

**Universidad Internacional de La Rioja
Máster universitario en Ingeniería de Software y
Sistemas Informáticos**

Plataforma de
Servicio de
Identificación
Biométrica Facial

Trabajo Fin de Máster

Tipo de trabajo: Desarrollo práctico

Presentado por: CAICEDO GONZÁLEZ, JOSÉ LUIS

Director/a: QUEMADA MAYORAL, CARLOS

Ciudad: Bogotá

Fecha: 14/02/2019

Resumen

El control de asistencia es una herramienta que permite contabilizar el tiempo de permanencia de una persona en las instalaciones de una organización y en el mercado se encuentra una amplia diversidad de alternativas que van desde utilizar el tradicional reloj lector de tarjetas hasta la aplicación de técnicas de identificación biométrica; entre estas tecnologías se presentan típicas desventajas como la limitada capacidad de almacenamiento, restricciones de crecimiento o requieren asistencia personalizada por parte del proveedor para su instalación.

La propuesta del proyecto es desarrollar una plataforma para ofrecer el servicio de control de asistencia mediante identificación biométrica facial resolviendo las desventajas mencionadas a través de las capacidades de la computación en la nube. Utilizando los modelos de la metodología OMT se presenta el diseño de la estructura de un sistema escalable, diseñado para ofrecer un servicio a la medida de las necesidades de la organización donde la adquisición del servicio se realiza bajo la auto gestión del cliente.

Palabras Clave: biométrico facial nube, control asistencia, reconocimiento rostros

Abstract

The control of attendance is a tool that allows to count the time of permanence of a person in the facilities of an organization and in the market there is a wide diversity of alternatives that go from using the traditional clock card reader to the application of biometric identification techniques; among these technologies there are typical disadvantages such as limited storage capacity, growth restrictions or require personalized assistance from the provider for installation.

The proposal of the project is to develop a platform to offer the service of assistance control through biometric facial identification solving the mentioned disadvantages through the capabilities of cloud computing. Using the models of the OMT methodology, the design of the structure of a scalable system is presented, designed to offer a service tailored to the needs of the organization where the acquisition of the service is carried out under the self-management of the client.

Keywords: biometric facial cloud, attendance control, face recognition.

Índice de contenidos

Índice de figuras.....	9
1. Introducción.....	11
1.1 Justificación	12
1.2 Planteamiento del trabajo.....	13
1.3 Estructura de la memoria.....	14
2. Contexto y estado del arte.....	15
2.1. Contextualización	15
2.1.1 Tecnologías Identificación Biométrica	15
2.1.1.1 Tipos de biometría.....	16
2.1.1.1.1 Biometría fisiológica	16
2.1.1.1.2 Biometría de comportamiento.....	17
2.1.2 Sistema Biométrico Facial	20
2.1.2.1 Métodos de reconocimiento facial	20
2.1.2.2 Tecnologías para Reconocimiento Facial	24
2.1.3 Computación en la Nube	25
2.1.3.1 Software Como Servicio	27
2.2. Soluciones Tecnológicas	28
2.2.1 i-Faces Planígrafo	28
2.2.2 FEVOX Software de Registro de Acceso.....	29
2.2.2 Detec Ingeniería - Control De Asistencia Y Acceso	30
2.3. Conclusiones Sobre Estado del Arte.....	31
3. Objetivos concretos y metodología de trabajo	33
3.1. Objetivo general.....	33
3.2. Objetivos específicos	33
3.2. Metodología del trabajo	34

4. Desarrollo específico de la contribución	35
4.1. Pruebas de Concepto	35
4.2. Análisis Orientado a Objetos.....	38
4.2.1. Definición del Problema.....	38
4.2.1.1 Especificación de requerimientos	38
4.2.1.1.1 Suscripción.....	39
4.2.1.1.2 Administración.....	40
4.2.1.1.3 Perfil.....	41
4.2.1.1.4 Identificación Biométrica Facial	41
4.2.1.2 Diagrama de requerimientos	42
4.2.2. Modelo de objetos	42
4.2.2.1 Diagrama de Clases	43
4.2.2.2 Descripción de clases.....	44
4.2.3. Modelo Dinámico.....	49
4.2.3.1 Diagramas de Secuencia	49
4.2.3.1.1 Diagrama de Secuencia de Suscripción	49
4.2.3.1.2 Diagrama de Secuencia de Registro persona.....	51
4.2.3.1.3 Diagrama de Secuencia de Reconocimiento	52
4.2.3.2 Diagramas de Estados	53
4.2.3.2.1 Diagrama de Estado de Suscripción.....	53
4.2.3.2.2 Diagrama de Estado de Registro persona	54
4.2.3.2.3 Diagrama de Estado de Reconocimiento.....	55
4.2.4. Modelo Funcional	56
4.2.4.1 Caso de Uso	56
4.2.4.1.1 Caso de uso de Suscripción	56
4.2.4.1.2 Caso de uso de Administración	57
4.2.4.1.3 Caso de uso de Reconocimiento	57
4.3. Diseño Orientado Objetos.....	58

4.3.1. Diseño de Subsistemas.....	59
4.3.2.1 Diagrama de Componentes de Negocio.....	59
4.3.2.1 Diagrama de Componentes de Arquitectura.....	59
4.3.3 Diseño de Paquetes.....	61
4.3.3.1 Diagramas de Paquetes de Administración.....	61
4.3.3.2 Diagrama de Paquetes de Identificación.....	62
4.3.3.3 Diagrama de Paquetes de Terminal.....	63
4.3.4 Diseño de Objetos y Aplicación de Patrones.....	64
4.3.4.1 Diagrama de Paquetes y Clases de Administración.....	65
4.3.4.2 Diagrama de Paquetes y Clases de Identificación.....	67
4.3.4.3 Diagrama de Paquetes y Clases de Terminal.....	70
4.3.5 Diseño de Mensajes.....	71
4.3.5.1 Diagrama de Comunicación.....	71
4.3.5.2 Diagrama de Despliegue.....	73
4.3.6 Decisiones de Arquitectura.....	75
4.4. Esquema de Seguridad.....	77
4.5. Pruebas.....	79
4.5.1. Pruebas de Software.....	79
4.5.1.1 Elementos de Prueba.....	79
4.5.1.2 Tipos de Prueba.....	79
4.5.1.3 Recursos de Software.....	80
4.5.2. Casos de Pruebas de Software.....	81
5. Conclusiones y trabajo futuro.....	90
5.1. Conclusiones.....	90
5.2. Líneas de trabajo futuro.....	92
6. Bibliografía.....	93
Anexos.....	94
Anexo I. Artículo.....	94

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen Ventajas y Desventajas de Técnicas Identificación Biométrica	18
Tabla 2. Conceptos Sobre Evaluación de Rekognition	36
Tabla 3. Conceptos Sobre Evaluación de OpenCV	36
Tabla 4. Conceptos Sobre Evaluación de Luxand FaceSDK	37
Tabla 5. Resultado Prueba de Concepto	38
Tabla 6. Descripción Clase Administrador	44
Tabla 7. Descripción Clase Empresa	44
Tabla 8. Descripción Clase Persona Jurídica	45
Tabla 9. Descripción Clase Persona Natural	45
Tabla 10. Descripción Clase Paquete de Servicio	45
Tabla 11. Descripción Clase Tarifa de Servicio	46
Tabla 12. Descripción Clase Intervalo Terminal	46
Tabla 13. Descripción Clase Intervalo Persona	46
Tabla 14. Descripción Clase Intervalo Tiempo	47
Tabla 15. Descripción Clase Factura.....	47
Tabla 16. Descripción Clase Detalle.....	47
Tabla 17. Descripción Clase Terminal Biométrico	48
Tabla 18. Descripción Clase Persona	48
Tabla 19. Descripción Clase Facial	48
Tabla 20. Descripción Clase Registro Reconocimiento	49
Tabla 21. Descripción de los componentes de arquitectura.....	60
Tabla 22. Descripción de Framework a utilizar	64
Tabla 23. Descripción de Diagrama de Paquetes y Clases de Administración	67
Tabla 24. Descripción de Diagrama de Paquetes y Clases de Identificación.....	69
Tabla 25. Descripción de Diagrama de Paquetes y Clases de Terminal.....	71

Tabla 26. Descripción de Diagrama de Comunicación	72
Tabla 27. Descripción de Diagrama de Despliegue	74
Tabla 28. Lista de Elementos de Prueba.....	79
Tabla 29. Descripción de Pruebas de Integridad	80
Tabla 30. Descripción de Pruebas Funcionales.....	80
Tabla 31. Lista de Herramientas.....	80
Tabla 32. Caso de Prueba Registro Cuenta	81
Tabla 33. Caso de Prueba Registro Usuario	82
Tabla 34. Caso de Prueba Registro Empresa	83
Tabla 35. Caso de Prueba Armar Paquete	83
Tabla 36. Caso de Prueba Pago de Servicio	84
Tabla 37. Caso de Prueba Crear Terminal	86
Tabla 38. Caso de Prueba Crear Persona.....	87
Tabla 39. Caso de Prueba Identificación Biométrica Facial	89

Índice de figuras

Figura 1 Equipo VF300 de reconocimiento facial con software embebido	19
Figura 2 . Identificación en el reconocimiento facial.....	21
Figura 3 .Verificación en el reconocimiento facial	21
Figura 4 .Proceso del reconocimiento facial	24
Figura 5. Solución i-Faces Planígrafo.....	29
Figura 6. Solución FEVOX Software de Registro de Acceso	30
Figura 7. Detec Ingeniería - Control De Asistencia Y Acceso	31
Figura 8. Procesos OMT.	35
Figura 9. Diagrama de requerimientos	42
Figura 10. Diagrama de clases.....	43
Figura 11. Diagrama de secuencia de Suscripción.....	50
Figura 12. Diagrama de secuencia de Registro persona	51
Figura 13. Diagrama de secuencia de Reconocimiento.....	52
Figura 14. Diagrama de Estado de Suscripción.....	53
Figura 15. Diagrama de Estado de Registro persona	54
Figura 16. Diagrama de Estado de Reconocimiento.....	55
Figura 17. Caso de uso de Suscripción	56
Figura 18. Caso de uso de Administración	57
Figura 19. Caso de uso de Reconocimiento	58
Figura 20. Diagrama de Componentes de Negocio.....	59
Figura 21. Diagrama de Componentes de Arquitectura.....	60
Figura 22. Diagramas de Paquetes de Administración	62
Figura 23. Diagrama de Paquetes de Identificación	63
Figura 24. Diagrama de Paquetes de Terminal	64
Figura 25. Diagrama de Paquetes y Clases de Administración	66

Figura 26. Diagrama de Paquetes y Clases de Identificación.....	68
Figura 27. Diagrama de Paquetes y Clases de Terminal.....	70
Figura 28. Diagrama de Comunicación	72
Figura 29. Diagrama de Despliegue	74
Figura 30. Registro Cuenta	81
Figura 31. Registro Cuenta	82
Figura 32. Registro Usuario.....	82
Figura 33. Registro Empresa.....	83
Figura 34. Arma Paquete	84
Figura 35. Pago de Factura.....	85
Figura 36. Pago Electrónico.	86
Figura 37. Crea Terminal.....	87
Figura 38. Crea Persona	88
Figura 39. Captura de rostro	88
Figura 40. Acceso a Terminal.....	89
Figura 41. Identificación Biométrica Facial	90

1. Introducción

En los últimos años en muchos países ha crecido el interés por la utilización de diferentes tecnologías de reconocimiento biométrico, dado que proporcionan mayor fiabilidad en la identificación de la persona respecto a métodos tradicionales. Las tecnologías en este campo principalmente utilizan métodos de identificación a través de huellas dactilares, reconocimiento facial, voz, iris en una gran diversidad de aplicaciones como identificación de pasaportes en migración, control de ingreso a áreas restringidas, monitoreo de personas en eventos deportivos, consulta de antecedentes, búsqueda de personas entre otros, por ejemplo China [1] cuenta la red de cámaras equipadas con reconocimiento facial más grande del mundo.

