Android

- Ejecución al instante para aplicar cambios a tu app en funcionamiento sin necesidad de compilar un APK nuevo
- Integración con GitHub y plantillas de código para ayudarte a compilar funciones de apps comunes y también importar código de ejemplo
- Variedad de marcos de trabajo y herramientas de prueba
- Herramientas de Lint para identificar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de la versión, entre otros
- Compatibilidad con C++ y NDK
- Compatibilidad integrada para Google Cloud Platform, que facilita la integración con Google Cloud Messaging y App Engine [22].

Este programa tiene todas las funciones necesarias para el desarrollo de las aplicaciones móviles que son desarrolladas en este proyecto, desde la creación de las interfaces para los usuarios, así como los programas ejecutables (Apps) para ser vistas en un Smartphone con el sistema operativo Android.

Volley

Volley es una biblioteca HTTP que hace que la creación de redes para aplicaciones de Android sea más fácil y, lo más importante, más rápida. Volley ofrece los siguientes beneficios:

- Programación automática de solicitudes de red.
- Múltiples conexiones de red concurrentes.
- Disco transparente y memoria caché de respuesta con coherencia de caché HTTP estándar.
- Soporte para solicitud de priorización.
- Solicitud de cancelación API. Puede cancelar una sola solicitud o puede establecer bloques o ámbitos de solicitudes para cancelar.
- Facilidad de personalización, por ejemplo, para reintentos y retrocesos.
- Ordenación sólida que facilita el llenado correcto de la interfaz de usuario con los datos obtenidos de forma asincrónica de la red.
- Herramientas de depuración y rastreo.

Volley se destaca en las operaciones de tipo RPC que se utilizan para completar una interfaz de usuario, como buscar una página de resultados de búsqueda como datos estructurados. Se integra fácilmente con cualquier protocolo y viene de fábrica con soporte para cadenas sin procesar, imágenes y JSON. Al proporcionar soporte integrado para las funciones que necesita, Volley lo libera de escribir código repetitivo y le permite concentrarse en la lógica específica de su aplicación [23].

Esta herramienta es usada en conjunto con Android Studio, para la realización de las consultas remotas, así como el envío de archivos al servidor, que se hacen desde el Smartphone.

Java

Java es una tecnología que se usa para el desarrollo de aplicaciones que convierten a la Web en un elemento más interesante y útil. Java le permite jugar, cargar fotografías, chatear en línea, realizar visitas virtuales y utilizar servicios como, por ejemplo, cursos en línea, servicios bancarios en línea y mapas interactivos [24].

El lenguaje utilizado en Android Studio es Java, el cual provee todos los métodos necesarios para el desarrollo de las aplicaciones móviles en este proyecto. Además es un lenguaje fácil de usar.

XML

XML es un lenguaje de marcado similar a HTML. Significa Extensible Markup Language (Lenguaje de Marcado Extensible) y es una especificación de W3C como lenguaje de marcado de propósito general. Esto significa que, a diferencia de otros lenguajes de marcado, XML no está predefinido, por lo que debes definir tus propias etiquetas. El propósito principal del lenguaje es compartir datos a través de diferentes sistemas, como Internet [25].

XML es el lenguaje gráfico utilizado en Android Studio, se utiliza para editar las interfaces gráficas (vistas) de las aplicaciones móviles desarrolladas en este proyecto.

Programa reconocedor de medidas antropométricas.

Para la realización de este programa se hace uso de las siguientes herramientas:

- OpenCV
- Python
- Dlib
- Sublime Text

Para el desarrollo de este programa, se hace uso de otro programa previamente desarrollado, que se puede obtener en la web como software libre, el cual se llama **facial landmark detector**.

La función de este programa es:

Recibir una imagen de entrada (en la cual haya un rostro), para después detectar los llamados puntos de referencia faciales (facial landmarks), obteniendo como salida la misma imagen ahora con los puntos de referencia faciales puestos en el rostro analizado.

En la siguiente figura, se muestra un ejemplo del resultado final del uso de este programa.

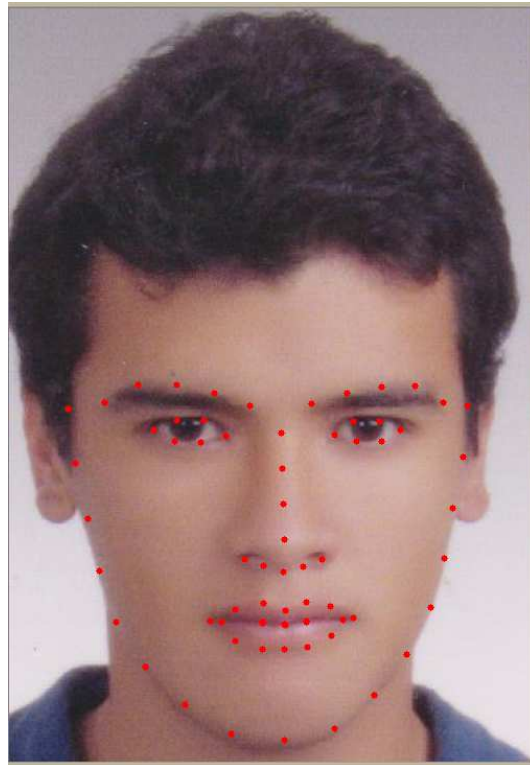


Figura 10: Programa facial landmark detector aplicado a una fotografía.

Este programa ha sido modificado de manera que al obtener todos estos puntos de referencia faciales (facial landmarks), se puedan utilizar para calcular ciertas distancias, en la figura de abajo se muestra de qué manera se ha realizado dicha modificación.

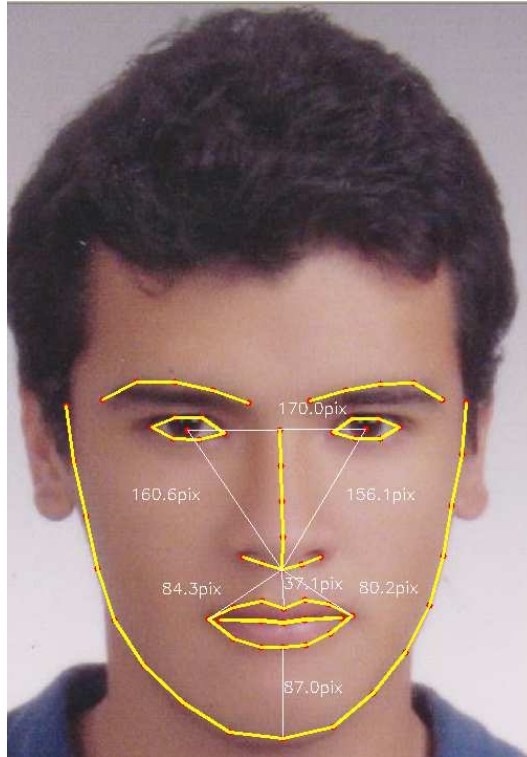


Figura 11: Modificación del programa de detector de puntos faciales para obtener distancias en pixeles de algunas características faciales.

Con este programa, al recibir las imágenes (con rostro) de entrada, se obtendrá como salida la misma foto con las medidas antropométricas de interés dibujadas en ella, las cuales se almacenan en la base de datos, a continuación se habla del almacenamiento tanto para las medidas antropométricas obtenidas, así como el almacenamiento de las fotos.

Programa almacenador de imágenes faciales

Ahora que se cuenta con un programa que analiza las fotos faciales obtenidas, se necesita de un programa capaz de almacenar todas las fotos analizadas, así como las fotos modificadas y las medidas antropométricas obtenidas a la base datos.

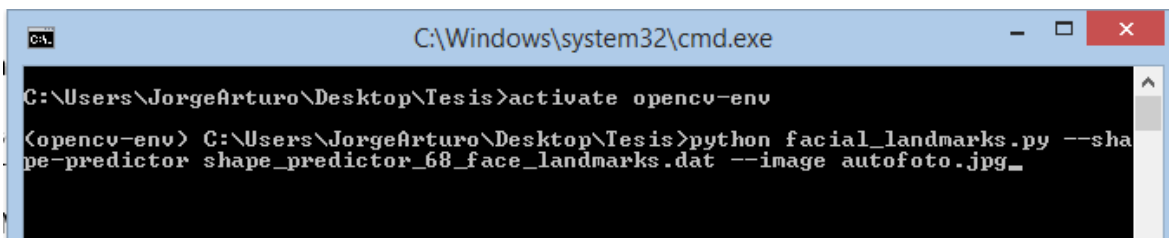
Para la realización de este programa se hace uso de las siguientes herramientas:

- Xampp
- Python
- MySQL Connector
- Sublime Text
- PyInstaller

En la sección anterior, se menciona que el programa **facial landmark detector** fue modificado para obtener las medidas antropométricas a través de ciertos puntos de referencia que se dibujan en la foto facial, ahora este mismo programa se modifica nuevamente para capturar todos los datos obtenidos en variables temporales.

La herramienta MySQL Connector es el gestor de la base de datos para Python, se encarga de generar la conexión mediante una secuencia de comandos, que permite almacenar los datos obtenidos previamente hacia la base de datos; ahora, ya solamente queda por enviar las fotos faciales a sus correspondientes carpetas, Python cuenta con comandos para mover archivos a diferentes carpetas sin necesidad de instalar alguna herramienta adicional.