Sin embargo, el reconocimiento biométrico continúa presentando desafíos. Las características físicas de las personas si bien son únicas, pueden cambiar con el tiempo, en el aspecto técnico se encuentran problemas de confiabilidad, reducidas precisiones de reconocimiento en ciertos entornos, extracción de características complicadas, altos costos de configuración y problemas de rendimiento. En el campo de desarrollo de soluciones de identificación biométrica, generalmente estas se encuentran estrechamente ligadas en relación al hardware y software utilizado; como cámaras especializadas, lectores de huellas con drivers específicos al sistema operativo, librerías específicas para una gama de marcas de dispositivos.

La técnica de reconocimiento facial, donde identifica o verifica automáticamente la identidad de la persona utilizando sus características faciales, con sus ventajas y desventajas está siendo la más acogida respecto a las técnicas mencionadas. En soluciones para control de ingresos generalmente se implementa mediante equipo (hardware) con su software embebido teniendo restricciones de cobertura y a nivel de servicios se disponen funcionalidades en línea para desarrollo de aplicaciones. En este panorama aún se encuentra una brecha de servicios de identificación biométrica facial para ser utilizados por usuarios finales.

Soportado en las capacidades de la computación en la nube y la disponibilidad de componentes para implementación de identificación biométrica facial la propuesta es desarrollar un sistema dispuesto como una plataforma en la nube para la autogestión por parte de los usuarios finales en la adquisición del servicio de identificación biométrica facial,

de forma que se habilita y automatiza el aprovisionamiento de los recursos acorde a las necesidades del cliente y auto gestión del servicio.

1.1 Justificación

En la investigación sobre las soluciones tecnológicas aplicando el reconocimiento facial es bastante amplio, a manera de citar las más relevantes se encuentra: el sistema de seguridad para identificación de delincuentes prófugos de la justicia [2] denominado “Facefirst”, sistemas [3] para el control de inmigrantes en aeropuertos, sistema de control de acceso de áreas restringidas (gimnasios, conjunto residencial, empleados de una compañía) como también el control de acceso para sistemas de información, sistema de identificador de clientes para un almacén de venta artículos, sistema de registro de visitantes.

Basados en el reconocimiento facial dependiendo de las necesidades del caso se definen los requerimientos funcionales y en consecuencia los requisitos técnicos a su medida, por ejemplo aplicaciones para identificación de delincuentes en aeropuertos cuentan con grandes sistemas expuestos en la nube mientras que aplicaciones de menor escala como el control de ingreso de empleados utilizan un dispositivo con hardware y software limitado.

El proyecto aborda el campo de aplicación de “control de asistencia” utilizado en la recepción de una edificación comúnmente en centros empresariales y entidades de gobierno para registrar e identificar la entrada y salida de su personal. En este tipo de soluciones con necesidades usualmente comunes, en la implementación técnica se encuentran instalaciones como: cámara IP de alto costo, sistemas incorporan el hardware y software en un solo dispositivo, son escalables mediante la asistencia de personal técnico para su adecuación como extenderse a través de una intranet o la red global de Internet con el costo de disponer de una IP real, y aplicaciones tipo escritorio, que se instalan en una sola máquina utilizando la cámara web del PC. Otras posibilidades son proveedores que ofrecen soluciones de reconocimiento facial en la nube, bajo una asistencia técnica personalizada para ofrecer un desarrollo a la medida.

La propuesta del proyecto es desarrollar un sistema multiempresa, como una plataforma dispuesta en la nube para ofrecer el servicio de registro de personas mediante identificación facial, en el cual las organizaciones puedan obtener un servicio a la medida de sus necesidades sin necesidad de la asistencia de personal técnico para instalación de la solución como equipos especializados y configuraciones de red. En el mercado se

encuentran soluciones de fácil instalación tanto equipos (con cámara y software embebido) como aplicaciones de escritorio. Sin embargo, están limitados a las capacidades de cómputo y almacenamiento del hardware provisto, en este sentido al ofrecer un servicio más que un producto, el servicio es escalable, es decir, la organización puede demandar mayores capacidades del sistema bajo una nueva tarifa a la medida del consumo de los recursos mayor o inferior, aprovechando de manera óptima su inversión.

1.2 Planteamiento del trabajo

La propuesta del proyecto es desarrollar una plataforma dispuesta en la nube para ofrecer el servicio de control de ingreso de personas mediante identificación facial dirigido a organizaciones que tienen varios puntos de acceso en sus instalaciones y requieren llevar un registro de entradas y salidas de su personal, donde la interacción de la organización para adquirir y demandar del servicio se realiza sin la asistencia de personal técnico o acompañamiento del proveedor.

En este sentido la empresa (cliente potencial de plataforma), sigue un proceso básico e intuitivo, inicia con el registro de la persona responsable de la contratación del servicio, registrar los datos de la empresa, escoger las características del servicio de identificación biométrica conforme a sus necesidades delimitadas por: cantidad de terminales para identificación, cantidad de personas a identificar y tiempo de demanda del servicio, de esta forma se determina el volumen de capacidades y características del servicio a utilizar y finalmente realizar el pago electrónico del servicio.

Al realizar el pago del servicio, se habilita el servicio para entrar en operación donde el administrador de la empresa cliente del servicio registra las personas que serán identificadas por su rostro suministrando foto y datos personales.

Una vez concluido el registro de la persona, se puede iniciar la sesión en la terminal para realizar la identificación de la persona, donde sin interacción física con la interfaz de usuario, las personas se presentan frente a la cámara web y automáticamente el sistema realiza identificación por sus rasgos faciales, generando el respectivo registro del evento.

Realizada la identificación de las personas, el administrador del sistema puede obtener un reporte de las entradas y salidas del personal con fecha y hora. La cantidad de terminales y registro de personas están sujetos a las características del servicio contratado por la empresa cliente.

1.3 Estructura de la memoria

De acuerdo a la estructura del documento, a continuación se presenta una descripción del contenido de los siguientes capítulos.

Capítulo 2. Contexto y estado del arte

En este capítulo se contextualiza sobre las diferentes tecnologías de identificación biométrica, una comparativa en sus ventajas y desventajas. Sobre la técnica de "identificación biométrica facial" las diferentes alternativas de implementación desde un punto de vista tecnológico y arquitectónico respecto a las características técnicas para desarrollar una solución al alcance del usuario final. También se abordan los modelos de utilizados sobre la computación en la nube a fin de articular las características que debe cumplir una solución en esta plataforma. Finalmente se describe una comparativa de las soluciones típicas respecto a la propuesta.

Capítulo 3. Objetivos concretos y metodología de trabajo

En este capítulo mediante la definición del objetivo general y objetivos específicos se enmarca el propósito del proyecto. Mediante la metodología propuesta se hace referencia a las características de la misma para establecer la forma de trabajo de forma organizada y disciplinada desarrollando una labor de ingeniería.

Capítulo 4. Desarrollo específico de la contribución

En este capítulo se presentan los artefactos de ingeniería sobre el desarrollo de software como son: los requisitos funcionales, modelos de la arquitectura y diseño del sistema, la aplicación de patrones de diseño, la descripción de la toma de decisiones de arquitectura, consideraciones para un desarrollo seguro, pruebas y resultados.

Capítulo 5. Conclusiones y trabajo futuro

Al finalizar el proyecto en este capítulo se presenta un análisis sobre los resultados obtenidos mediante las pruebas. A través de la experiencia y aprendizaje se presenta la proyección de futuros proyectos.

2. Contexto y estado del arte

Este capítulo se compone de tres partes: primero una contextualización (donde presenta los aspectos generales en el campo de la identificación biométrica, las características de la identificación biométrica facial; características de la computación en la nube y las tecnologías base útiles en el desarrollo de soluciones de reconocimiento facial), en la segunda parte se presenta un referente sobre soluciones tecnológicas disponibles en el mercado orientadas al cliente final que abordan el campo de aplicación tomado en el proyecto, finalmente en la tercera parte se presentan las conclusiones donde se expone el aporte, innovación de la propuesta del proyecto en comparación con las soluciones referenciadas.

2.1. Contextualización

2.1.1 Tecnologías Identificación Biométrica

Con el propósito de contextualizar acerca de los sistemas de identificación biométrica se presentan las generalidades, descripción de algunas técnicas con sus ventajas y desventajas para finalmente hacer una comparativa a fin de presentar las ventajas de la técnica abordada en este trabajo.

[4] "El concepto biometría proviene de las palabras bio (vida) y metría (medida)". Por consiguiente se infiere que todo equipo biométrico mide e identifica alguna característica particular de una persona. La biometría es un método de reconocimiento de personas basado en sus características fisiológicas o de comportamiento, que pueden ser utilizadas para identificar o verificar la identidad del individuo, este proceso es similar al que realiza el ser humano al reconocer e identificar a sus congéneres por sus características físicas.

En las últimas décadas se han realizado avances tecnológicos desde la parte del hardware para la captura de las características físicas, hasta en la parte lógica en el desarrollo de algoritmos más eficientes para el procesamiento de los datos, logrando automatizar y perfeccionar los procesos de reconocimiento biométrico, de manera que actualmente se encuentra una amplia variedad de recursos para implementación y aplicaciones finales.

En los sistemas biométricos se encuentran dos procesos la identificación y la verificación.

El proceso de identificación es una operación de combinación de uno-a-muchos, donde el usuario no precisa confirmar quién es, el sistema captura los datos biométricos de la persona e intenta encontrar una coincidencia con los diferentes registros de datos biométricos de todas las muestras almacenadas. Cuando es encontrado el sistema identifica quién es.

En el proceso de verificación, es una operación de combinación de uno-a-uno (1:1), el usuario confirma quién es, el sistema captura una nueva muestra de los datos biométricos y los compara con los datos previamente registrados, si encuentra coincidencia el usuario es “verificado” confirma quien dice ser [5].

2.1.1.1 Tipos de biometría

Desde el enfoque de medición, la modalidad del funcionamiento, la biometría se puede categorizar en dos grupos: biometría fisiológica y biometría de comportamiento.

2.1.1.1.1 Biometría fisiológica

Es un tipo de biometría que se basa en una característica física de una persona. Algunos ejemplos de biometría física son los sistemas de reconocimiento de huellas dactilares, facial, geometría de la mano, retina, iris entre otros. A continuación se presenta una breve descripción de algunas de estas técnicas [5].

La identificación basada en huella dactilar es la más antigua de las técnicas biométricas, usualmente es un sistema que se compone de escáner de huellas dactilares el cual obtiene y escanea una imagen del dedo de la persona, el sistema transforma la imagen en un mapa donde distingue sobre las líneas de las huellas los patrones de las aristas de arco y las crestas para posterior análisis y comparación. Esta técnica tiene como ventajas su alta tasa de precisión y facilidad de uso. En sus desventajas: se encuentra limitada para personas con dermatitis (presentan huellas no legibles), también en casos como personas de tercera edad y niños no presentan huellas reconocibles [5].

El reconocimiento facial identificación o verificación de la identidad de una persona utiliza sus rasgos faciales. El proceso de reconocimiento facial implica detectar la cara extrayéndola del resto de la imagen de la persona, los sistemas de reconocimiento facial

utilizan algoritmos para analizar las características físicas de la cara de una persona, el rostro humano tiene diferentes puntos nodales que pueden ser medidos, estos puntos nodales son: Distancia entre los ojos, tamaño y forma de los ojos, ancho y forma de la nariz, la forma de los pómulos, el ángulo de la mandíbula. En sus ventajas es no intrusivo, es decir, no hay contacto de la persona con el dispositivo, como desventajas la persona debe encontrarse libre de accesorios que pueda obstruir sus rasgos faciales [5].

Reconocimiento mediante geometría de la mano, se utiliza la forma de la mano para confirmar la identidad del individuo. En la captura de los datos biométricos de la mano se emplean una serie de cámaras que toman imágenes tridimensionales de la mano desde diferentes ángulos. Las características extraídas se refieren a las curvas de los dedos, su grosor y longitud, la altura y la anchura del dorso de la mano, las distancias entre las articulaciones y la estructura ósea en general, otros detalles no se tienen en cuenta como: líneas de la palma, huellas dactilares, cicatrices. En sus desventajas están las características utilizadas como la estructura de los huesos y las articulaciones de la mano aunque son rasgos relativamente constantes, en algunas circunstancias pueden alterarse debido a una inflamación o lesión, afectando la estructura básica de la mano dificultando la autenticación [5].

El reconocimiento de la retina se basa en la utilización del patrón de los vasos sanguíneos contenidos en la misma. Es una marca genética que se mantiene invariable en el tiempo, la convierten en una técnica idónea para entornos de alta seguridad, esta técnica tiene un inconveniente considerable, es necesaria la total colaboración por parte del usuario, al tratarse de un procedimiento que puede resultar incómodo, la toma de la muestra se realiza a partir de la toma de imagen de la pupila, por lo que requiere que el usuario permanezca inmóvil y cerca del sensor durante la captura [5].

2.1.1.1.2 Biometría de comportamiento

El comportamiento biométrico o conductista es un comportamiento medible utilizado para reconocer y verificar la identidad de una persona y se enfoca en patrones de comportamiento interactivos en lugar de atributos físicos, por ejemplo: en el comportamiento de una persona al realizar su firma presenta aspectos medibles como la velocidad, la dirección, la presión para escribir, también de mismo modo se puede determinar el comportamiento de una persona al escribir en un teclado, la velocidad, la presión, el tiempo

total necesario para escribir palabras particulares y el tiempo entre pulsaciones en teclas específicas [5].

Tabla 1. Resumen Ventajas y Desventajas de Técnicas Identificación Biométrica

Técnica	Ventajas	Desventajas
Huellas dactilares	<ul style="list-style-type: none"> - Técnica con más trayectoria, ofrece alta precisión de efectividad. - Plantillas biométricas de reducido tamaño, útil para grandes almacenamientos. - Bajo costo - Se puede verificar por humano 	<ul style="list-style-type: none"> - No aplicable con personas con dermatitis (perdida de huellas por manipular sustancias químicas) - No aplicable con personas de tercera edad y niños - Preocupaciones por salud, al tocar el sensor por muchas personas
Geometría de la mano	<ul style="list-style-type: none"> - Fácil captura - Se puede verificar por humano 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto costo - Dispositivo con tamaño considerable - No es válido para personas con artritis (no pueden poner la mano en el dispositivo)
Facial	<ul style="list-style-type: none"> - No intrusivo, no requiere contacto - Bajo costo - Sensores fácilmente disponibles - Se puede verificar por humano 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere mantenimiento por la posible variación en el aspecto facial - Demanda condiciones adecuadas para captura
Iris	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta patrón único, inclusive con hermanos gemelos - Es una característica estable no presenta desgaste con el tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere cooperación por parte del usuario - En algunas personas es de difícil captura por las características físicas - No se puede verificar humano - Utiliza cámaras de alta resolución.

Elaboración propia.

Considerando las características de cada técnica, sus ventajas y desventajas se puede decir que no se debe aplicar una misma tecnología para todas las aplicaciones, las tecnologías biométricas presentan limitaciones dependiendo del grado de libertad dispuesto en el sistema, los sistemas biométricos están expuestos a factores que puede interferir con la lectura de los datos biométricos o estas características de medición pueden alterarse con el

paso del tiempo, aunque manejan un grado de tolerancia respecto a estas variaciones también presentan un grado de riesgo [5].

Desde el punto de vista técnico, los equipos utilizados para la lectura de los datos biométricos presentan características que inciden en factores relevantes para el desarrollo de un proyecto de identificación biométrica como también desde el usuario final al momento de adquirir una solución de este tipo. Los principales factores en mención son:

Costo: En soluciones de gran cobertura, dada la cantidad de puntos que demandaría la instalación de equipos.

Mantenimiento: Algunos dispositivos como lectores de huellas para conectarse a PC utilizan software de interfaz (drivers) ligado al sistema operativo, de forma que cuando evoluciona el software de análisis de huellas hacia una nueva versión del sistema operativo el equipo se queda obsoleto.

Exactitud: La calidad del equipo para toma de los datos biométricos e incidir en la eficiencia al realizar el procesamiento.

Probabilidad de error: Aunque los fabricantes de dispositivos se interesan por mejorarlos, dadas las condiciones físicas de la persona y las condiciones ambientales son susceptibles a error.

Velocidad de procesamiento: La velocidad con que el dispositivo captura los datos biométricos para enviarlos al software de análisis de los datos.

Escalable: Los sistemas con software de análisis embebido sobre el hardware presentan un límite de registro de datos biométricos, sin posibilidad de incrementar.



Figura 1 Equipo VF300 de reconocimiento facial con software embebido. [6]

Usabilidad: Algunos lectores para geometría de manos y huellas dactilares requieren de algún entrenamiento para poder capturar los datos biométricos, mientras que el reconocimiento facial tiene mayor facilidad de uso al ser no intrusivo.

La técnica biométrica facial ha sido la más acogida por muchas empresas, tanto fabricantes como consumidores, desde la parte de hardware cámaras con alta resolución, mejoras de iluminación, sistema con software embebido en hardware, en la parte lógica se encuentran librerías y servicios que realizan el análisis de los datos biométricos del rostro, en comparación con otras técnicas es una tecnología de bajo costo, alta velocidad, fiable y sobre todo fácil de usar porque el usuario no requiere contacto con el dispositivo.

2.1.2 Sistema Biométrico Facial

En este capítulo se presentan las características de los sistemas que utilizan la técnica biométrica facial, sus procesos, tareas y métodos utilizados para extraer características faciales.

La biometría facial [7] se originó en los años sesenta, al igual que otras técnicas biométricas ha tenido un gran avance en los últimos años. Los primeros algoritmos se basaban en modelos geométricos simples, pero gracias a las innovaciones computacionales han permitido la creación de una ciencia mucho más sofisticada, basada en lo que se conoce como representaciones matemáticas y procesos de coincidencia.

2.1.2.1 Métodos de reconocimiento facial

Partiendo de las generalidades de los sistemas biométricos, en la técnica facial funciona tanto el método de identificación facial como la verificación facial. Por su naturaleza en el sistema biométrico facial implícitamente realiza lo que se denomina la detección facial, que se refiere a que el sistema es capaz de detectar la existencia de un rostro en una imagen o imagen de video para luego procesarla antes de aplicar los métodos mencionados.

El uso de los métodos de identificación y verificación depende de los requisitos del sistema, como la rapidez con la que funciona el sistema y el tamaño de una base de datos biométrica que consume altos recursos de procesamiento y almacenamiento.

La identificación [8] es el proceso de reconocimiento de la identidad de un individuo mediante la ejecución de coincidencias contra varias plantillas de imagen que se encuentran

almacenadas. Los sistemas de identificación facial son diferentes de los sistemas de verificación facial porque intentan aceptar o negar la identidad reclamada por un individuo desconocido. Estos sistemas intentan responder la pregunta "¿Quién es este individuo?" de forma que realiza una comparación de la plantilla de los datos biométricos de capturados con todas las plantillas de las caras de las personas almacenadas en el sistema. Cuando encuentra una coincidencia, acepta y reconoce la identidad del individuo, de lo contrario, lo niega.