Hasta el momento se comenta de qué manera se almacenan los datos a la base y las fotos hacia las diferentes carpetas, pero todo esto conlleva una serie de pasos para poder realizarse, es decir, este programa deber ser ejecutado desde la línea de comandos de la siguiente manera.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\JorgeArturo\Desktop\Tesis>activate opencv-env
(opencv-env) C:\Users\JorgeArturo\Desktop\Tesis>python facial_landmarks.py --shape-predictor shape_predictor_68_face_landmarks.dat --image autofoto.jpg_
```

Figura 12: Comando para el programa de medidas antropométricas.

Lo que en la línea de comandos se puede apreciar, es que primero se requiere de la activación de OpenCV, para que pueda ejecutarse de forma exitosa el programa, una vez realizada esta operación, se ejecuta el comando para que el programa haga su trabajo, también se aprecia que requiere algunos argumentos de entrada como la imagen, el predictor de forma, así como indicar que el programa se compilara con Python.

Todo esto, es una serie de comandos algo repetitiva y tediosa para el administrador del programa, es decir, que para cada imagen recibida, habrá que repetir este mismo comando, esto es un proceso que se vuelve demasiado impráctico, especialmente porque puede haber muchos usuarios registrados en la base, y también varias fotos capturadas por cada usuario.

Ahora ha llegado el momento de hacer este proceso de una manera mucho más sencilla, se trata de hacer este proceso para todos los usuarios en la base y sus respectivas fotos en una sola ejecución, a continuación se muestra cómo lograrlo.

Cabe destacar que para cada usuario que se registra por primera vez desde la aplicación ya sea web o móvil, se le genera una carpeta con un "id" único para el usuario que se registró, a continuación se muestra un ejemplo.



Figura 13: Carpetas generadas desde el primer registro de un usuario.

Se puede apreciar en la figura anterior que hay 2 carpetas diferentes:

- Una con el nombre de muestras (el “id” es muestras).
- Otra con un nombre generado con los datos extraídos de la base de datos (este es el “id”).

Cabe mencionar que la carpeta llamada “muestras” contiene todos aquellos rostros de personas voluntarias que no se registraron en las aplicaciones, debido a que estas personas prestaron su imagen como pruebas para este proyecto, cuando las interfaces web y móvil todavía se encontraban en desarrollo, por lo cual no se les pidió un registro previo.

Cada carpeta cuenta con un nombre el cual es el “id” de la tabla “persona” en la base de datos. Además, cada carpeta también cuenta con 3 carpetas internas: Sin_Analizar, Analizados y Alterados. A continuación se muestra un ejemplo de estas carpetas, posteriormente, se explican sus respectivos usos.



Figura 14: Carpetas internas para las fotos de cada usuario.

En la carpeta Sin_Analizar, se almacenan aquellas fotos las cuales han llegado a esta ubicación ya sea desde la aplicación móvil o la aplicación web, estas fotos no han sido analizadas por el programa todavía.

En la carpeta Analizados, se almacenan las fotos que estaban en la carpeta Sin_Analizar, las cuales ya fueron analizadas por el programa, por lo cual, se les asigna esta nueva ubicación, para no ser analizadas de nuevo.

En la carpeta Alterados, se almacenan las fotos analizadas y se les hace su respectiva alteración, es decir, a estas fotos se les dibujaron sus respectivas medidas antropométricas faciales, para ser vistas por el usuario posteriormente.

Una vez realizado el programa almacenador de medidas antropométricas, lo que se realiza es un script más hecho en Python, a continuación se muestra el comando que se realizó, posteriormente se explica cómo funciona.

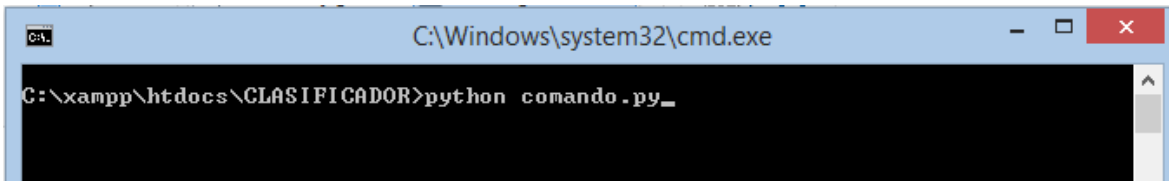


Figura 16: Ejecución desde línea de comandos del almacenador múltiple de datos.

Este es el código que el administrador necesita para hacer que el programa haga desde el análisis de todas las fotos, hasta su almacén en la base de datos.

Ahora cabe mencionar que todo esto se puede facilitar todavía más, y que mejor que realizar esta serie de comandos en un solo ejecutable, es decir un programa en forma de icono el cual pueda ejecutar todos estos comandos solo con darle doble click. A continuación se muestra la manera de convertir este script de Python en un archivo ejecutable.

PyInstaller es una herramienta la cual sirve para empaquetar cualquier script de Python y convertirlo en un ejecutable, es decir un archivo en forma de icono, listo para ejecutar el script solo con darle doble click. A continuación se muestra cómo funciona esta herramienta.

Primero habrá que instalar la herramienta, esto se hace mediante el siguiente comando.

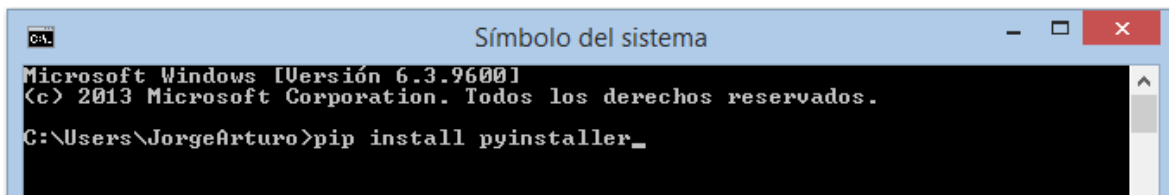


Figura 17: comando para la instalación de PyInstaller.

Al ser instalado de forma correcta, aparece algo como esto.

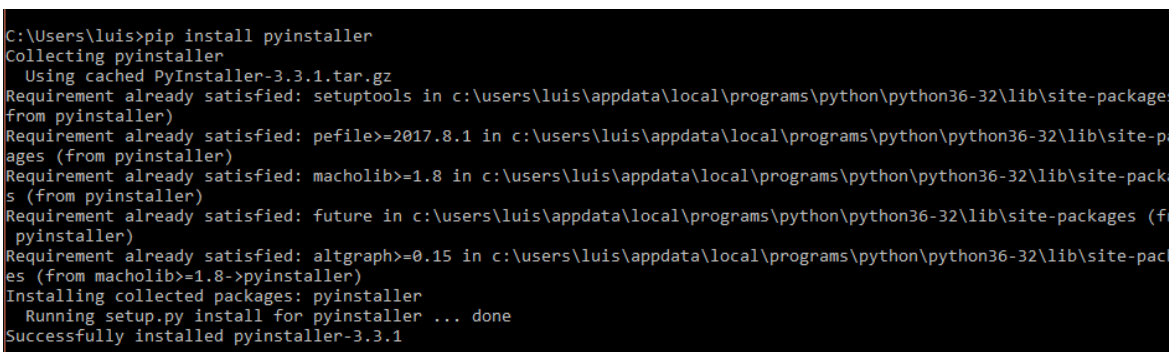


Figura 18: PyInstaller correctamente instalado.

Después de instalar esta herramienta, lo único que queda por hacer es ejecutar un comando más en el cual incluye el script a convertir. A continuación se muestra la ejecución de este comando.

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\xampp\htdocs\CLASIFICADOR>pyinstaller --onefile comando.py
519 INFO: PyInstaller: 3.5
520 INFO: Python: 3.6.5
522 INFO: Platform: Windows-8.1-6.3.9600-SP0
529 INFO: wrote C:\xampp\htdocs\CLASIFICADOR\comando.spec
539 INFO: UPX is not available.
547 INFO: Extending PYTHONPATH with paths
['C:\\xampp\\htdocs\\CLASIFICADOR', 'C:\\xampp\\htdocs\\CLASIFICADOR']
551 INFO: checking Analysis
870 INFO: checking PYZ
989 INFO: checking PKG
1011 INFO: Building because C:\xampp\htdocs\CLASIFICADOR\build\comando\comando.exe.manifest changed
1012 INFO: Building PKG (CArchive) PKG-00.pkg
11586 INFO: Building PKG (CArchive) PKG-00.pkg completed successfully.
11608 INFO: Bootloader c:\users\jorgearturo\anaconda3\lib\site-packages\PyInstaller\bootloader\Windows-64bit\run.exe
11609 INFO: checking EXE
11631 INFO: Rebuilding EXE-00.toc because comando.exe missing
11632 INFO: Building EXE from EXE-00.toc
11667 INFO: Appending archive to EXE C:\xampp\htdocs\CLASIFICADOR\dist\comando.exe
11776 INFO: Building EXE from EXE-00.toc completed successfully.
C:\xampp\htdocs\CLASIFICADOR>
```

Figura 19: Ejecución de PyInstaller para la conversión de un Script a Ejecutable.

El programa ejecutable se encuentra dentro de la carpeta llamada “dist”, en la siguiente figura se muestra el programa final generado por PyInstaller.



Figura 20: Ejecutable generado por PyInstaller.

Con esto concluye la programación del análisis y almacenamiento de las imágenes enviadas al servidor, en la siguiente sección se habla acerca del uso que se le da a los datos almacenados para el programa clasificador de medidas antropométricas.

Programa clasificador de medidas antropométricas

Ahora que se ha logrado hacer un programa que almacena las medidas antropométricas a la base de datos, ha llegado la hora de hacer uso de estas medidas para realizar sus respectivas clasificaciones, de acuerdo a una serie de criterios que a continuación se explican.

Para la realización de este programa se hace uso de las siguientes herramientas:

- Xampp
- Un navegador web
- Sublime Text

En el capítulo 2 se mencionan algunos criterios del canon de las distancias perfectas en el rostro que se toman en cuenta en este proyecto, los cuales son los siguientes:

- La anchura de la nariz en su base debería medir igual que la de cada ojo.
- La distancia que separa ambos ojos es la medida de uno de ellos.
- La distancia de la base inferior de los ojos a la base de la nariz debería ser parecida a la distancia entre el labio superior y el extremo del mentón.
- El diámetro total del ojo habría de ser dos veces la medida del iris (para este criterio, como el detector de marcas faciales no contempla el iris de los ojos, solo se limitara a medir el perímetro de ambos ojos).

Haciendo uso de estos criterios, es como se determina que tan cerca o lejos está un rostro de ser considerado perfecto, a continuación se explica con un ejemplo a través de uno de los criterios, como se realizan estas clasificaciones.

El primer criterio dice:

- La anchura de la nariz en su base debería medir igual que la de cada ojo.

Las medidas almacenadas en la base de datos que pide este criterio son:

- El ancho de la nariz
- El ancho del ojo izquierdo
- El ancho del ojo derecho

Para este caso, se obtienen las medidas mencionadas anteriormente.

Se hace una comparación entre ancho de la nariz y el ojo izquierdo y se obtiene su respectiva diferencia. Después se hace una comparación entre ancho de la nariz y el ojo derecho, obteniendo su respectiva diferencia también. Luego, se obtiene el promedio entre las 2 diferencias obtenidas anteriormente.

Con esto se obtiene rango de diferencia con el que se aleja del cumplimiento de este criterio. Este proceso se aplica con todos los demás rostros obtenidos. A partir de este punto, llamémosle promedio de error.

Ahora, todos los promedios de error obtenidos de todos los rostros, son usados para posteriormente obtener la desviación estándar, la desviación estándar es la medida que se usa para clasificar a los rostros, su uso se muestra a continuación.

Se busca el rango de error más chico y el más grande, luego se van a hacer una serie de intervalos, obtenidos de la siguiente manera:

Al promedio de error más chico se le suma la desviación estándar, con esto se obtiene el primer intervalo de error que va desde el rango de error más chico hasta la suma de este con la desviación estándar. Este último valor se usa para el siguiente intervalo.

Para calcular el siguiente intervalo, se usa el último valor obtenido y se le suma 1 décima (0.1), el siguiente intervalo de error se encuentra entre este nuevo valor y este mismo sumado con la desviación estándar.

Este proceso se repite mientras el intervalo mayor sea igual o menor al rango de error más grande, es decir se puedan seguir obteniendo diferentes intervalos mientras el rango de error más grande lo permita, debido a que el rango de error más grande representa el intervalo final.

Para los demás criterios mencionados, el programa clasificador funciona de manera similar, con la diferencia de que se usan otros parámetros para la obtención de sus respectivos resultados.

Este es el programa que será usado por el administrador más adelante, mediante una aplicación web y una aplicación móvil.

Ahora, ya que se cuenta con el programa reconocedor de medidas antropométricas y el programa clasificador, es hora de realizar las interfaces tanto para el cliente como el administrador las cuales les muestran sus respectivos resultados de interés, para la siguiente sección se habla tanto de las interfaces creadas para la aplicación web y las interfaces creadas para la aplicación móvil.

Aplicación web

Se hizo una interfaz web en donde se hace uso de la webcam de la laptop para la obtención de la imagen de la cara, para ser almacenada dentro del servidor, la cual es analizada posteriormente.

Para la realización de esta aplicación se hace uso de las siguientes herramientas:

- Xampp
- Php
- MySQL
- HTML
- Un navegador web
- Sublime Text
- Dreamweaver
- CSS

El uso para esta aplicación se divide para cada diferente tipo de usuario:

- Cliente
- Administrador

Antes que nada, para habilitar la gestión de los servicios web, así como la base de datos, es necesario ejecutar la paquetería XAMPP, en la siguiente figura, se muestra la ejecución del programa.

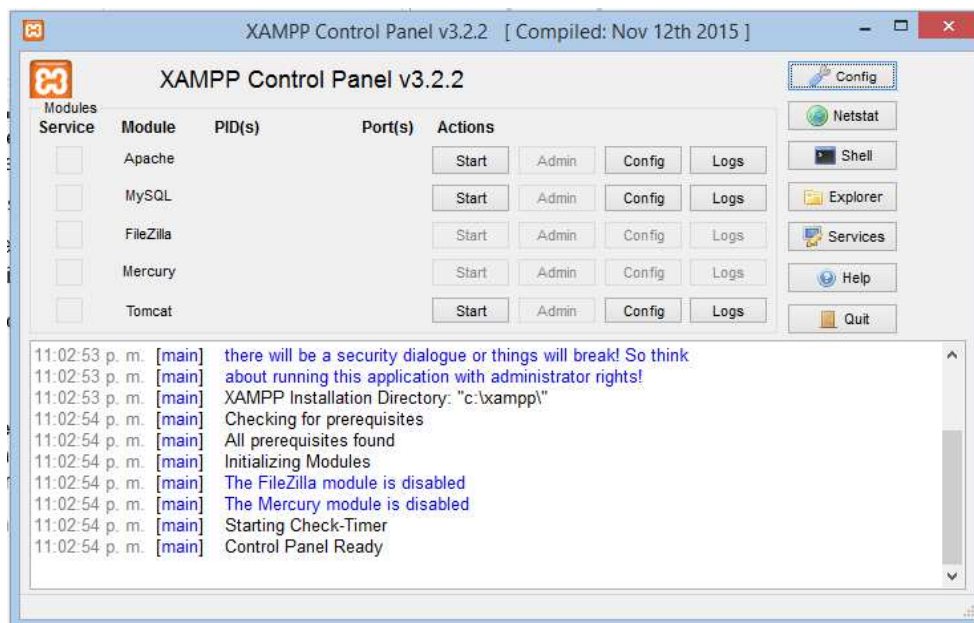


Figura 21: Programa XAMPP abierto con los servicios deshabilitados.

Después, habrá que habilitar la gestión de servicios remotos y la gestión para la base de datos, para esto solo es necesario dar click en los botones de Start que se encuentren alineados con el apartado Apache (el cual habilita los servicios remotos) y con el apartado MySQL (el cual habilita la gestión de la base de datos); la siguiente figura muestra de que manera estos servicios han sido habilitados de manera exitosa.