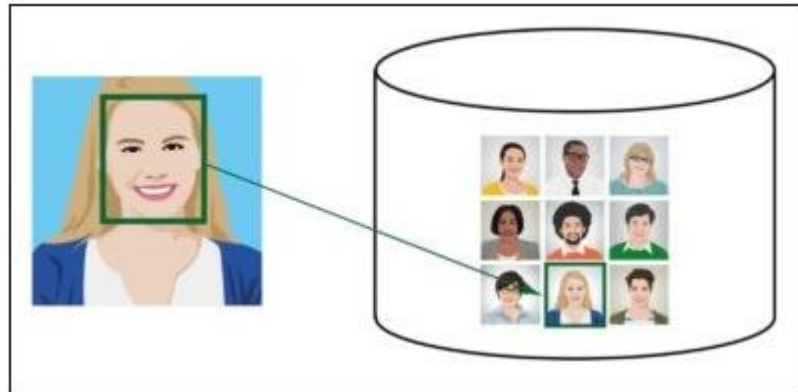


Figura 2 . Identificación en el reconocimiento facial. [9]

La verificación, se puede decir que es una autenticación, donde el individuo presenta una identificación como un código, afirmando que se encuentra registrado en el sistema y presenta su muestra biométrica facial, con estos datos de entrada el sistema procede a verificar la imagen de la cara del individuo presentado comparándolo con la plantilla correspondiente de quien dice ser, el sistema acepta si la identidad reclamada es verdadera o la rechaza si es falsa.

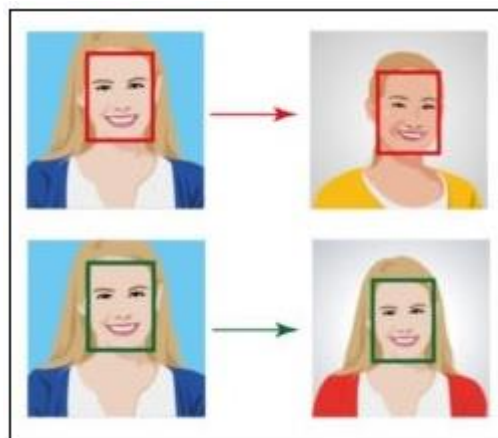


Figura 3 .Verificación en el reconocimiento facial. [9]

Los sistemas de verificación generalmente se denominan sistemas de coincidencia uno a uno porque intentan hacer coincidir las características biométricas de las características faciales presentadas por el individuo con la plantilla específica ya almacenada. El uso del método de verificación genera resultados más rápidamente que el método de identificación, ya que solo necesitan comparar la biometría facial del individuo con una sola referencia de plantilla. El propósito de los sistemas de verificación es evitar que varias personas utilicen la misma identidad.

En la interacción con el sistema biométrico facial se realizan dos fases denominadas entrenamiento facial y reconocimiento facial. En la fase de entrenamiento, se genera el almacén de datos de características de los rostros de las personas que será utilizada para su posterior comparación. En la fase de reconocimiento facial se realiza la comparación de las características de una persona con las almacenadas en el sistema.

En la fase de entrenamiento realiza los pasos [10] de: detección del rostro sobre la imagen capturada, pre procesamiento de la imagen facial, extracción de las características de la cara mientras que en la fase de reconocimiento los tres pasos mencionados un cuarto paso que es la comparación de características.

A continuación, según la investigación de Suad Ahmed Omar [11] describe los pasos generales de las fases de reconocimiento facial:

Paso 1. Detección de rostros

La detección facial es el punto de partida del proceso de reconocimiento facial, es donde se obtiene la imagen de la cara desde la imagen captada por el sistema, validando escenarios como ausencia de un rostro en la imagen, el rostro no es legible, o se presenta más de un rostro en la imagen capturada para finalmente obtener la imagen de rostro o vector con rostros como entrada para el procesamiento de la imagen facial.

La fuente de la imagen se origina desde un archivo de imagen que se encuentra en un medio magnético o también puede ser capturada directamente del video generado por una cámara digital.

Paso 2. Pre Procesamiento de imagen facial

Después de la detección en este paso se normaliza y filtra la imagen de la cara, el pre procesamiento de la imagen facial apoya a la extracción de características del rostro, determina la ubicación y el tamaño de la cara de la imagen capturada, también restablece el

color de la imagen para aumentar la calidad de la misma. Algunos de los pasos que se aplican son:

Normalización del tamaño de la imagen de la cara: por lo general, cambia el tamaño de la imagen de la cara adquirida a un tamaño de imagen predeterminado.

Ecuilibración del histograma: para normalizar y mejorar la calidad de la imagen, es importante igualar el histograma de imágenes demasiado oscuras o demasiado brillantes y modificar el rango de contraste de las imágenes, como resultado de esa ecualización y modificación, algunas características faciales importantes se vuelven más notables y el rendimiento general del reconocimiento facial se mejora.

Filtrado de la mediana: normaliza las imágenes que contienen efectos ruidosos, especialmente los que se han obtenido de una cámara, y el filtrado de la mediana limpia la imagen sin perder su información original.

Eliminación de fondo: para detectar netamente el rostro e ignorar cualquier otro elemento que se encuentre en la imagen, se puede usar la técnica de fondo. Esto es relevante para los sistemas de reconocimiento facial que utilizan toda la información contenida en la imagen facial.

Paso 3. Extracción de características

Después de los ajustes del pre procesamiento, en este paso el objetivo es extraer un conjunto comprimido de características geométricas y biométricas discriminatorias personales de la imagen de la cara, produciendo un vector de características, un mapa de datos que permite caracterizar la imagen de la cara. De este proceso dependen las mejoras de la efectividad y la eficiencia del análisis y la comparación entre rostros.

Paso 4. Proceso comparación

El vector de las características geométricas obtenidas de la extracción de características se combina con los vectores de personas que han sido registradas realizando comparación, obteniendo un porcentaje de similitud de forma que determina si existe correspondencia. En este paso final, se aplica el propósito sea de identificación o verificación.

En resumen los anteriores pasos se representan en la siguiente gráfica

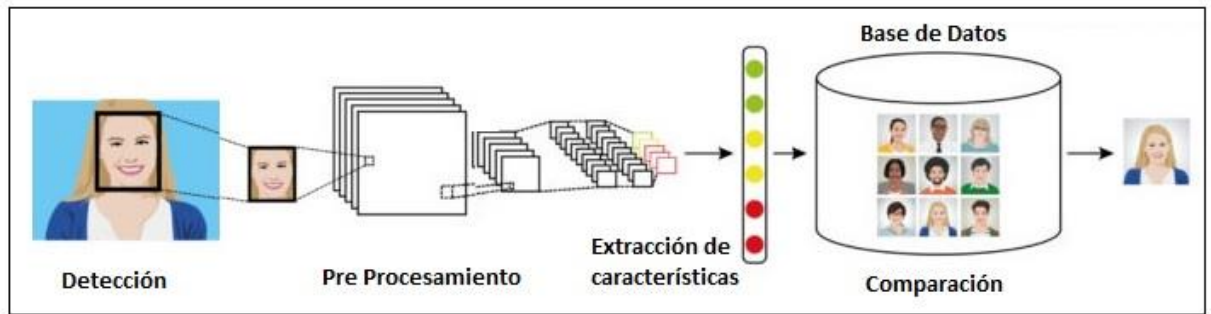


Figura 4 .Proceso del reconocimiento facial. [9]

2.1.2.2 Tecnologías para Reconocimiento Facial

Desde el punto de vista de recursos para implementación de un sistema de identificación biométrico facial, importantes fabricantes de tecnología han desarrollado librerías y servicios que incorporan algoritmos encargados de resolver parte de los pasos mencionados del proceso de reconocimiento facial. A continuación se describen algunas de estas tecnologías:

OpenCV [12] (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca de software de visión de computadora y de aprendizaje automático de código abierto, se construyó para proporcionar un recurso común para aplicaciones de visión artificial y promover el uso de la percepción en las máquinas. La biblioteca cuenta con más de 2500 algoritmos optimizados, los cuales se pueden usar para detectar y reconocer rostros, identificar objetos, clasificar acciones humanas en videos, rastrear movimientos de cámara, rastrear objetos en movimiento, extraer modelos 3D de objetos, unir imágenes para producir resultados de alta resolución entre otros.

FindFace Enterprise Server SDK [13], es una librería propietaria del fabricante Kimaldi basada en una red neuronal para reconocimiento facial opera con una tasa de error de 1 en 1.000.000. Entre sus capacidades se denotan las siguientes:

Reconoce las expresiones faciales y detecta las emociones primarias y secundarias, identifica el género y la edad.

Detecta la edad de una persona con un 95% de precisión en un intervalo de 5 años.

Detecta el género de la persona con un 99% de precisión.

Cuando una persona pasa frente a la cámara permite determinar dentro de la secuencia de imágenes captadas cual es la más apropiado para realizar el reconocimiento facial.

Luxand FaceSDK [14] es una biblioteca multiplataforma de detección y reconocimiento de rostros que se puede integrar fácilmente en la aplicación del cliente. FaceSDK ofrece la API para detectar y rastrear caras y rasgos faciales, para reconocer el género, la edad y las expresiones faciales como una sonrisa, si los ojos están abiertos o cerrados, y reconocer caras en imágenes fijas y videos, permite rastrear y reconocer caras directamente sobre video. La API del rastreador simplifica el trabajo con secuencias de video. Proporciona las coordenadas de 70 puntos de rasgos faciales (incluidos los contornos de ojos, cejas, boca, nariz y cara). Utiliza múltiples núcleos de procesador para acelerar el proceso de reconocimiento.

Amazon Rekognition [15] Es un servicio de análisis de imágenes disponible en la suite de Amazon través de la API de Amazon Rekognition para el desarrollo de aplicaciones, el servicio puede identificar objetos, personas, texto, escenas y actividades, es capaz de detectar cualquier contenido inapropiado. Amazon Rekognition proporciona un análisis facial y un reconocimiento facial de gran precisión, permite detectar, analizar y comparar caras para una amplia variedad de casos de uso, incluida la verificación de usuarios, la catalogación, el conteo de personas y la seguridad pública.

2.1.3 Computación en la Nube

La computación en la nube [16] es un modelo para permitir el acceso conveniente y bajo demanda por la red a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables como redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios que se pueden aprovisionar y exponer rápidamente con un esfuerzo de administración mínimo, este modelo de nube promueve la disponibilidad a través de las siguientes características:

Autoservicio por demanda: Un consumidor puede de forma autónoma aprovisionarse de recursos computacionales, como el uso de servidor y almacenamiento, de manera automática y sin la necesidad de interacción humana.

Amplio acceso a la red: Los servicios deben ser accesibles a través de la red de internet, haciendo uso de mecanismos estándar de comunicación que permitan el acceso heterogéneo a una variedad de dispositivos.

Agrupación de recursos: Los recursos de cómputo suministrados por el proveedor, como almacenamiento, procesamiento, memoria, ancho de banda y máquinas virtuales deben estar disponibles con capacidad de atender las solicitudes de múltiples consumidores, estos

recursos se asignan o reasignan dinámicamente según la demanda de los consumidores de forma transparente.