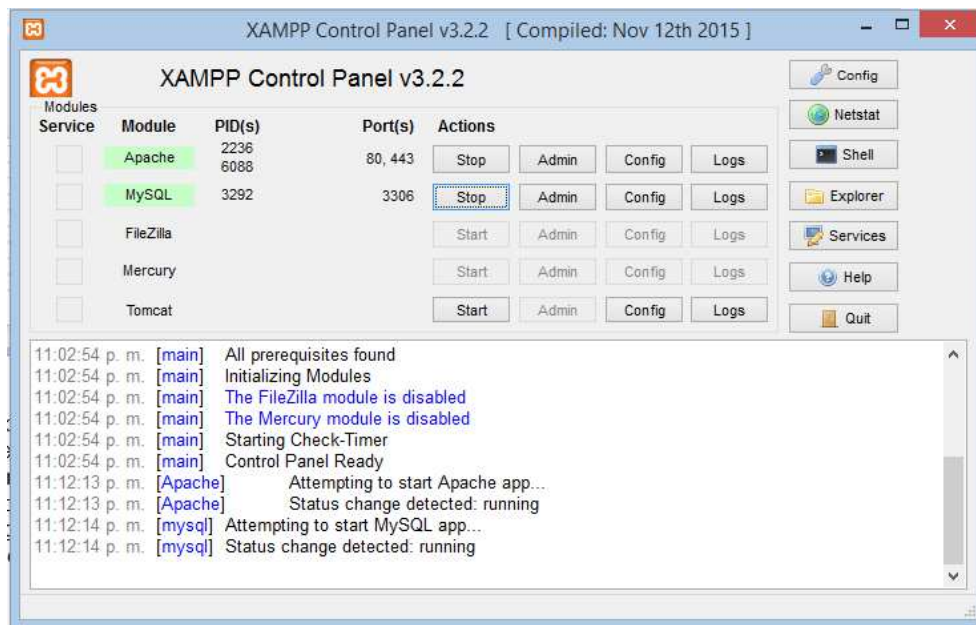


Figura 22: Programa XAMPP abierto con los servicios habilitados.

A continuación se muestran las interfaces correspondientes tanto para el cliente como el administrador.

Interfaz para el Cliente

El cliente cuenta con las siguientes interfaces:

- Página de inicio
- Página de registro de usuario
- Página del menú principal
- Página de edición de usuario
- Página de captura de foto
- Página de consulta de resultados

Algunas interfaces, cuentan con algunas páginas extra, las cuales solamente sirven para señalar al usuario que la inserción y/o edición de datos o la captura de la foto fueron exitosas, en caso contrario se muestran ciertas páginas indicando el error.

La página de inicio (llamada index en la aplicación web), consiste en una página web, constituida por un formulario para iniciar sesión con un botón de aceptar y otro botón para el registro de un nuevo usuario, al abrir esta aplicación, esta es la página principal debe mostrar al usuario cliente, es decir es la primera página de todas. La siguiente figura muestra esta página.

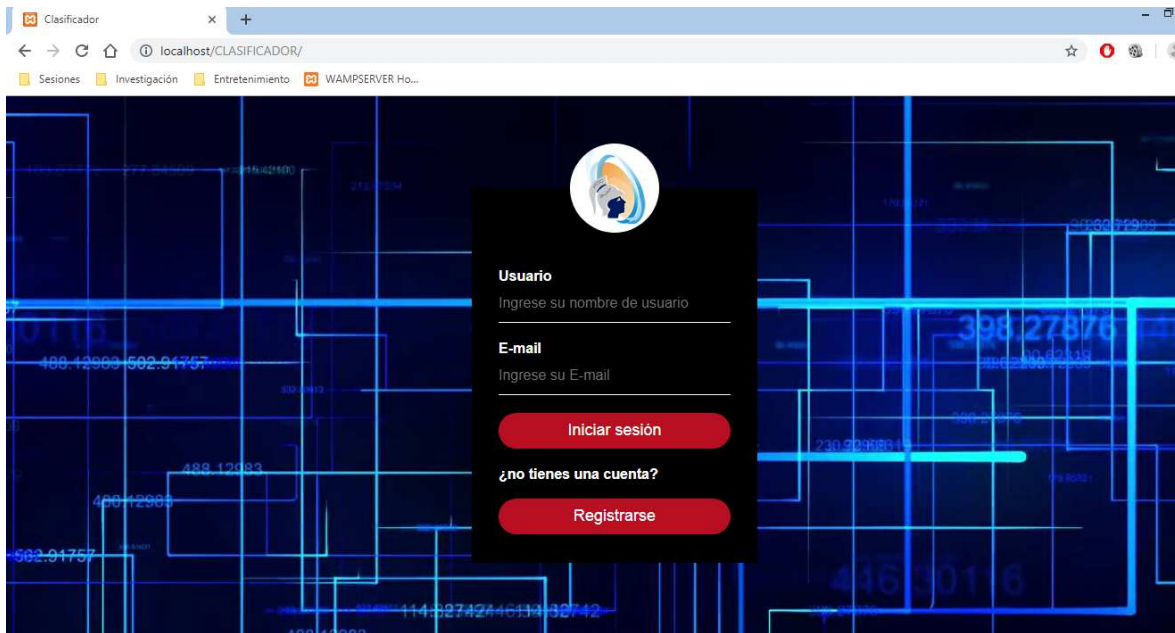


Figura 23: Página de inicio para el usuario cliente.

La página de inicio lleva a otras 2 páginas diferentes, dependiendo el caso, se dirige hacia la página de registro o al menú principal. Hablemos primero de la página de registro.

La página de registro se encarga de la creación de un nuevo usuario, en caso de que sea la primera vez que se intenta registrar uno, cuenta con un formulario para el registro y 2 botones, uno para confirmar el registro y el otro para volver al inicio. La siguiente figura muestra esta página.

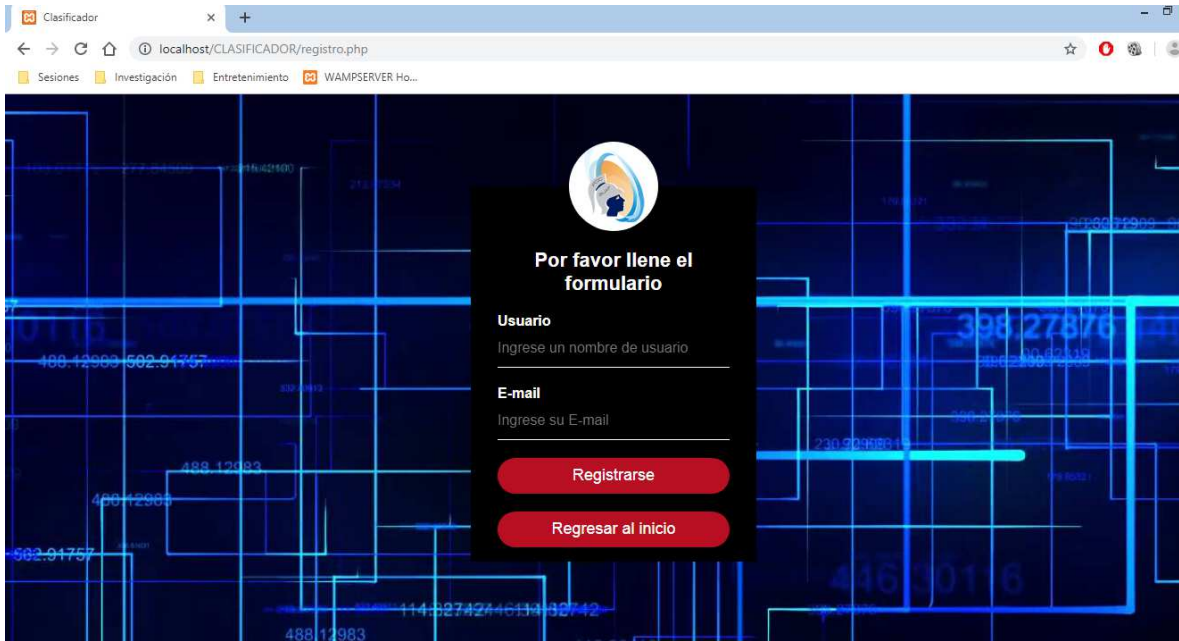


Figura 24: Página de registro para el usuario cliente.

En caso de que el registro sea exitoso, la página muestra un mensaje en el que lo confirma, y por ende, se dirige al menú principal, en caso contrario ya sea porque el nombre de usuario y/o el e-mail ya se encuentren registrados en la base de datos, o algún campo se encuentra vacío, aparece un pequeño diálogo indicando el error.

Ahora, en la página de inicio, se puede hacer el inicio de sesión, en caso de que el usuario ya se haya registrado con anterioridad, en el cual desde la página de inicio, solamente hay que llenar el formulario con los datos de usuario correspondientes y darle click al botón de iniciar sesión, si los datos son correctos, se dirige al menú principal, en caso contrario, indica con un pequeño dialogo sobre la página el error correspondiente.

Ya sea en caso de haberse registrado o iniciar sesión de manera exitosa, la aplicación dirige al usuario al menú principal, el cual viene personalizado con su nombre de usuario y su E-mail, esta página, cuenta con 4 botones indicando las diferentes opciones a las que el usuario se puede dirigir:

- Editar Usuario
- Capturar foto
- Consultar resultados
- Cerrar sesión

A continuación se muestra la página del menú principal.

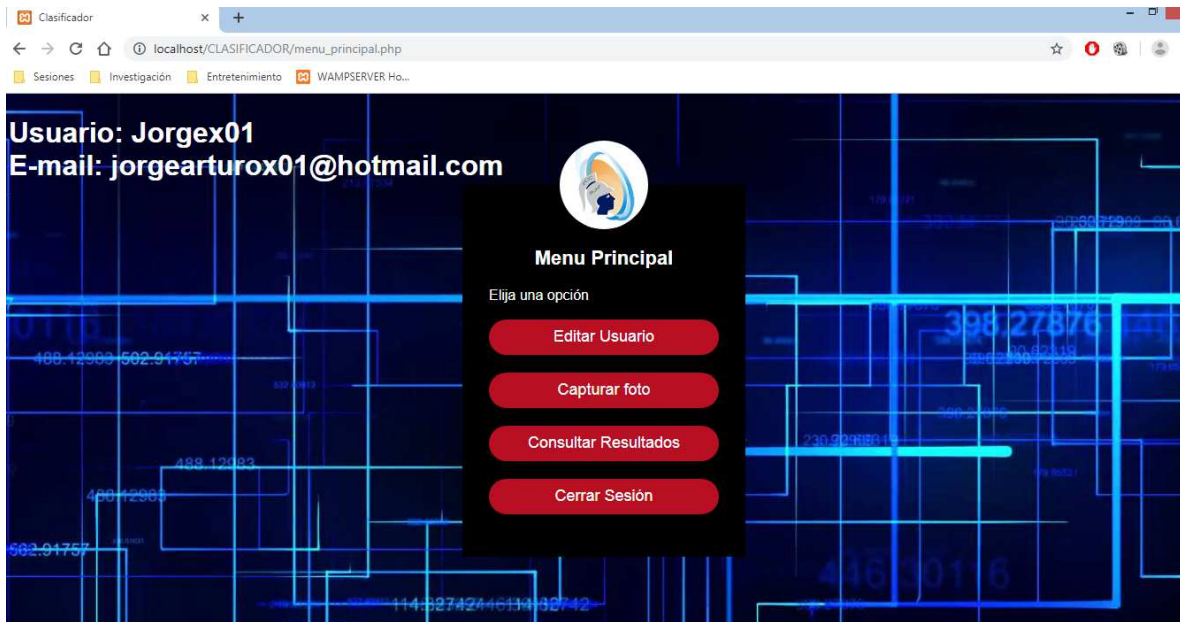


Figura 25: Página del menú principal para el usuario cliente.

A partir de esta página, las demás también vienen con el nombre y con el E-mail del usuario, en la esquina superior izquierda, con algunas excepciones en ciertas páginas.

La opción de editar usuario sirve para modificar el nombre y/o E-mail del usuario, en caso de que la edición sea exitosa, la aplicación se dirige a una página con un mensaje, indicando el caso exitoso, para después dirigirse al menú principal, en caso contrario, ya sea porque ambos datos se encuentran ya en la base de datos, o hay campos vacíos, la página muestra un pequeño dialogo indicando el error correspondiente; también si el usuario desea modificar solamente 1 de los 2 datos a editar, lo único que tiene que hacer es modificar el dato que desea, dejando el otro tal cual, de esta manera, la modificación solamente aplica al dato deseado.

La página de editar usuario cuenta con un formulario con campos editables, los cuales contienen los datos actuales del usuario, un botón de confirmar y un botón de regresar al menú, en caso de que el usuario decida no hacer cambios. La siguiente figura muestra la página de edición.