Elasticidad rápida: Los recursos y servicios se deben aprovisionar de manera rápida y elástica, en la medida que las aplicaciones demandan mayor capacidad de cómputo o disminuirla cuando se reduce el uso de estos recursos.

Servicio medido: El uso de los recursos debe estar monitoreado, medido, controlado y reportado de manera eficiente para permitir la adecuada administración tanto para el proveedor como para el consumidor. El modelo de servicio de la “computación en la nube” está directamente relacionado con el modelo de negocio de la propia “computación en la nube”, donde lo esencial es el modelo de pago, en el cual el consumidor del servicio solamente paga por lo que usa, bajo este concepto el consumidor no compra un producto, sino que demanda un servicio por un tiempo determinado, pagando únicamente por el uso de los recursos utilizados en el tiempo contratado. Los modelos de servicio son los siguientes:

El software como servicio (SaaS). La capacidad provista al consumidor es utilizar los recursos del proveedor, aplicaciones que se ejecutan en una infraestructura de nube. Las aplicaciones son accesibles desde varios dispositivos cliente a través de una interfaz de cliente ligero, como un navegador web o una interfaz de programa.

El consumidor no gestiona ni controla la infraestructura de la nube subyacente, incluida la red, servidores, sistemas operativos, almacenamiento con la posible excepción de usuarios específicos limitados a realizar ajustes de configuración de la aplicación.

Plataforma como servicio (PaaS). La capacidad provista al consumidor es implementar en la nube, orientada a desarrolladores de aplicaciones. El consumidor no administra ni controla la infraestructura de la nube subyacente, incluida la red, los servidores, sistemas operativos, o almacenamiento, pero tiene control sobre las aplicaciones implementadas y ajustes de configuración para el entorno donde se aloja la aplicación.

Infraestructura como servicio (IaaS). La capacidad provista al consumidor son servicios de infraestructura IT como procesamiento, almacenamiento, redes y otros recursos informáticos fundamentales donde el consumidor puede implementar y ejecutar software arbitrario, instalar sistema operativo y aplicaciones. El consumidor no gestiona ni controla la nube subyacente de infraestructura, pero tiene control sobre los sistemas operativos, el almacenamiento y las aplicaciones implementadas; y control limitado de componentes de red escogidos, por ejemplo el firewall.

2.1.3.1 Software Como Servicio

El software como servicio [17] o servicios de aplicaciones desplegadas en la nube, representa la opción más utilizada para las empresas en el mercado de la nube. Este modelo utiliza Internet para entregar aplicaciones a sus usuarios, que son administradas por el proveedor, generalmente las aplicaciones de SaaS se ejecutan directamente a través del navegador web y no requieren descargas ni instalaciones en el lado del cliente, las principales características de este modelo son:

El software es accesible, manejado y comercializado vía red. El mantenimiento y actividades relacionadas con el software se realizan desde un lugar centralizado en lugar de hacerlo en cada cliente, permitiendo a estos acceder a las aplicaciones vía la red. La aplicación es distribuida típicamente bajo el modelo de uno-a-muchos, incluyendo su arquitectura, administración, precio y asociación. Generalmente se basa en un modelo de comercialización en el cual no hay un costo inicial, sino un pago por suscripción o por utilización, en el cual no se diferencia la licencia del software del alojamiento del mismo. El desarrollo de una solución SaaS a fin de cumplir los aspectos que la caracterizan se debe considerar los siguientes requisitos técnicos:

Multi-tenant. Hace referencia a un principio de arquitectura de software en donde una única instancia de un software se ejecuta bajo un servidor, atendiendo a múltiples clientes o empresas. Bajo la misma instancia de la aplicación cada cliente es atendido teniendo su propio ambiente, de forma la aplicación puede personalizar las prestaciones para cada cliente, definiendo sus propios usuarios, mecanismos de seguridad, parámetros y configuraciones de interfaz de usuario siendo transparente, sin interferir en las demás empresas vinculadas. El objetivo principal de la arquitectura multi-tenant es maximizar recursos de hardware y de software, esta arquitectura multi-tenant se opone a la arquitectura multi instancia, en donde para cada cliente o empresa se necesita instalar una nueva instancia de la aplicación con sus respectivos recursos de hardware y software dedicados para cada organización.

Escalable. Las aplicaciones SaaS deben estar preparadas para soportar una gran cantidad de clientes, por lo cual deben ser escalables, tener la capacidad de incrementar los recursos para mantener la eficiencia en la atención de las solicitudes de los usuarios, sin lugar a retraso en los tiempos de respuesta, conservando facilidad en la actualización del mismo, así mismo como la capacidad para aumentar el rendimiento total de su carga cuando los recursos tecnológicos usados por el sistema son agregados.

Personalizada. Cada cliente que se suscribe al servicio, utiliza la aplicación como si fuera el único cliente de la misma, por lo cual la aplicación debe estar diseñada para permitirle a cada cliente personalizarla según sus necesidades sin interferir a los otros clientes.

Suscripción, monetización y facturación. El modelo de pago por uso del servicio, implica que en la aplicación está diseñada para permitirle al cliente la auto gestión del servicio, permitiéndole de forma autónoma que pueda suscribirse para tomar el servicio, seleccionar los servicios en relación al costo (monetización) y disponer de la facturación conforme al consumo del servicio. Es prioritario ofrecer al cliente una variedad de precios, y que el cliente conozca el detalle por lo que se le está cobrando.

Aprovisionamiento. Dado el modelo de las aplicaciones SaaS presentan potencial crecimiento de suscripciones, por lo cual deben estar preparadas para reservar y dedicar recursos a cada nuevo suscriptor. Se debe considerar cuando la cantidad de clientes es demasiado alta, las tareas de aprovisionamiento deben tener un proceso automatizado.

2.2. Soluciones Tecnológicas

Con el propósito de tener un referente sobre soluciones tecnológicas representativas que actualmente están disponibles en el mercado y son similares a la propuesta del proyecto, a continuación, se citan las más relevantes. Estas soluciones fueron consideradas bajo los parámetros del campo de aplicación abordado en el proyecto “Sistema de Control de Ingresos” y la información de esta ofrecida hacia el usuario final como sus características funcionales e implementación para así más adelante tener elementos que permitan hacer una comparación objetiva.

2.2.1 i-Faces Planígrafo

Es un sistema biométrico de control de asistencia mediante identificación de rostro.

El registro de las entradas y salidas del personal se realiza colocándose frente a la cámara o webcam. El sistema se encarga de verificar, guardar y comparar el rostro con los registrados con anterioridad, identificando o rechazando el rostro. Logrando así obtener una solución rápida, estable y confiable para cualquier tipo de necesidades de control biométrico de acceso y asistencia de personal.

Características funcionales:

Tiene una interfaz de administración del programa y otra interfaz de acceso y verificación de entrada y salida.

Genera reportes de horarios, empleados, entradas y salidas, asistencias, inasistencias, permisos y horas trabajadas, con la funcionalidad de ser exportados a un archivo en Excel.

En la interfaz de administración el nivel de acceso a la configuración, los reportes e ingreso y visualización de la información sensible se realiza de acuerdo a los permisos asignados a cada usuario por el administrador del programa.

Requerimientos de software:

Windows XP o superior, procesador DualCore 1200 Mhz, memoria RAM 2GB, puerto USB disponible para la cámara web, parlantes, en disco duro 200 MB espacio y resolución de video mínima 800 X 600 píxeles.
[18].

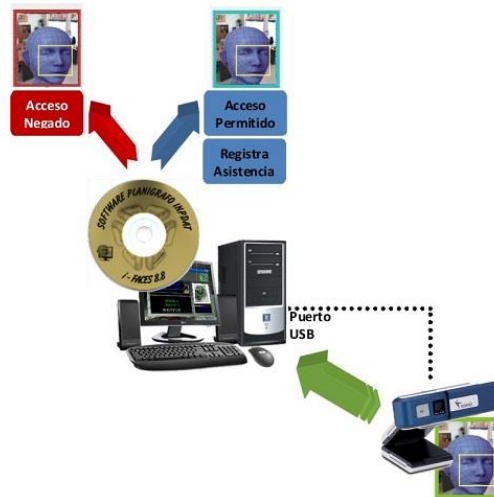


Figura 5. Solución i-Faces Planígrafo. [18]

2.2.2 FEVOX Software de Registro de Acceso

Es una solución completa de hardware y software para el control y registro de personas dentro de la empresa.

En su funcionamiento el pilar principal del sistema es su software, los dispositivos de acceso cambian según las necesidades del entorno físico, por lo cual requiere una visita técnica por parte del proveedor para determinar la solución.

Características funcionales:

Calculo de tiempos no productivos como: retardos, permisos descontables, permisos no descontables, ausencias justificadas e injustificadas, interrupciones entre jornadas, salidas antes de tiempo, demoras entre desplazamientos para registrar inicio o fin de jornada y extras no autorizadas.

Proceso de Cálculo de tiempo sin necesidad de modificar registros, cambiar turno o realizar proceso manual.

Calculo de tiempos productivos como: tiempo normal, recargos nocturno normal, extras diurnas, extras nocturnas, dominical para compensar, festivo diurno, nocturno, extra festivo diurno, extra festivo nocturno, tiempo no trabajado, permisos descontables, ausencias injustificadas y ausencias justificadas, tiempos a destajo, acumulado semanal, descanso. Parametrización de conceptos de nómina de acuerdo al pedido del cliente. Totalmente en ambiente Web. [19].



Figura 6. Solución FEVOX Software de Registro de Acceso. [19]

2.2.2 Detec Ingeniería - Control De Asistencia Y Acceso

El software de control de asistencia permite el manejo de varios equipos simultáneamente, generar informes de asistencia del personal y cálculo de horas extras regulares, dominicales y festivos.

Características funcionales:

Permite crear los departamentos de la empresa

Agregar datos del empleado con foto

En los informes se presentan horas extra, tiempo de asistencia, llegadas tarde y puede exportarlos a Excel.

Requerimientos técnicos:

Para una instalación de equipos en sedes remotas, se requiere disponer de conexión a Internet con IP fija pública para una administración o para múltiples se requiere un pool de varias IP fijas públicas.

Equipo terminal biométrico F20850, el cual es una terminal de identificación de rostros, en donde se puede almacenar hasta 1200 rostros.

Disponer de conectividad a una red Wi-Fi o Ethernet. [20].

Fuente de energía de 12 VDC para la terminal.]