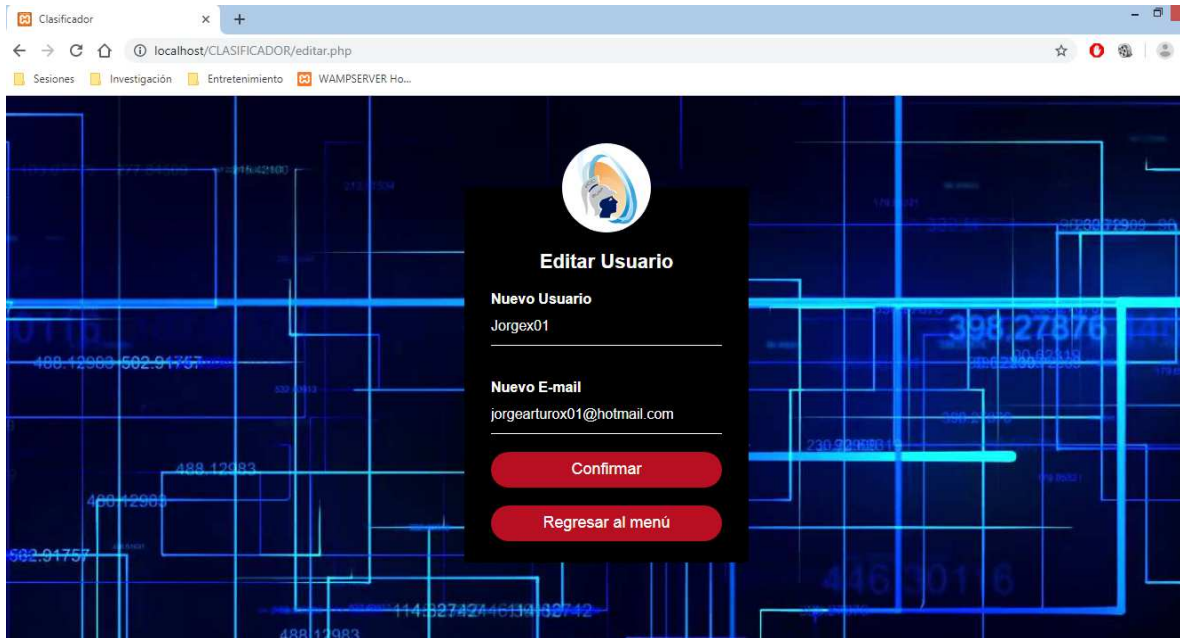


Figura 26: Página de editar usuario para el usuario cliente.

Regresando al menú principal, nos dirigimos a la opción de capturar foto, la cual funciona de la siguiente manera.

Al entrar a esta opción, en caso de contar con la cámara web, se muestra una ventana en la parte izquierda, en la que el usuario puede colocarse de manera que se pueda tomar la foto de su cara en tiempo real. La página cuenta con 2 botones, uno para cancelar y otro para capturar, además de la ventana en donde la webcam hace uso. La siguiente figura muestra esta página.

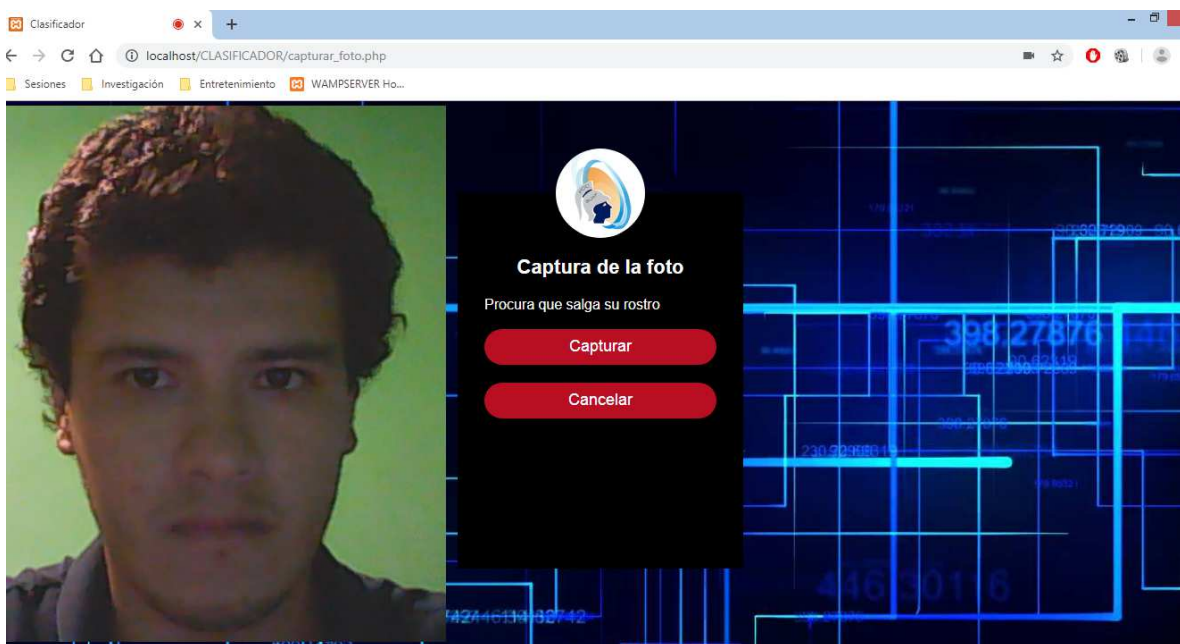


Figura 27: Página de capturar foto para el usuario cliente sin hacer captura todavía.

Cuando el usuario lo desee puede tomar la foto, cuando el usuario lo haga, la página muestra el resultado de la captura en el lado derecho, además de la aparición de un nuevo botón llamado confirmar, el cual sirve para enviar la foto al servidor, en caso de que el usuario quede satisfecho con la foto que se tomó; también permanece el botón de captura para volver a tomar la foto, ignorando la captura anterior, además del botón de cancelar para regresar al menú principal sin enviar algún dato al servidor. La siguiente figura muestra la página con lo anteriormente explicado.

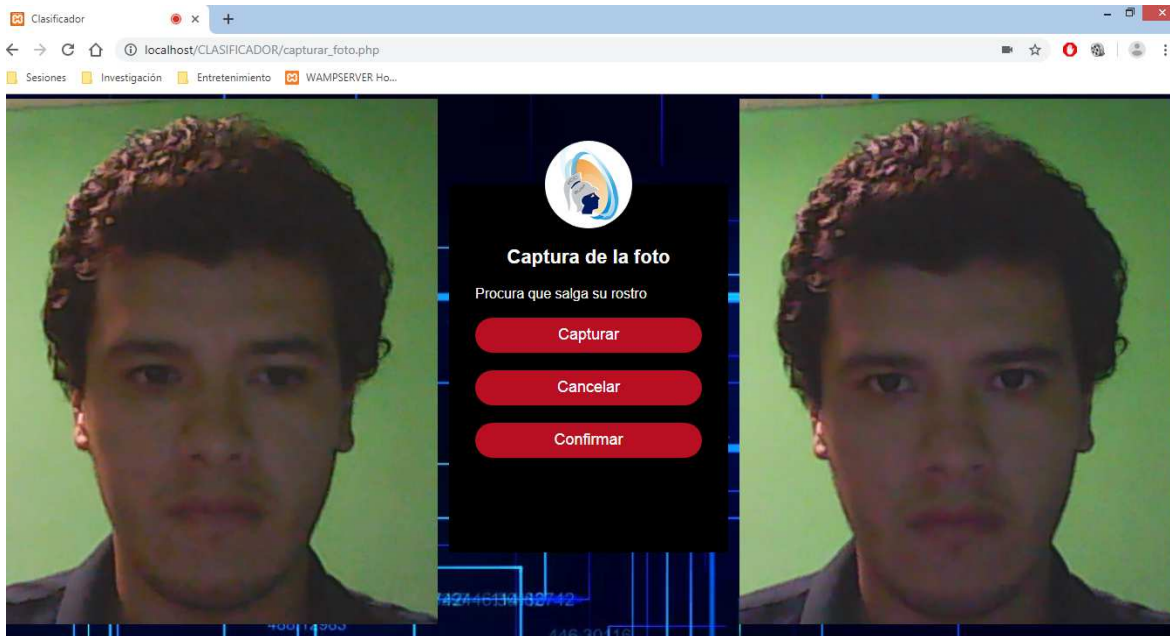


Figura 28: Página de capturar foto para el usuario cliente con una captura hecha.

Cabe mencionar que la calidad de la foto enviada, depende directamente de la webcam usada, además de que el uso de esta opción pide que el usuario conceda el permiso para usar la cámara web en esta página, en caso de no concederlo esta página no mostrara la ventana para tomarse la foto, por lo que el botón de capturar quedara inhabilitado, haciendo que el botón de cancelar sea el único que el usuario pueda usar.

La opción de consultar resultados tiene como objetivo mostrar al usuario una tabla de todas aquellas fotos que se haya tomado con anterioridad y hayan sido ya analizadas por el administrador en orden cronológico, es decir desde la primera que haya tomado hasta la última. A continuación se muestra la página de la consulta de resultados.

Clasificador x +

localhost/CLASIFICADOR/mostrar.php?

Sesiones Investigación Entretenimiento WAMPSEVER Ho...

Usuario: Jorgex01
E-mail: jorgearturox01@hotmail.com




TABLA DE RESULTADOS

# Foto	Foto	Ver Detalle
1		
2		

Figura 29: Página de resultados de las fotos del usuario.

Esta tabla cuenta con una vista previa en miniatura de la foto capturada, al darle click, se muestra la foto a detalle, la siguiente figura muestra la página de esa foto.

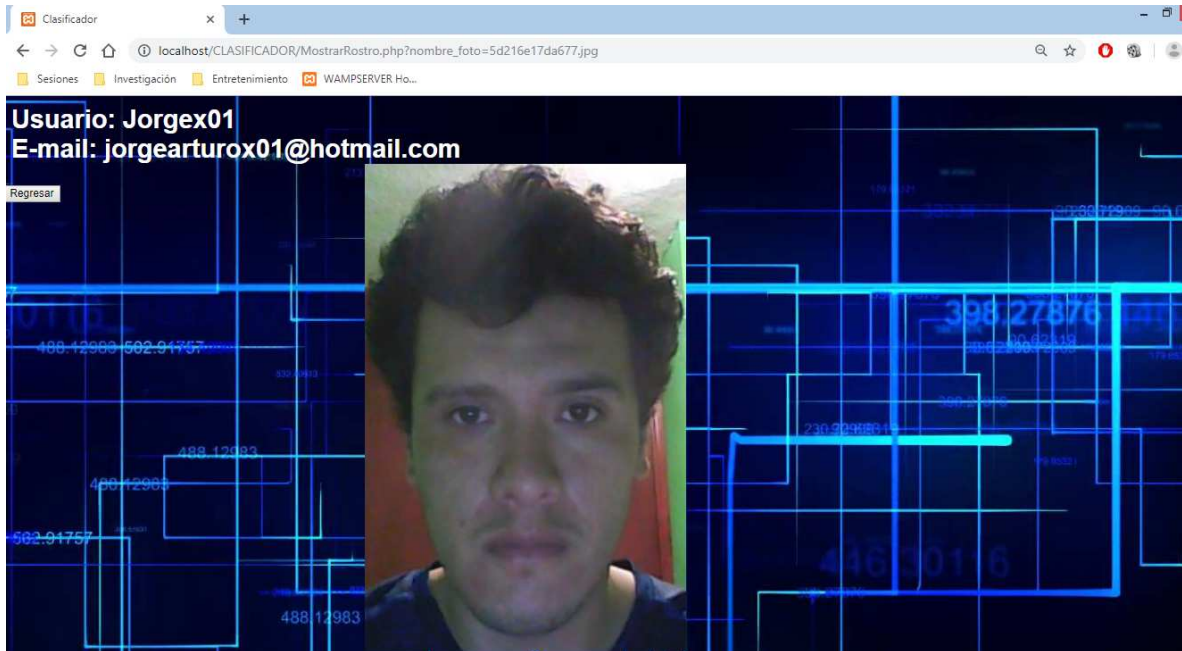


Figura 30: Detalle de la foto capturada.

Junto a la primera miniatura, se encuentra otra miniatura en donde su foto correspondiente, se muestra con sus respectivas medidas antropométricas capturadas, la cual se dirige hacia la vista correspondiente, al darle click, se muestra una página en donde muestra a detalle esta foto, junto a una tabla que contiene los datos acerca de las medidas antropométricas capturadas en la base de datos, la siguiente figura, muestra lo anteriormente explicado.

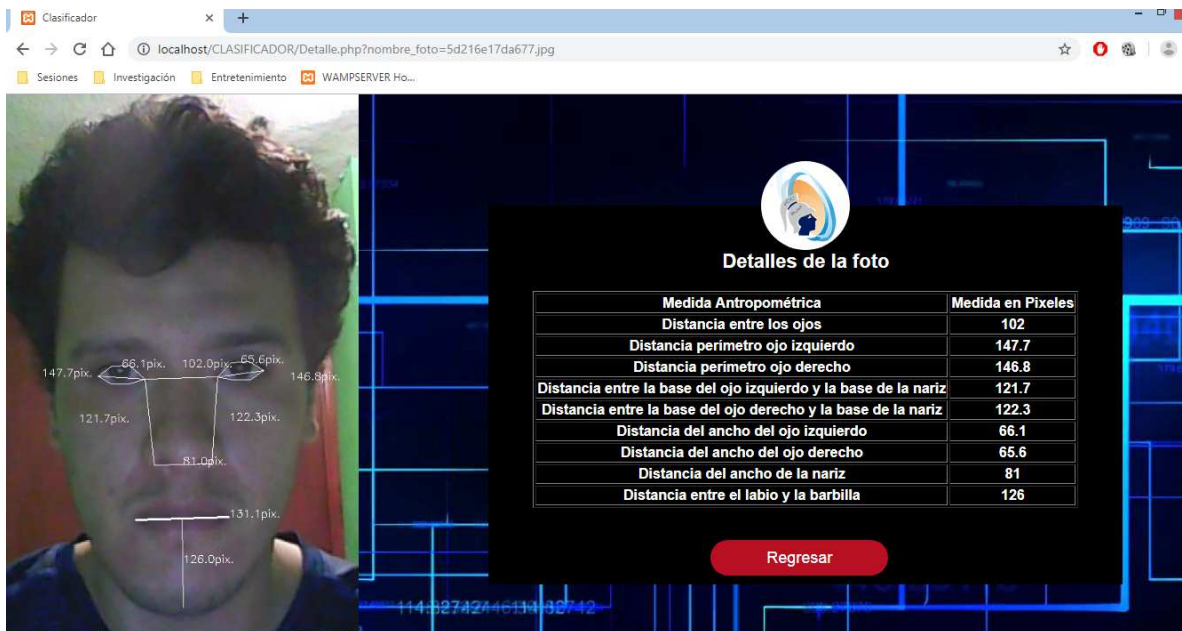


Figura 31: Foto y tabla con información de sus respectivas medidas antropométricas.

Finalmente, la opción de cerrar sesión, se encarga de redirigir la aplicación hacia la página principal, eliminando los datos de sesión del usuario que se encontraba usando esta aplicación, de esta manera, no se podrá volver al menú o a ninguna otra opción, a menos de que se inicie sesión nuevamente.

Anteriormente se menciona que se muestran las fotos analizadas, esto significa que existe un proceso que solamente el administrador puede hacer, para que el usuario cliente pueda ver sus respectivos resultados de las fotos que envió al servidor. En la sección Análisis y almacenamiento de las imágenes faciales, se explica a fondo este proceso.

Con esto concluye el uso para la aplicación web para el cliente, a continuación se muestran las interfaces de la aplicación web para el administrador, el cual cuenta las diferentes opciones de uso.

Interfaz para el Administrador

El administrador cuenta con las siguientes interfaces:

- Página del menú principal
- Página de captura de foto
- Página de consulta de resultados

La página del menú principal, es en este caso se considera también, la página de inicio (llamada index en la aplicación web), debido a que el administrador no requiere un inicio de sesión, se accede directamente a la aplicación, a continuación muestra una figura en donde se presenta esta página con sus respectivas opciones.

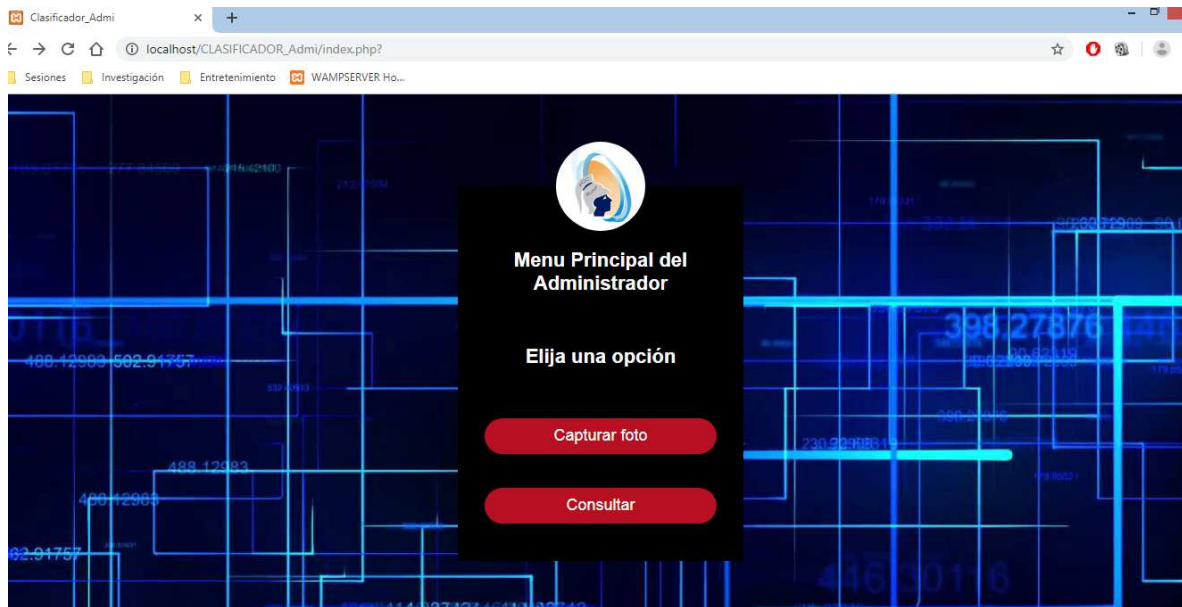


Figura 32: Página inicial para el Administrador.

Este menú cuenta con solamente 2 opciones:

- Capturar foto
- Consultar

La opción de capturar foto, realiza exactamente la misma acción que la interfaz para el cliente, es decir, se muestra del lado izquierdo un espacio que la webcam ocupa para que se le pueda tomar la foto y posteriormente enviarse a la base de datos, la diferencia entre esta función con respecto a la del cliente, es que esta página sirve para capturar fotos faciales de manera libre, es decir, es para capturar rostros de personas sin necesidad de un registro previo, fotos que son enviadas al servidor y cuyos datos son almacenados en la base de datos.

La opción de Consultar muestra una página con un menú diferente, cuyas opciones son las mismas que la serie de criterios de las que se hablan en secciones anteriores, los cuales son:

- La anchura de la nariz en su base debería medir igual que la de cada ojo.
- La distancia que separa ambos ojos es la medida de uno de ellos.
- La distancia de la base inferior de los ojos a la base de la nariz debería ser parecida a la distancia entre el labio superior y el extremo del mentón.
- Ver el perímetro total de cada ojo.

En la siguiente figura muestra se muestra la página de este menú.



Figura 33: Menú con la lista de criterios hablados en secciones anteriores.

En este menú, es en donde se hace uso del programa explicado en la sección de Programa clasificador de medidas antropométricas, anteriormente visto, a continuación se muestran algunos ejemplos de tablas con sus respectivos intervalos anteriormente explicados.

CRITERIO 1							
Id Usuario	No. foto	Ancho de la Nariz	Ojo Izquierdo	Ojo Derecho	Diferencia Nariz - ojo izquierdo	Diferencia Nariz-ojo derecho	Promedio de error
Muestras	1	74.1	70.1	70.6	4	3.5	3.8
Muestras	2	58.1	53	53.1	5.1	5	5.1
Muestras	3	54	57.3	57	3.3	3	3.2
Muestras	4	63.4	58.1	57.6	5.3	5.8	5.6
Muestras	5	68.3	60	61.3	8.3	7	7.7
Muestras	6	65.3	60.4	60	4.9	5.3	5.1
Muestras	7	59.1	55.3	53	3.8	6.1	5
Muestras	8	67.1	61	62.2	6.1	4.9	5.5
Muestras	9	74	62	59.4	12	14.6	13.3
Muestras	10	73.7	61.7	61	12	12.7	12.4
Muestras	11	69.2	61.3	58.1	7.9	11.1	9.5
Muestras	12	73	62.3	62	10.7	11	10.9
Muestras	13	69.3	65	63.8	4.3	5.5	4.9
Muestras	14	73.4	62	61	11.4	12.4	11.9
Muestras	15	69.4	57	54.7	12.4	14.7	13.6
Muestras	16	73	53.6	52.5	19.4	20.5	20
Muestras	17	76	66.1	64	9.9	12	11
Muestras	18	78	69	65	9	13	11
Muestras	19	82	64.1	64	17.9	18	18
Muestras	20	79.3	66.2	68.9	13.1	10.4	11.8
Muestras	21	80.1	61	60.4	19.1	19.7	19.4

Tabla 12: Valores obtenidos para el Criterio 1.

Esta tabla es un ejemplo de lo que el administrador vera al acceder a la opción del criterio 1, al final de esta tabla, lo que el administrador vera, es una lista de todos los usuarios registrados y no registrados, clasificados en diferentes tablas con respecto a un rango de error designado, indicado en la parte superior de cada tabla, en donde la personas con el rango de error mínimo, se encuentran en la primera tabla, después, las personas clasificadas en otro rango se muestran en otra tabla, este proceso se repite sucesivamente hasta cubrir todos los rangos posibles.

En esta lista al igual que en la aplicación para el cliente, se muestran 2 imágenes en miniatura, una de ellas muestra la foto a detalle al darle click, y la otra al ser seleccionada, muestra una página en donde muestra la misma foto, pero analizada, junto a una tabla que contiene los datos acerca de las medidas antropométricas capturadas en la base de datos.

A continuación se muestran algunas tablas de ejemplo de lo anteriormente explicado.

Rango de error de 3.2 a 9.7		
Rango de error	Foto	Foto Modificada
3.8		
5.1		
3.2		
5.6		

Tabla 13: Rostros con un rango de error de 3.2 a 9.7.

Rango de error de 9.8 a 16.2	
Rango de error	Foto Foto Modificada
13.3	 
12.4	 
10.9	 
11.9	 

Tabla 14: Rostros con un rango de error de 9.8 a 16.2.

Ahora que se ha mostrado la aplicación web, tanto para el cliente como el administrador y sus respectivos funcionamientos, es hora de hablar de la aplicación móvil, realiza las mismas funciones que la aplicación web, pero ahora con interfaces diseñadas para Smartphones con el sistema operativo Android.

Aplicación móvil

Se hizo una aplicación móvil la cual hace uso de la cámara trasera y/o frontal del celular para obtener la imagen de la cara, la fotografía es enviada remotamente hacia el servidor, en donde posteriormente será analizada.

Para la realización de esta aplicación se hace uso de las siguientes herramientas:

- Android Studio
- Java
- XML
- Xampp
- Php
- MySQL
- HTML
- Un navegador web
- Sublime Text
- Adobe Dreamweaver
- CSS

La aplicación se divide para cada diferente tipo de usuario:

- Cliente
- Administrador

Cabe destacar que al desarrollar una Aplicación en Android, estas tienen que llevar un nombre, así que para propósitos de distinción entre ambas aplicaciones, a la aplicación para el cliente se le llama:

- Etnias

Y a la aplicación para el administrador se le llama:

- Muestras

Al igual que en la aplicación web, para habilitar la gestión de los servicios web, así como la base de datos, es necesario ejecutar la paquetería XAMPP, de la misma forma anteriormente explicada.

Las aplicaciones móviles, cuentan también con interfaces de usuario, solo que en este caso, se les asigna el nombre de vistas, a continuación se muestran las vistas correspondientes tanto para el cliente como el administrador.

Vista para el Cliente

El cliente cuenta con las siguientes vistas:

- Vista de inicio
- Vista de registro de usuario
- Vista del menú principal
- Vista de edición de usuario
- Vista de captura de foto
- Página de consulta de resultados

La vista de inicio, se encuentra constituida por un formulario para iniciar sesión con campos que se deben llenar como el nombre de usuario y un E-mail, también cuenta con un botón de aceptar y otro botón para el registro de un nuevo usuario, al abrir esta aplicación, esta es la vista principal para el usuario cliente. La siguiente figura muestra esta vista.

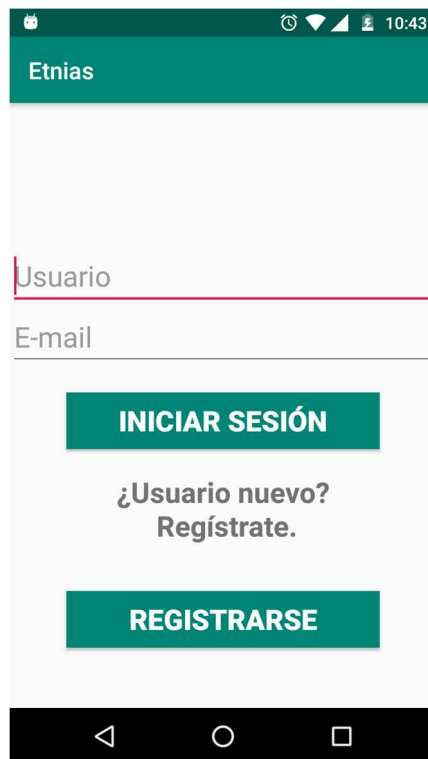


Figura 34: Vista de inicio para la aplicación del cliente.

La vista de inicio lleva a otras 2 vistas diferentes, dependiendo el caso, se dirige hacia la vista de registro o al menú principal. Hablemos primero de la vista de registro.

La vista de registro se encarga de la creación de un nuevo usuario, en caso de que sea la primera vez que se intenta registrar uno, cuenta con un formulario para el registro y 2 botones, uno para confirmar el registro y el otro para volver al inicio. La siguiente figura muestra esta vista.

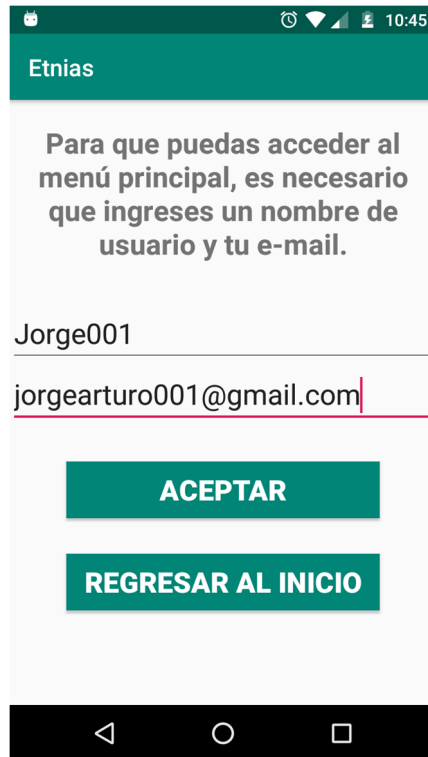


Figura 35: Vista de registro para el cliente.