Figura 7. Detec Ingeniería - Control De Asistencia Y Acceso. [21]

2.3. Conclusiones Sobre Estado del Arte

De acuerdo con el contexto presentado en la identificación biométrica, el reconocimiento facial actualmente está ganando mayor acogida, desplazando a otras técnicas tradicionalmente utilizadas por sus características de no intrusivo y bajo costo de

implementación, apoyado en este concepto el proyecto se ha enfocado en el reconocimiento facial para ofertar una solución accesible y orientada a ser de uso masivo.

Desde el punto de vista de las actuales soluciones tecnológicas anteriormente citadas sobre el campo de aplicación de los “Sistemas de Control de Ingresos” entre ellas se puede apreciar diferencias en funcionalidades específicas como cantidad de reportes u operaciones o cantidad de datos manejados pero el enfoque abordado y relevante para una comparativa con la propuesta es el nivel de facilidad para ser implementado y adquirido por el usuario final.

En la búsqueda de opciones sobre “Sistemas de Control de Ingresos” utilizando el reconocimiento facial, se encuentran bastantes proveedores, la mayoría describen sistemas muy completos con un amplio portafolio de capacidades. Sin embargo, generalmente para obtener su solución o un demo no es posible hacerlo directamente, requiere realizar un contacto con el proveedor para una asistencia técnica, por ejemplo se presenta el fabricante “FEVOX” con su “Software de Registro de Acceso”.

Se encuentra otro tipo de soluciones con la facilidad para obtener la aplicación e instalarla, como es “i-Faces Planígrafo”, la cual utilizando recursos básicos de computo (como PC y cámara web) permite disponer de un sistema de control de acceso, pero el sistema está limitado a utilizarse en una sola máquina y sujeto a las capacidades de la misma, por lo cual no hay escalabilidad en un escenario cuando se requiera ampliar las terminales y disponer de información centralizada.

De acuerdo con la exigencia de los requerimientos del usuario final, entre las mejores alternativas se encuentra el sistema de control de asistencia soportado en terminales con hardware construido a la medida, el cual incorpora la cámara para captura de rostros y el software de detección, en el escenario de ampliar las terminales y disponer de información centralizada, permite interconectar las terminales a través de la red de Internet adjudicándoles una IP real. Esta solución ofrece buenas prestaciones. Sin embargo, se traduce en alto costo para el cliente final, por el uso de IP real más la asistencia técnica para la instalación y configuración de estos equipos. Las soluciones tecnológicas mencionadas constituyen un ejemplo del tipo de soluciones disponibles en el mercado para el control de asistencia mediante el reconocimiento facial, dadas sus ventajas y desventajas en la medida de su uso.

La tendencia al futuro es pasar de software como producto al software como servicio por las prestaciones ampliamente conocidas, en este sentido con el proyecto se hace una

propuesta en la cual haciendo uso de la tecnología de reconocimiento facial y las plataformas para despliegue de aplicaciones en la nube se desarrolla un sistema escalable, dando solución a las limitaciones de almacenamiento y procesamiento mencionadas. Considerando las características del software como servicio, se diseña un sistema para ofrecer un servicio de control de ingreso mediante identificación facial, donde el cliente puede adquirir y mantener el servicio a la medida de sus necesidades sin necesidad de la asistencia de personal técnico para instalación y configuraciones de red mejorando así la accesibilidad al servicio.

3. Objetivos concretos y metodología de trabajo

3.1. Objetivo general

Implementar una plataforma de servicios de identificación biométrica facial bajo un modelo de servicio para proveer sus prestaciones de identificación facial a organizaciones donde en su operación requieren registrar el ingreso de personas.

3.2. Objetivos específicos

- Evaluar los componentes de identificación biométrica facial a utilizar mediante pruebas de concepto para validar la tecnología más adecuada acorde con los objetivos y recursos del proyecto.
- Realizar un levantamiento y análisis de requisitos con el potencial cliente donde se realizarían las pruebas piloto para cumplir las necesidades y delimitar el alcance del proyecto.
- Diseñar la arquitectura del sistema conforme con las características del modelo “software como servicio” para implementar y ofrecer una solución robusta, escalable, a la medida de la necesidad del cliente sin requerir asistencia técnica en la adquisición del servicio.
- Desarrollar un sistema de identificación biométrica facial de control de asistencia bajo el proceso de desarrollo de software establecido en la metodología para obtener un producto cuyas prestaciones satisfagan la necesidad de los usuarios con calidad.
- Probar y evaluar la aplicación para determinar el cumplimiento de los requisitos y la calidad del sistema.

3.2. Metodología del trabajo

La metodología a utilizar es OMT (Object Modeling Technique) [22] creada por James Rumbaugh y Michael Blaha, es una metodología de análisis y diseño orientada a objetos.

Las fases de la metodología OMT son:

Análisis. Se construye el modelo del dominio del problema, mostrando sus propiedades más relevantes. El modelo de análisis es una abstracción resumida y precisa de lo que debe hacer el sistema deseado y no de la forma en que se hará. Los elementos del modelo son conceptos del dominio de aplicación.

Diseño del sistema. Se realiza la toma de decisiones de alto nivel sobre la arquitectura del sistema, descomponiendo y organizando el sistema en subsistemas basados en la estructura del análisis y la arquitectura propuesta.

Diseño de objetos. Se construye un modelo de diseño basado en el modelo de análisis, incorporando detalles de implementación. El diseño de objetos se centra en las estructuras de datos y algoritmos que son necesarios para implementar cada clase.

Codificar: Implementar las clases de objetos en un lenguaje de programación.

Pruebas: Se realizan pruebas para verificar el comportamiento de las clases y objetos descritos en los escenarios.

La metodología OMT emplea tres clases de modelos para describir el sistema:

Modelo de objetos. Representa la estructura estática de los objetos del sistema, como: identidad, relaciones con otros objetos, atributos y operaciones. El objetivo es representar aquellos conceptos del mundo real más importantes para la aplicación, se presenta mediante diagramas de clases.

Modelo dinámico. Representa los aspectos de la temporización y secuencia de operaciones del sistema (sucesos que marcan los cambios, secuencias de sucesos, estados que definen el contexto para los sucesos) y la organización de sucesos y estados, se presenta mediante diagramas de estado.

Modelo funcional. Representa los aspectos transformacionales de “función” del sistema, mediante la transformación de los valores de los datos (funciones, correspondencias, restricciones y dependencias funcionales), se representa mediante diagramas de flujo de datos.

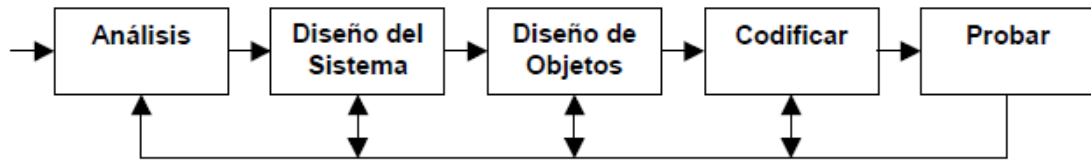


Figura 8. Procesos OMT. [22]

4. Desarrollo específico de la contribución

En este capítulo se presenta la documentación asociada al proceso de desarrollo de software de acuerdo con el modelo de metodología OMT. Inicia los resultados de las “Pruebas de concepto” dada la investigación de proyecto como actividad preliminar a las fases de la metodología “Análisis Orientado a Objetos”, “Diseño Orientado a Objetos” y finalmente el desarrollo de pruebas.

4.1. Pruebas de Concepto

En el desarrollo de un sistema de identificación biométrica facial, un elemento esencial es el componente que incorpora los algoritmos de detección facial y análisis en la composición de rostros, siendo esto parte del proceso de la identificación biométrica facial y del cual depende en gran medida la eficiencia y garantía de la capacidad de reconocer personas. En este sentido mediante la realización de pruebas de concepto se busca valorar los componentes pre-seleccionados y obtener un concepto técnico que permita determinar con cuál se trabajará con el fin de minimizar los riesgos del proyecto y asegurar los resultados antes de comenzar el desarrollo formal.

Los criterios considerados para evaluación de componentes son los siguientes, donde el primero es el más importante:

1. Independencia del fabricante para su uso
2. Eficiencia en la identificación facial
3. Disponibilidad de instructivos y recursos para su uso
4. Permita su instalación en plataformas como: Linux, Windows.
5. Permite utilizarse en ambiente WEB

En las siguientes tablas se presentan los conceptos como resultado de la evaluación de cada componente y su selección.

Tabla 2. Conceptos Sobre Evaluación de Rekognition

	Criterio	Concepto
1	Independencia del fabricante para su uso	No. Dado que es una tecnología netamente en la nube por lo cual tiene total dependencia con la plataforma de Amazon
2	Eficiencia en la identificación facial	No. Porque depende de los recursos de computación en la nube asignados, como procesador y almacenamiento.
3	Facilidad de uso, disponibilidad de instructivos y recursos para su implementación	Si, amplia información en el portal de Amazon
4	Permita su instalación en plataformas como: Linux, Windows.	Si, con la dependencia de la conectividad a Internet
5	Permite utilizarse en ambiente WEB	No

Elaboración propia.

Tabla 3. Conceptos Sobre Evaluación de OpenCV

	Criterio	Concepto
1	Independencia del fabricante para su uso	Si. Es una librería de código abierto, funciona en modo "stand-alone"
2	Eficiencia en la identificación facial	No, dispone de varias implementaciones y algoritmos para el proceso de comparación de imágenes, presenta variación en la velocidad para identificación.
3	Facilidad de uso, disponibilidad de instructivos y recursos para	No. En las pruebas bajo plataforma Windows, las librerías DLL presentan

	su implementación	restricciones respecto al sistema operativo y hardware. Se realizaron pruebas con las versiones 2.4, 3.0 y 3.42 de OpenCV sin resultados satisfactorios y adicionalmente presenta conflictos con las dependencias en las nuevas versiones.
4	Permita su instalación en plataformas como: Linux, Windows.	Si, ofrece librerías dll y so
5	Permite utilizarse en ambiente WEB	Si, mediante java script

Elaboración propia.

Tabla 4. Conceptos Sobre Evaluación de Luxand FaceSDK

	Criterio	Concepto
1	Independencia del fabricante para su uso	Si. Dispone de librería que funciona en modo "stand-alone".
2	Eficiencia en la identificación facial	Si, comparado con OPENCV, luxand presenta mayor velocidad de respuesta.
3	Facilidad de uso, disponibilidad de instructivos y recursos para su implementación	Si. El proveedor ofrece completa especificación de la librería.
4	Permita su instalación en plataformas como: Linux, Windows.	Si, ofrece librerías dll y so
5	Permite utilizarse en ambiente WEB	No, utiliza librerías nativas

Elaboración propia.