En caso de que el registro sea exitoso, se dirige al menú principal del usuario recientemente creado, y también se muestra un pequeño mensaje en el que lo confirma, a continuación se presenta esta vista.



Figura 36: Registro exitoso para el cliente.

En caso contrario ya sea porque el nombre de usuario y/o el e-mail ya se encuentren registrados en la base de datos, o algún campo se encuentra vacío, o también no hay conexión con el servidor, aparece un pequeño mensaje indicando el error. A continuación se muestran las vistas de lo anteriormente explicado.

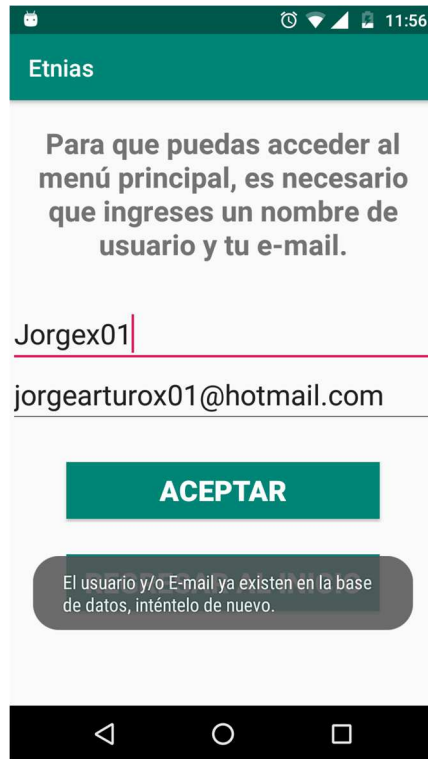


Figura 37: Caso de error en donde los datos ya existen en la base.

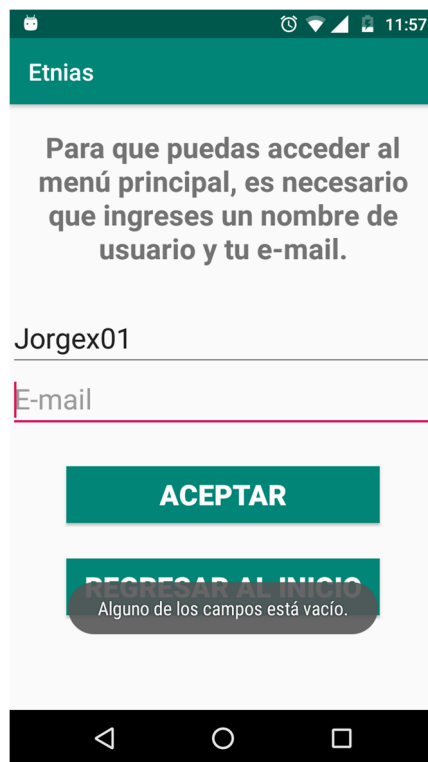


Figura 38: Caso de error en donde algún campo está vacío.

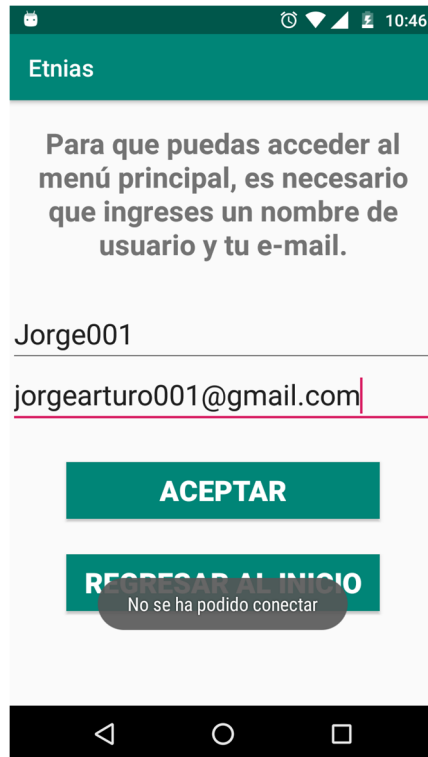


Figura 39: Caso de error en donde no se puede conectar con el servidor.

Ahora, en la vista de inicio, se puede hacer el inicio de sesión, en caso de que el usuario ya se haya registrado con anterioridad, en el cual desde la vista de inicio, solamente hay que llenar el formulario con los datos de usuario correspondientes y seleccionar la opción de iniciar sesión, si los datos son correctos, se dirige al menú principal, en caso contrario, indica con un pequeño mensaje indicando el error correspondiente.

Ya sea en caso de haberse registrado o iniciar sesión de manera exitosa, la aplicación dirige al usuario al menú principal, esta vista, cuenta con 4 botones indicando las diferentes opciones a las que el usuario se puede dirigir:

- Editar Usuario
- Tomar foto
- Consultar resultados
- Cerrar sesión

A continuación se muestra la vista del menú principal.

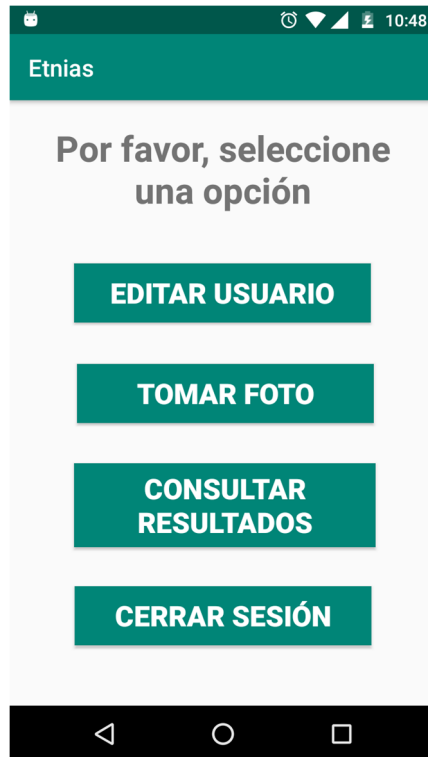


Figura 40: Vista del menú principal para el cliente.

La opción de editar usuario sirve para modificar el nombre y/o E-mail del usuario, en caso de que la edición sea exitosa, la aplicación se dirige al menú principal, y también muestra un pequeño mensaje, indicando el caso exitoso en caso contrario, ya sea porque ambos datos se encuentran ya en la base de datos, o hay campos vacíos, la página muestra un pequeño mensaje indicando el error correspondiente; también si el usuario desea modificar solamente 1 de los 2 datos a editar, lo único que tiene que hacer es modificar el dato que desea, dejando el otro tal cual, de esta manera, la modificación solamente aplica al dato deseado.

La página de editar usuario cuenta con un formulario con campos editables, los cuales contienen los datos actuales del usuario, un botón de confirmar y un botón de regresar al menú, en caso de que el usuario decida no hacer cambios. La siguiente figura muestra la vista de edición y también la vista del menú principal con un pequeño mensaje indicando el caso exitoso.

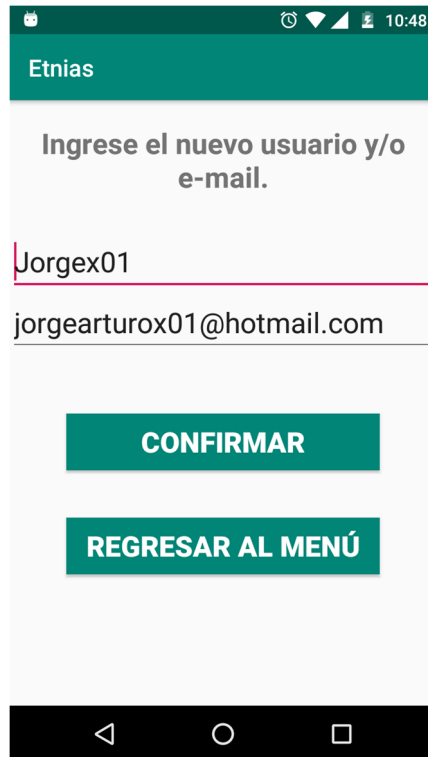


Figura 41: Vista de edición para el cliente.

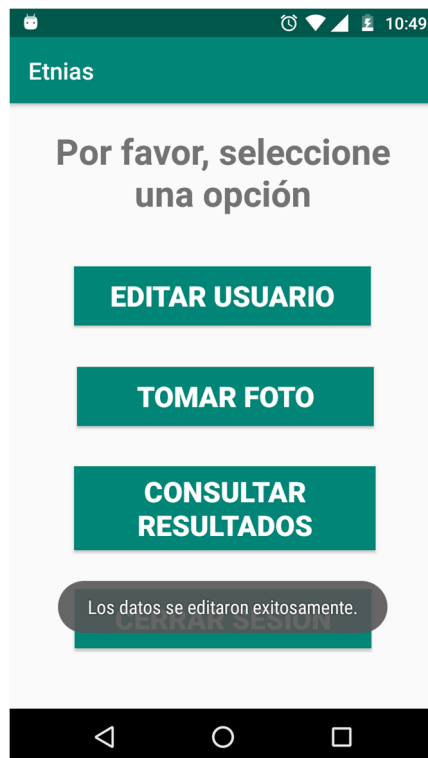


Figura 42: Edición exitosa.

Regresando al menú principal, nos dirigimos a la opción de tomar foto, la cual funciona de la siguiente manera.

Se habilita la cámara para el celular, mostrando un pequeño mensaje sugiriendo que el usuario procure enfocar su rostro, a continuación se muestra la vista de lo anteriormente explicado.

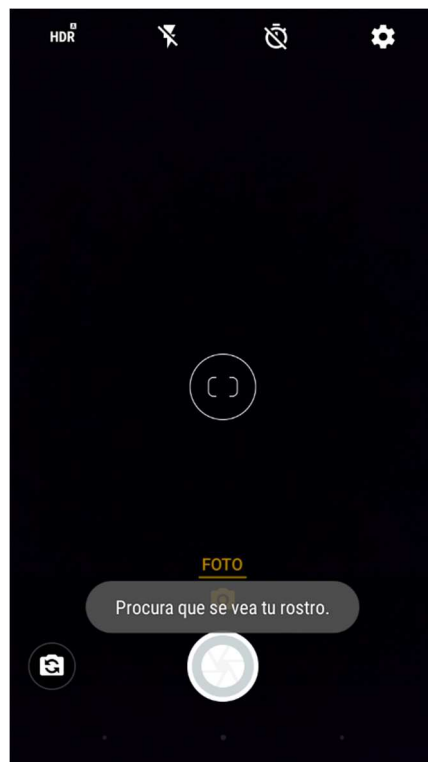


Figura 43: Vista de la opción tomar foto.

Después, la cámara se habilita para tomarse la foto, cabe destacar que dependiendo del modelo del celular, algunos cuentan con 2 cámaras, una frontal y una trasera, se puede usar cualquiera de las 2 cámaras, la calidad de la foto depende de la calidad de la cámara usada; ahora, a continuación se muestra el uso de la cámara para que la persona se pueda tomar la foto, nótese que también los celulares actuales cuentan con reconocedor facial por defecto.

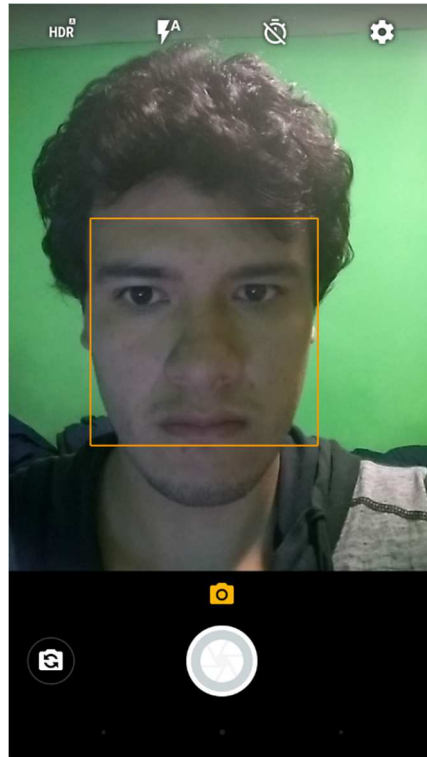


Figura 44: Uso de la cámara frontal del celular.

Una vez realizada la captura, la aplicación muestra una vista previa de la captura, en la cual el usuario va a confirmar si esta es la foto que desea enviar al servidor, en caso contrario, regresara de nuevo a la vista de la cámara, a continuación se muestra la vista anteriormente explicada.

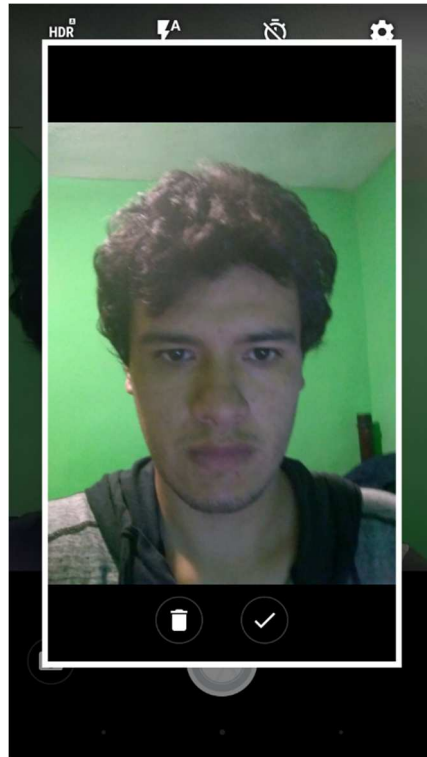


Figura 45: Vista previa de la foto que se desea enviar al servidor.

Finalmente, la aplicación pide confirmar una vez más, si la foto tomada, es la que desea enviar al servidor, ahora aparece una vista con la foto tomada, y otros 2 botones, uno para subir foto y otro para cancelar.

El botón de subir foto envía la foto hacia el servidor, el botón de cancelar, regresa al usuario al menú. En caso de que el envío sea exitoso, la aplicación se dirige hacia el menú principal, indicando con un pequeño mensaje el caso exitoso, en las siguientes figuras se muestra todo lo explicado anteriormente.



Figura 46: Vista para confirmar el envío de la foto al servidor.



Figura 47: La foto fue enviada al servidor exitosamente.

Cabe destacar que el uso de esta opción pide que el usuario conceda el permiso para el almacenamiento interno de archivos multimedia, en caso de no concederlo, la foto igual se captura, pero no la enviara al servidor, indicando el error correspondiente.

La opción de consultar resultados muestra al usuario una tabla de todas aquellas fotos que se haya tomado con anterioridad y hayan sido ya analizadas por el administrador en orden cronológico, es decir desde la primera que haya tomado hasta la última.

Esta es la única opción de todo el menú que va a redirigir al cliente hacia una página web, mostrando los resultados de la misma manera que con la aplicación web, pero con una página web adaptada para verse con el celular. A continuación se muestra la página de la consulta de resultados.



Figura 48: Página web de consulta de resultados vista desde el celular.

Esta tabla cuenta con una vista previa en miniatura de la foto capturada, al seleccionarla, se muestra la foto a detalle, la siguiente figura muestra la página de esa foto.



Figura 49: Foto mostrada desde el servidor en el teléfono.

Junto a la primera miniatura, se encuentra otra miniatura en donde su foto correspondiente, se muestra con sus respectivas medidas antropométricas capturadas, la cual se dirige hacia la página correspondiente, al seleccionar esta imagen, se dirige a una página en donde muestra a detalle esta foto, a continuación se muestra esta página.



Figura 50: Página de la foto analizada.

Debajo de la página anterior se muestra una tabla que contiene los datos acerca de las medidas antropométricas capturadas en la base de datos, con su respectivo botón de regresar a la página anterior, la siguiente figura muestra lo anteriormente explicado.

Medida Antropométrica	Medida en Píxeles
Distancia entre los ojos	102
Distancia perímetro ojo izquierdo	147.7
Distancia perímetro ojo derecho	146.8
Distancia entre la base del ojo izquierdo y la base de la nariz	121.7
Distancia entre la base del ojo derecho y la base de la nariz	122.3
Distancia del ancho del ojo izquierdo	66.1
Distancia del ancho del ojo derecho	65.6
Distancia del ancho de la nariz	81
Distancia entre el labio y la barbilla	126

Figura 51: Página con la información de las medidas antropométricas para el cliente.

Finalmente, la opción de cerrar sesión, se encarga de redirigir la aplicación hacia la página principal, conservando los datos de sesión del último usuario que se encontraba usando esta aplicación, de esta manera, al usuario se le facilitara iniciar sesión nuevamente sin tener que ingresar sus datos de sesión nuevamente.

Con esto concluye el uso para la aplicación móvil para el cliente, a continuación se muestran las vistas de la aplicación móvil para el administrador.

Vista para el Administrador

El administrador cuenta con las siguientes vistas:

- Vista del menú principal
- Vista para tomar foto
- Página de consulta de resultados

La vista del menú principal, es en este caso se considera también, la página de inicio, debido a que el administrador no requiere un inicio de sesión, se accede directamente a la aplicación, a continuación muestra una figura en donde se presenta esta vista con sus respectivas opciones.



Figura 52: Vista del menú principal para el administrador.

Este menú cuenta con solamente 3 opciones:

- Tomar foto
- Consultar criterios
- Salir

La opción de tomar foto, realiza exactamente la misma acción que la vista para el cliente, es decir, se presenta una vista que usa la cámara para tomarse la foto, al hacer la captura pide confirmar 2 veces antes de enviar esa foto al servidor, confirmando con un pequeño mensaje el caso exitoso; la diferencia entre esta función con respecto a la del cliente, es que esta vista sirve para capturar fotos faciales de manera libre, es decir, es para capturar rostros de personas sin necesidad de un registro previo, fotos que son enviadas al servidor y cuyos datos son almacenados en la base.

La opción de Consultar muestra una vista con un menú diferente, cuyas opciones son las mismas que la serie de criterios de las que se hablan en secciones anteriores, los cuales son:

- La anchura de la nariz en su base debería medir igual que la de cada ojo.
- La distancia que separa ambos ojos es la medida de uno de ellos.
- La distancia de la base inferior de los ojos a la base de la nariz debería ser parecida a la distancia entre el labio superior y el extremo del mentón.
- Ver el perímetro total de cada ojo.
- Regresar

En la siguiente figura muestra se muestra la vista de este menú.

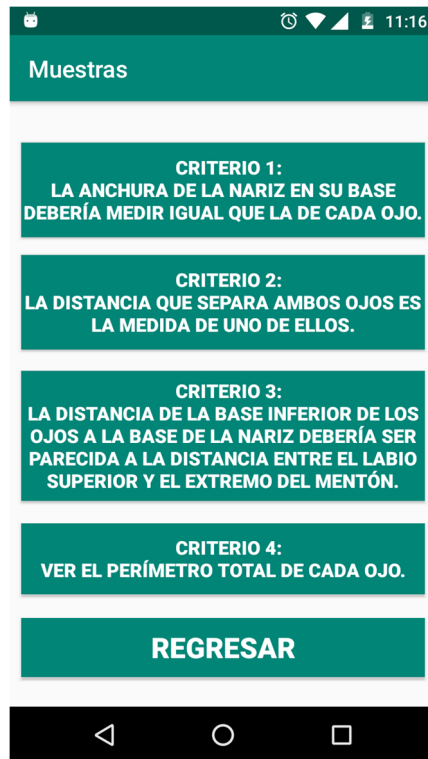


Figura 53: Vista del menú de criterios para el administrador.

En este menú, es en donde se hace uso del programa explicado en la sección de Programa clasificador de medidas antropométricas, anteriormente visto, a continuación se muestran algunos ejemplos de tablas con sus respectivos intervalos anteriormente explicados.

The screenshot shows a mobile application interface. At the top, there is a status bar with the time 11:23 and various icons. Below that is a browser address bar showing '192.168.1.73/CLASIFICADOR'. The main content is a table titled 'CRITERIO 1' with the following columns: 'Id Usuario', 'No. Foto', 'Ancho de la Nariz', 'Ojo Izquierdo', 'Ojo Derecho', 'Diferencia Nariz - ojo Izquierdo', 'Diferencia Nariz - ojo derecho', and 'Promedio de error'. The table contains 37 rows of data, each representing a user sample. Below the table, there is a section titled 'Rango de error de 3.2 a 9.7' with columns: 'Usuario', 'Rango de error', 'Foto', and 'Foto Modificada'. This section shows two columns of photos, one original and one analyzed.

Figura 54: Página que muestra la tabla del criterio 1 para el administrador vista desde el celular.

Esta tabla es un ejemplo de lo que el administrador vera al acceder a la opción del criterio 1, al final de esta tabla, lo que el administrador vera, es una lista de todos los usuarios registrados y no registrados, clasificados en diferentes tablas con respecto a un rango de error designado, indicado en la parte superior de cada tabla, en donde la personas con el rango de error mínimo, se encuentran en la primera tabla, después, las personas clasificadas en otro rango se muestran en otra tabla, este proceso se repite sucesivamente hasta cubrir todos los rangos posibles.

En esta lista al igual que en la aplicación para el cliente, se muestran 2 imágenes en miniatura, una de ellas muestra la foto a detalle al darle click, y la otra al ser seleccionada, muestra una página en donde muestra la misma foto, pero analizada, junto a una tabla que contiene los datos acerca de las medidas antropométricas capturadas en la base de datos.

A continuación se muestran algunas páginas de ejemplo de todo lo anteriormente explicado.

Rango de error de 3.2 a 9.7			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	3.8		
Muestras	5.1		
Muestras	3.2		
Muestras	5.6		
Muestras	7.7		

Figura 55: Página que muestra rostros con rango de error de 3.2 a 9.7 visto desde el celular.

Rango de error de 9.8 a 16.2			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	13.3		
Muestras	12.4		
Muestras	10.9		
Muestras	11.9		
Muestras	13.6		

Figura 56: Página que muestra rostros con rango de error de 9.8 a 16.2 visto desde el celular.



Figura 57: Foto mostrada desde el servidor en el teléfono en la aplicación del administrador.



Figura 58: Página de la foto analizada en la aplicación del administrador.

Medida Antropométrica	Medida en Pixeles
Distancia entre los ojos	99.1
Distancia perímetro ojo izquierdo	151.5
Distancia perímetro ojo derecho	152.8
Distancia entre la base del ojo izquierdo y la base de la nariz	101.4
Distancia entre la base del ojo derecho y la base de la nariz	101.3
Distancia del ancho del ojo izquierdo	70.1
Distancia del ancho del ojo derecho	70.6
Distancia del ancho de la nariz	74.1
Distancia entre el labio y la barbilla	117

Figura 59: Página con la información de las medidas antropométricas para el administrador visto desde el celular.

Finalmente, la opción de salir coloca la aplicación en segundo plano, en el momento que el administrador la vuelva a abrir, esta se reinicia, actualizando los datos.

Cabe destacar que aunque parezca un poco antiestético ver páginas web desde el celular, las pantallas de los Smartphones al ser táctiles ofrecen diversas características para verlas a detalle, como por ejemplo ampliar la página con tan solo usar los dedos, también ofrece un poco más de practicidad, puesto que los Smartphones son más cómodos de usar que una laptop y/o PC.

Con esto se da por concluido el desarrollo de las aplicaciones hechas tanto para la web y para el Smartphone, desarrolladas tanto para el cliente y el administrador respectivamente.

A continuación se mencionan algunas pruebas que se aplicaron en el sistema.

Pruebas del sistema

En la sección anterior, se habló de la implementación de los programas en las respectivas aplicaciones web y móviles para su uso, debido a que las aplicaciones solamente sirven para la captura de fotos y la visualización de resultados, en esta sección se habla de las pruebas aplicadas al programa que realiza el análisis de las fotos, los resultados se mostrarán en forma de tabla desde la aplicación del administrador.

Las pruebas se realizaron a algunas personas voluntarias de la facultad de Ciencias de la Computación para la captura de las fotos faciales, en la siguiente figura, se muestran algunas de las fotos originales que fueron utilizadas para probar el programa.

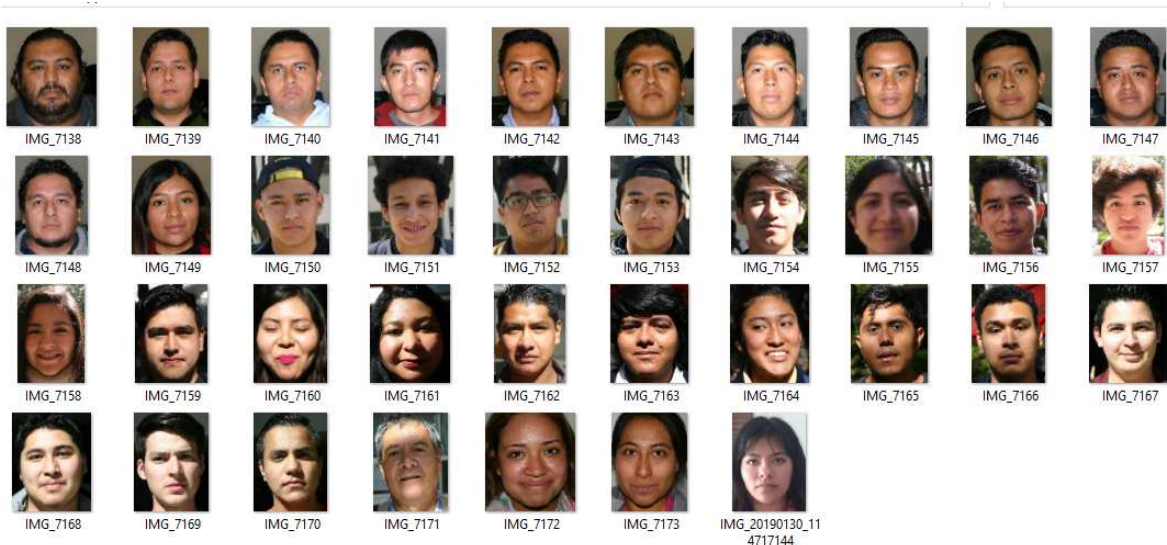


Figura 60: Muestras de rostros usadas en la aplicación.