Tabla 5. Resultado Prueba de Concepto

	Tecnología	Concepto Final
1	Rekognition	No, porque se presentan alta dependencia del proveedor de esta tecnología.
2	OpenCV	No, porque en las pruebas de concepto se encontró fuertes dependencias con hardware y sistema operativo, (por ejemplo sobre el ambiente de desarrollo Windows 10, funciona parcialmente)
3	Luxand FaceSDK	Sí, porque funciona de manera independiente del proveedor e incorpora todas las dependencias sin inconvenientes en los sistemas operativos Windows 10 y Linux.
		De acuerdo con los resultados obtenidos se trabaja con la librería Luxand FaceSDK

Elaboración propia.

4.2. Análisis Orientado a Objetos

De acuerdo con la metodología en este capítulo se presentan los cuatro elementos componentes: el “Análisis Orientado Objetos”: la definición del problema, el modelo de objetos, el modelo dinámico y el modelo funcional.

4.2.1. Definición del Problema

4.2.1.1 Especificación de requerimientos

De acuerdo con el levantamiento de requisitos realizado por la empresa piloto “Parque Tecnológico de Software ParqueSoft”, se documentan mediante especificación funcional, los cuales se componen de funciones globales que a su vez se dividen en funciones específicas.

4.2.1.1.1 Suscripción

Con el propósito de permitir a los potenciales clientes organizaciones obtener el servicio de identificación biométrica facial, el primer paso para un posible cliente es vincularse a la plataforma mediante: la creación de una cuenta, ingresar datos de usuarios, datos de empresa y los datos del servicio solicitado.

Registro de cuenta. En la creación de la cuenta debe tener las siguientes características:

- Suministrar el nombre de usuario mediante cuenta de correo
- Suministrar una contraseña.
- El sistema decepciona los datos de la cuenta, valida la cuenta correo, contraseña robusta (según diseño) prosigue con el registro de los datos de usuario.

Registro de usuario. Esta funcionalidad permite capturar los datos del usuario apoderado de la cuenta en la plataforma, es quien representa la empresa a vincular.

- El usuario ingresa los siguientes datos: Identificación, nombres, apellidos, teléfono. Todos los datos son requeridos.
- El sistema captura la información y continúa con el registro de la empresa.

Registro empresa. Esta funcionalidad permite capturar los datos de la empresa que utilizará el servicio de identificación biométrico facial.

- El usuario ingresa los siguientes datos de la empresa:
Tipo de empresa: Natural o Jurídica
- Cuando la empresa es natural debe ingresar:
Documento de identificación (cédula de ciudadanía), nombres, apellidos, nombre abreviado (alias), ciudad, dirección, teléfono.
- Cuando la empresa es jurídica, ingresa:
NIT, nombre comercial, razón social, ciudad, dirección, teléfono.
- El sistema captura la información y continúa con el registro de las características del servicio biométrico facial.

Arma paquete del servicio. De acuerdo con las opciones ofrecidas por el sistema para ofrecer el servicio de identificación biométrico facial, el usuario las selecciona a la medida de sus necesidades, a esto se denomina armar paquete de servicio.

- El sistema ofrece las siguientes opciones del servicio de identificación biométrica:
Cantidad de terminales biométricas: Se refiere a que una empresa puede tener varios puntos o sedes donde su personal realizará la identificación biométrica, por

consiguiente el usuario debe seleccionar un número en el rango ofrecido por el sistema es de 1 a 10.

Cantidad máxima de usuarios: Se refiere a la cantidad máxima de personas (vinculadas a la empresa) con quienes se realizará la identificación biométrica. El usuario deberá seleccionar una de las opciones dispuestas por el sistema, las cuales son: 1,10, 20, 50, 100.

Período de servicio: Se refiere al tiempo sobre el cual se hará corte para facturar el servicio de identificación biométrica. El usuario deberá seleccionar una de las opciones dispuestas por el sistema, las cuales son: 1, 2, o 3 meses.

- El usuario arma el paquete con las opciones y procede solicitar el cálculo de su servicio con las características seleccionadas.
- El sistema calcula el paquete de servicio de acuerdo con las tarifas fijadas según valores para cada elemento seleccionado: número de terminales, número de usuarios, período de servicio.
- El usuario al aceptar la oferta de costo, procede a tramitar el servicio.
- El sistema recibe código de bono promocional del servicio biométrico facial o en caso de que el usuario no lo disponga, el sistema continúa con el trámite para realizar el trámite de pago electrónico en la pasarela de transacciones electrónicas.

4.2.1.1.2 Administración

El usuario administrador podrá administrar la información y el estado de las terminales biométricas, realizar el registro del personal que será identificado biométricamente y sus datos relacionados.

Mantenimiento Terminal Biométrico. El usuario podrá consultar, crear y actualizar las terminales biométricas, teniendo los siguientes datos: nombre, ubicación, estado.

Registro persona. El usuario administrador podrá consultar, actualizar y crear las personas que serán reconocidas mediante la identificación facial. En la creación de registro se suministrar los siguientes datos: número de documento de identificación (cedula), nombres, apellidos, y se captura tres fotos del rostro de la persona.

Verificación. Con el propósito de validar la calidad de identificación biométrico facial de una persona, el usuario administrador selecciona la persona a identificar y habilitar el sistema para iniciar la verificación. El sistema mediante la captura del rostro verifica si la persona corresponde o no a quien dice ser.

Reporte de registros. El usuario administrador puede consultar los registros de entrada y salida de los usuarios identificados en las diferentes terminales, con información de: fecha, hora, nombre y apellido.

4.2.1.1.3 Perfil

El propietario de la cuenta “usuario administrador” puede actualizar su información de registro mediante las opciones de “actualizar perfil” y “cambiar contraseña”

Actualizar perfil. El usuario puede consultar y modificar los datos suministrados en el registro como son: número, nombres, teléfono, ciudad, dirección, excepto el dato del correo electrónico porque corresponde a un dato distintivo y utilizado para recuperación de acceso.

Cambio contraseña. El usuario puede cambiar la contraseña de acceso a la plataforma, siempre y cuando se suministre la contraseña actual.

El sistema debe confirmar el dato ingresado para la nueva contraseña.

Mantenimiento Empresa. El usuario puede consultar y actualizar los datos de la empresa inscrita. El usuario maneja solo una empresa y no puede eliminar la empresa inscrita.

Actualizar Paquete de Servicios.

El usuario administrador puede actualizar su paquete de servicios, puede incrementar o disminuir los valores de las características de su paquete como son: Cantidad de terminales biométricas, cantidad máxima de usuarios, periodo de servicio.

El sistema actualiza el paquete y lo aplica después de la fecha de corte del período del actual paquete de servicio.

4.2.1.1.4 Identificación Biométrica Facial

El personal de vigilancia de la entidad ubicado en la entrada se encarga de iniciar la sesión de la terminal de identificación biométrica facial. Una vez iniciada la sesión la cámara web automáticamente se habilita y las personas registradas en el sistema, al ubicarse frente a la cámara el sistema detecta su rostro. Cuando el sistema identifica a la persona, le notifica su nombre e identificación, fecha, hora y evento (entrada o salida), en caso de no identificarlo, le informará: “No es identificado” El sistema realizará un registro de la identificación de la persona, para permitirle al usuario administrador la posterior consulta. Basado en la especificación de requerimientos a continuación se presenta el modelado de requerimientos.

4.2.1.2 Diagrama de requerimientos

De acuerdo con la especificación de requerimientos a continuación se presenta un diagrama de requerimientos mediante el cual de una forma gráfica se representa la agrupación (cuatro paquetes) de requerimientos y la dependencia entre ellos.

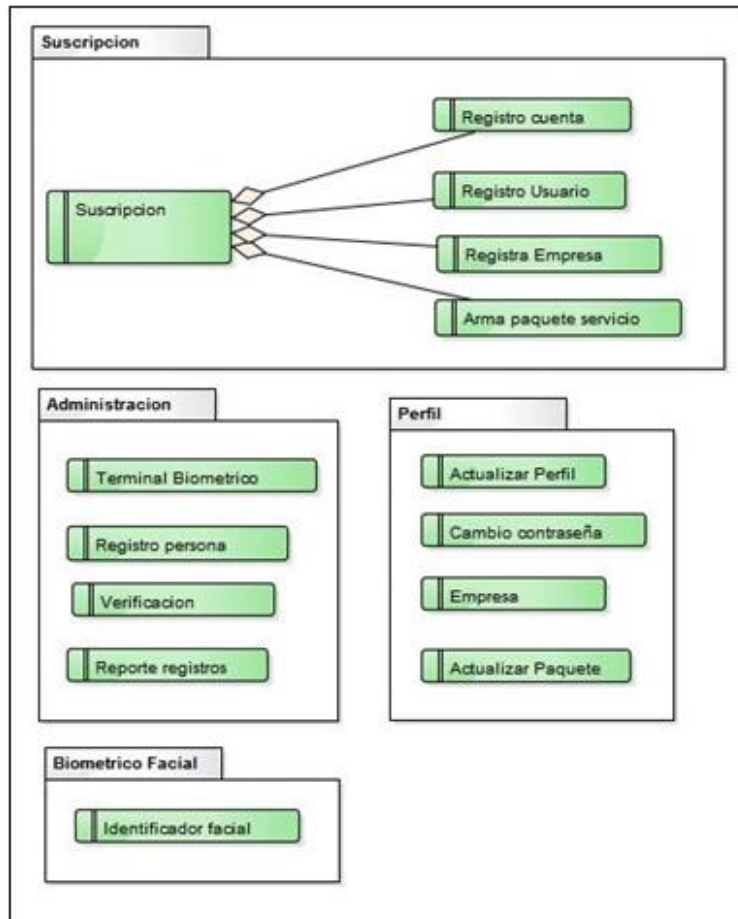


Figura 9. Diagrama de requerimientos. (Elaboración propia)

4.2.2. Modelo de objetos

En el análisis mediante el modelado de objetos se representa el conocimiento en términos del dominio del problema, donde se denotan las entidades relevantes especificando sus atributos y operaciones que las distinguen como las relaciones entre ellas con las que se representa su responsabilidad en el sistema.

4.2.2.1 Diagrama de Clases

En el siguiente diagrama de clases se representan las entidades de negocio en términos del dominio del problema y la relación entre ellas, por ejemplo la entidad “Empresa” como parte principal representa las empresas clientes consumidores del servicio de identificación biométrica facial y adquieren un paquete de servicios con características a la medida de su necesidad.