Las fotos en la figura anterior, fueron obtenidas desde una cámara digital, después fueron puestas a trabajar con el programa que realiza el análisis de las fotos faciales (véase capítulo 4).

Al realizar sus respectivos análisis, se muestra que varios de los rostros, de acuerdo al tamaño de sus respectivas medidas antropométricas, fueron clasificados en diferentes grupos, cabe destacar que entre halla más rostros, también habrá más grupos en donde estos se clasifiquen, a continuación se muestra un ejemplo de las pruebas realizadas con algunos criterios tomados en cuenta.

Para este ejemplo, se tomara en cuenta el Criterio 2 y 3, mencionados anteriormente.

El criterio 2 dice: “La distancia que separa ambos ojos es la medida de uno de ellos”.

A continuación se muestran los resultados de las pruebas obtenidas en el criterio 2.

Rango de error de 19.6 a 25.7			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	22.1		
Muestras	24		
Muestras	19.6		
Muestras	24.1		
Muestras	24.8		
Muestras	22.4		








Muestras	22.6		
Muestras	24.9		
Muestras	20.3		

Figura 61: Rostros con rango de error de 19.6 a 25.7.

Rango de error de 25.8 a 31.8			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	28.8		
Muestras	29.8		
Muestras	28.4		
Muestras	28.4		
Muestras	29		
Muestras	27.9		





























Muestras	30.8		
Muestras	29		
Muestras	25.9		
Muestras	30.5		
Muestras	26.5		
Muestras	26.9		
Muestras	26.6		
Muestras	27.9		

Figura 62: Rostros con rango de error de 25.8 a 31.8.

Rango de error de 31.9 a 37.9			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	33.1		
Muestras	34.4		
Muestras	34.8		
Muestras	33		
Muestras	34		
Muestras	37.4		




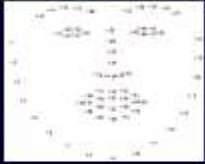




Muestras	34.3		
Muestras	33.6		
Muestras	34.4		
Muestras	37.2		

Figura 63: Rostros con rango de error de 31.9 a 37.9.

El criterio 3 dice: “La distancia de la base inferior de los ojos a la base de la nariz debería ser parecida a la distancia entre el labio superior y el extremo del mentón”

A continuación se muestran los resultados de las pruebas obtenidas en el criterio 3.











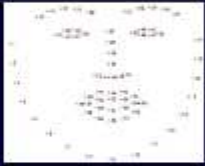





Rango de error de 2.4 a 13.2			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	7.1		
Muestras	9.6		
Muestras	11.2		
Muestras	2.4		
Muestras	12.1		
Muestras	6.2		

Figura 64: Rostros con rango de error de 2.4 a 13.2.

Rango de error de 13.3 a 24			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	15.7		
Muestras	21		
Muestras	16.1		
Muestras	21.1		
Muestras	23.4		
Muestras	22		




















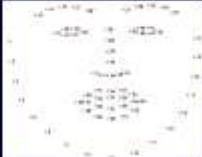








Muestras	23.1		
Muestras	20.8		
Muestras	19.4		
Muestras	18.2		
Muestras	18.6		
Muestras	18.8		
Muestras	16.1		
Muestras	19.3		

Figura 65: Rostros con rango de error de 13.3 a 24.

Rango de error de 24.1 a 34.8			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	32.5		
Muestras	30.8		
Muestras	28.6		
Muestras	26.9		
Muestras	30.1		
Muestras	25.5		











Muestras	28.6		
Muestras	25.2		
Muestras	31.7		
Muestras	25.6		
Muestras	29.5		

Figura 66: Rostros con rango de error de 24.1 34.8.

Rango de error de 34.9 a 45.6			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	35.1		
Muestras	35.1		
Muestras	38.9		
Muestras	44.7		

Figura 67: Rostros con rango de error de 34.9 a 45.6.


Rango de error de 45.7 a 56.4			
Usuario	Rango de error	Foto	Foto Modificada
Muestras	48.1		
Muestras	49.2		

Figura 68: Rostros con rango de error de 45.7 a 56.4.

Como se puede notar, en el criterio 2 los rostros se clasifican en ciertos grupos, tomando como parámetro el rango de error, explicado en capítulos anteriores, entre

más grande es el rango de error en el rostro este se clasifica en otros grupos, ahora en el criterio 3 se realiza la clasificación de la misma manera, en donde se muestran más grupos que en el anterior criterio, con esto se puede notar algunas conclusiones:

Hay algunos rostros los cuales tienen un rango de error mínimo en el criterio 2, pero aparecen con un rango de error más grande en el criterio 3.

También se puede observar hay rostros clasificados con rango de error mayor en el criterio 2, pero aparecen clasificados con rango de error mínimo en el criterio 2.

De la misma manera hay algunos rostros que en ambos criterios se encuentran clasificados dentro de los grupos de rango de error mínimo y otros que se encuentran clasificados en grupos de rango de error más grande en ambos criterios.

Y finalmente se puede observar que existen muchos rostros clasificados dentro en un mismo grupo, por lo menos en uno de los criterios, lo cual demuestra la similitud entre ellos.

Conclusiones

Este proyecto llevo una serie de pasos los cuales fueron desglosados capítulo por capítulo para su mayor entendimiento, en esta sección se habla de las ventajas que tiene recopilar medidas antropométricas faciales desde la perspectiva de diversos campos de estudio, así como una breve explicación de los resultados obtenidos en este proyecto.

Con esta herramienta como trabajo futuro será posible poblar la base de datos de rostros étnicos y establecer las características de cada etnia.

La medicina forense es una rama de la medicina que estudia el origen de las heridas provocadas o encontradas en un cuerpo, principalmente en los cadáveres para así poder determinar las causas que provocaron la muerte.

De los resultados que se obtengan en las ciencias forenses depende la credibilidad que se tenga por la misma, por esta razón se necesitan herramientas que contribuyan para el desarrollo de esta profesión.

Aunque ya se encuentran varias herramientas en el mercado que ayudan a la antropometría forense, querer buscar mejorar el rendimiento y los resultados de las mismas son una necesidad para contribuir con una destacable labor de los profesionales que desempeñan dicha labor.

La elaboración de un software que recopile información de las medidas antropométricas faciales, puede ser una herramienta muy útil para el cumplimiento de este objetivo [26].

La importancia del estudio antropométrico se aplica también para el rendimiento en el 'running'.

Dentro de las medidas básicas a tener en cuenta en las antropometrías, se encuentran el peso, la talla y la envergadura. Otras métricas fundamentales para poder valorar la capacidad de rendimiento de un deportista y, lo que es más importante, el riesgo de sufrir lesiones fundamentalmente musculares, son las mediciones de los pliegues cutáneos de diferentes localizaciones.

La antropometría es, por tanto, una herramienta muy útil en el ámbito de la prevención de las lesiones deportivas, y en concreto en las lesiones de los miembros inferiores en los corredores de medias y largas distancias [27].

La antropometría es un método incruento (que no produce o muestra derramamiento de sangre) y poco costoso, aplicable en todo el mundo, para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano. Por otra parte, como el crecimiento en los niños y las dimensiones del cuerpo en todas las edades

reflejan la salud y el bienestar generales de los individuos y las poblaciones, también se puede emplear la antropometría para predecir el rendimiento, salud y la supervivencia.

Estas aplicaciones son importantes para las decisiones clínicas y de salud pública que afectan la salud y el bienestar social de los individuos y las poblaciones.

La antropometría también incluye el pronóstico de quien se beneficiara con las intervenciones, la identificación de desigualdades económicas y sociales y la evaluación de las respuestas a las intervenciones.

A nivel de los individuos, se usa la antropometría para identificar a las personas que necesitan una consideración especial o para evaluar la respuesta de esa persona a alguna intervención.

Tanto en las poblaciones, como en los individuos, las principales decisiones para las cuales se usan los datos antropométricos se vinculan con los tipos de intervención que se prevén. Entre las aplicaciones típicas figuran las decisiones sobre la necesidad o no de programas de intervención, a quienes deben estar dirigidos los programas y cuál será su naturaleza [28].

En este proyecto, se recolectaron diversas medidas antropométricas faciales de diferentes personas, al ser analizadas se llega a notar que ciertos grupos de personas comparten similitudes entre sí, por lo cual si son clasificables.

También se llega a concluir que entre más muestras faciales llegan a la base de datos, hay más posibilidades de recibir personas con características faciales nuevas, por lo cual también hasta puede modificar tanto el tamaño del intervalo de los rangos y el número de grupos del clasificador, además de que también ayuda a hacerlo cada vez más preciso.

Bibliografía

- [1] wikipedia.org, «Sistema de reconocimiento facial,» mayo 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_reconocimiento_facial#Aplicaciones. [Último acceso: mayo 2019].
- [2] D. Pissarenko, «Eigenface-based facial recognition,» 1 Diciembre 2002. [En línea]. Available: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.13.233&rep=rep1&type=pdf>. [Último acceso: Septiembre 2018].
- [3] OpenCV, «Face Detection using Haar Cascades,» [En línea]. Available: https://docs.opencv.org/3.4/db/d28/tutorial_cascade_classifier.html. [Último acceso: Mayo 2019].
- [4] W. Berger, «Deep Learning Haar Cascade Explained,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.willberger.org/cascade-haar-explained/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [5] Unipython, «Detección de rostros, caras y ojos con Haar Cascad,» 5 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://unipython.com/deteccion-rostros-caras-ojos-haar-cascad/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [6] A. Rosebrock, «Facial landmarks with dlib, OpenCV, and Python,» Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://www.pyimagesearch.com/2017/04/03/facial-landmarks-dlib-opencv-python/>. [Último acceso: Septiembre 2018].
- [7] pichara.cl, «Estudio del rostro: Visagismo,» pichara, 1 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://www.pichara.cl/peluquerosyestilistas/estudio-del-rostro-visagismo/>. [Último acceso: Septiembre 2018].
- [8] E. Marini, «El Modelo Cliente/Servidor,» Octubre 2012. [En línea]. Available: <https://www.linuxito.com/docs/el-modelo-cliente-servidor.pdf>. [Último acceso: Junio 2019].
- [9] sparxsystems, «Sparx Systems - Tutorial UML 2 - Diagrama de Actividades,» 2019. [En línea]. Available: http://www.sparxsystems.com.ar/resources/tutorial/uml2_activitydiagram.html. [Último acceso: Junio 2019].
- [10] OpenCV.org, «OpenCV,» 2019. [En línea]. Available: <https://opencv.org/about/>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [11] Python.org, «The Python Wiki,» 16 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://wiki.python.org/moin/>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [12] dlib.net, «Dlib C++ Library,» 10 Marzo 2019. [En línea]. Available: <http://dlib.net/>. [Último acceso: Agosto 2019].

- [13] MySQL, «Chapter 1 Introduction to MySQL Connector/Python,» 2019. [En línea]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/connector-python/en/connector-python-introduction.html>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [14] pyInstaller.org, «PyInstaller,» 19 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.pyinstaller.org/>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [15] apachefriends.org, «About the XAMPP project,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.apachefriends.org/es/about.html>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [16] www.php.net, «¿Qué es PHP?,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [17] MySQL, «About MySQL,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.mysql.com/about/>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [18] developer.mozilla.org, «HTML,» 2019. [En línea]. Available: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTML>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [19] wikipedia.org, «Sublime Text,» 5 Agosto 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Sublime_Text. [Último acceso: Agosto 2019].
- [20] wikipedia.org, «Adobe Dreamweaver,» 3 Agosto 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Adobe_Dreamweaver. [Último acceso: Agosto 2019].
- [21] developer.mozilla.org, «CSS,» 2019. [En línea]. Available: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/CSS>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [22] Android Developers, «Introducción a Android Studio,» Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://developer.android.com/studio/intro>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [23] Android Developers, «Volley overview,» Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://developer.android.com/training/volley>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [24] Oracle Corporation, «¿Qué es Java?,» Agosto 2019. [En línea]. Available: https://www.java.com/es/about/what-is_java.jsp. [Último acceso: Agosto 2019].
- [25] developer.mozilla.org, «Introducción a XML,» 25 Julio 2019. [En línea]. Available: https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/XML/Introducción_a_XML. [Último acceso: Agosto 2019].
- [26] Monografias Plus, «Antropometría Forense,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/docs/Antropometria-Forense-F3Q9K5TFC8UNZ>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [27] QUIRÓNSALUD, «La importancia del estudio antropométrico para el rendimiento en el 'running',» 3 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.elconfidencial.com/alma->

corazon-vida/running/2017-03-02/estudio-antropometrico-running-masa-corporal_1330986/. [Último acceso: Septiembre 2019].

- [28] Organización Mundial de la Salud, «El estado físico: uso e interpretación de la antropometría,» 1995. [En línea]. Available: https://www.who.int/childgrowth/publications/physical_status/es/. [Último acceso: Septiembre 2019].