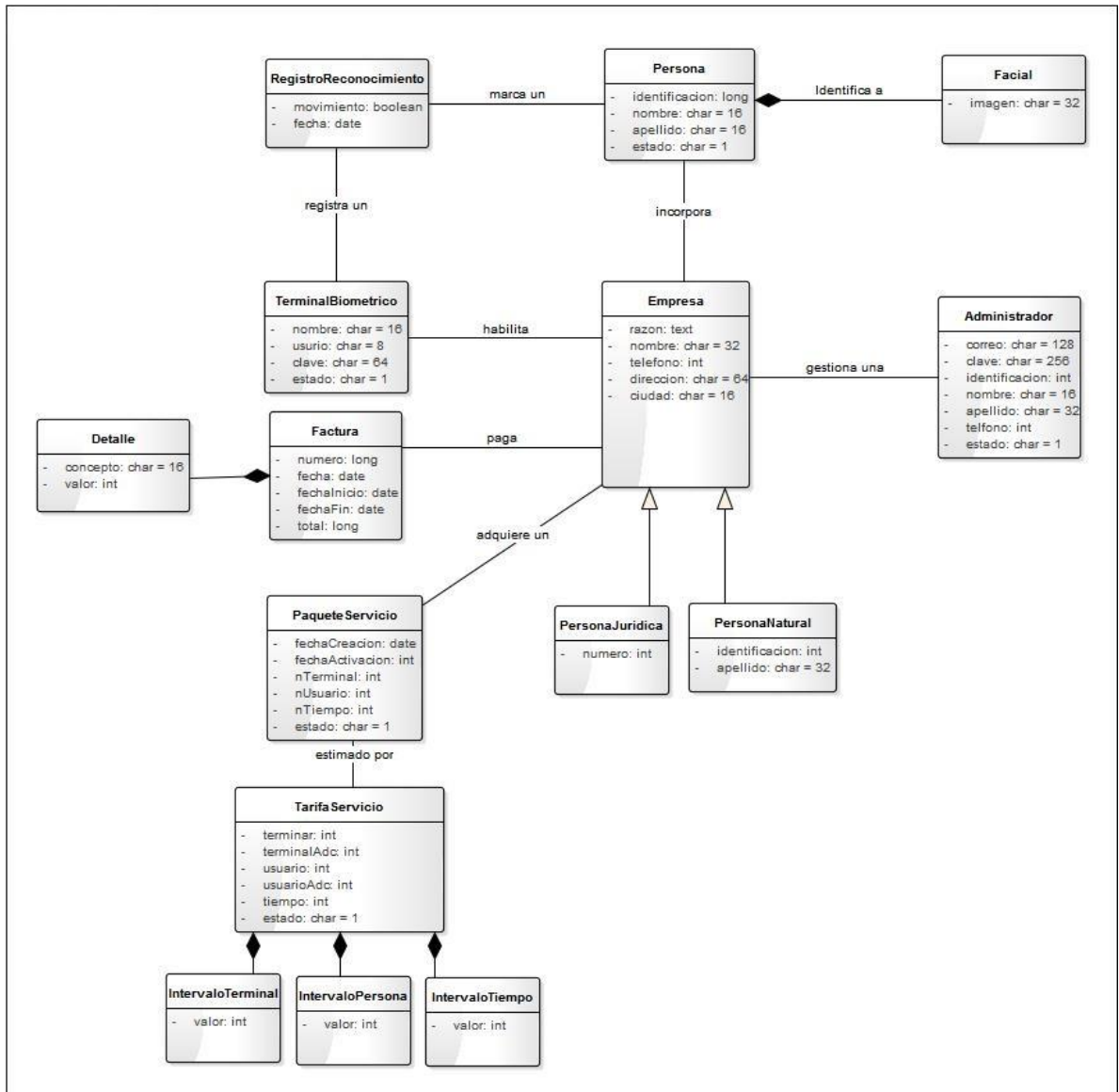


Figura 10. Diagrama de clases. (Elaboración propia)

4.2.2.2 Descripción de clases

Con el propósito de describir el anterior diagrama de clases. A continuación, por cada clase del diagrama se presenta una tabla que contiene el nombre de la clase a describir, su descripción, la lista de sus atributos y frente a cada uno su respectiva descripción.

Tabla 6. Descripción Clase Administrador

Clase	Administrador
Descripción	Persona que representa a la empresa, está a cargo de realizar la suscripción de la empresa a la plataforma de servicios y realizar las tareas de auto gestión del servicio de identificación biométrica.
Atributo	Descripción
Correo	Correo electrónico para identificar y contactar al administrador
Clave	Contraseña de acceso a la plataforma
identificación	Número de documento de identificación
Nombre	Nombre del administrador
Apellido	Apellido del administrador
Estado	El usuario administrador puede estar en los estados de: Activo, Cancelado

Elaboración propia.

Tabla 7. Descripción Clase Empresa

Clase	Empresa
Descripción	Es la entidad quién recibe y contrata el servicio de identificación biométrico facial.
Atributo	Descripción
Razón	Razón social de la empresa
Nombre	Nombre de la empresa
Teléfono	Teléfono de la empresa
Dirección	Dirección de la empresa
Ciudad	Ciudad de ubicación de la empresa

Elaboración propia.

Tabla 8. Descripción Clase Persona Jurídica

Clase	Persona Jurídica
Descripción	Es la organización quién recibe y contrata el servicio de identificación biométrico facial
Atributo	
Numero	Numero NIT, que es el número utilizado por las organizaciones para identificarse en el gremio empresarial

Elaboración propia.

Tabla 9. Descripción Clase Persona Natural

Clase	Persona Natural
Descripción	Es una persona quién recibe y contrata el servicio de identificación biométrico facial.
Atributo	
identificación	Número de documento de identificación
Apellido	Apellido de la persona cuando se trata de una

Elaboración propia.

Tabla 10. Descripción Clase Paquete de Servicio

Clase	Paquete de Servicio
Descripción	Son las características del servicio de identificación biométrica que la empresa ha seleccionado para demandar el servicio.
Atributo	
Fecha creación	Es la fecha en que se ha creado el paquete de servicio.
Fecha activación	Es la fecha en que se inicia el uso del servicio
nTerminal	Número de terminales con el servicio de identificación biométrica facial.
nUsuario	Número de usuario que puede ser identificado mediante el reconocimiento facial.
nTiempo	Tiempo seleccionado para realizar el corte de facturación.
Estado	Estado del paquete: Activo, Inactivo

Elaboración propia.

Tabla 11. Descripción Clase Tarifa de Servicio

Clase	Tarifa Servicio
Descripción	Es la base de costos del servicio de identificación biométrica a las características del servicio como son: terminal, usuario, tiempo. La tarifa puede cambiar con el tiempo
Atributo	Descripción
terminal	Es el valor de una terminal.
terminalAdc	Es el valor de una terminal adicional.
usuario	Es el valor de un usuario.
usuarioAdc	Es el valor de un usuario adicional.
tiempo	Es el valor por mes.
estado	Estado de la tarifa: Activa, Inactiva

Elaboración propia.

Tabla 12. Descripción Clase Intervalo Terminal

Clase	Intervalo Terminal
Descripción	Es el conjunto de la cantidades de terminales que se pueden habilitar para un cliente
Atributo	Descripción
valor	Cantidad de terminales

Elaboración propia.

Tabla 13. Descripción Clase Intervalo Persona

Clase	Intervalo Persona
Descripción	Es el conjunto de la cantidades de personas para identificar biométricamente que se pueden habilitar para un cliente
Atributo	Descripción
valor	Cantidad de personas

Elaboración propia.

Tabla 14. Descripción Clase Intervalo Tiempo

Clase	Intervalo Tiempo
Descripción	Es el conjunto de cantidad de meses para período de pago que se puede habilitar para un cliente
Atributo	Descripción
valor	Cantidad de meses

Elaboración propia.

Tabla 15. Descripción Clase Factura

Clase	Factura
Descripción	Es la factura que se le genera a una empresa por la contratación del servicio de identificación biométrica facial
Atributo	Descripción
Numero	Número de la factura
Fecha	Fecha de creación de la factura
Fecha inicio	Fecha de inicio del período
Fecha final	Fecha final del período
Total	Valor total de la factura

Elaboración propia.

Tabla 16. Descripción Clase Detalle

Clase	Detalle
Descripción	Es el detalle de la factura, donde se discriminan los conceptos de valor total
Atributo	Descripción
Concepto	Descripción textual del concepto por el cual se realiza cobro
Valor	Valor del concepto

Elaboración propia.

Tabla 17. Descripción Clase Terminal Biométrico

Clase	Terminal Biométrico
Descripción	Es el punto físico donde se habilita el servicio de identificación biométrica facial
Atributo	Descripción
Nombre	Nombre de la terminal
Usuario	Nombre del usuario que inicializa la sesión de la terminal
Clave	Contraseña para inicializar la sesión de la terminal
Estado	Estado de la terminal: Activa, Inactiva

Elaboración propia.

Tabla 18. Descripción Clase Persona

Clase	Persona
Descripción	Es la persona registrada en el sistema con el propósito de ser identificada por el sistema biométrico de reconocimiento facial
Atributo	Descripción
Identificación	El número de documento de identificación de la persona
Nombres	Nombre de la persona
Apellidos	Apellido de la persona
Estado	Estado de la persona: activa, inactiva

Elaboración propia.

Tabla 19. Descripción Clase Facial

Clase	Facial
Descripción	Imágenes en diferentes ángulos del rostro de las personas registradas para ser identificadas por el sistema
Atributo	Descripción
imagen	Imagen del rostro de la persona

Elaboración propia.

Tabla 20. Descripción Clase Registro Reconocimiento

Clase	Registro Reconocimiento
Descripción	Registro por el sistema de cada identificación biométrica facial de las personas
Atributo	Descripción
Movimiento	Evento de registro: Entrada o Salida
Fecha	Fecha y hora en la cual se realizó la identificación biométrica facial

Elaboración propia.

4.2.3. Modelo Dinámico

El modelo dinámico se constituye de los aspectos relacionados con el tiempo y la secuencia de operaciones con los cambios que producen, el principal concepto en este capítulo son los sucesos, los cuales representan estímulos externos, y los estados, que a su vez representan los valores de los objetos. Para esta representación se utilizaron los diagramas de secuencia y diagramas de estado.

4.2.3.1 Diagramas de Secuencia

4.2.3.1.1 Diagrama de Secuencia de Suscripción

En el siguiente diagrama se representa la interacción del usuario administrador con el sistema para realizar la suscripción y así obtener el servicio de identificación biométrica facial.

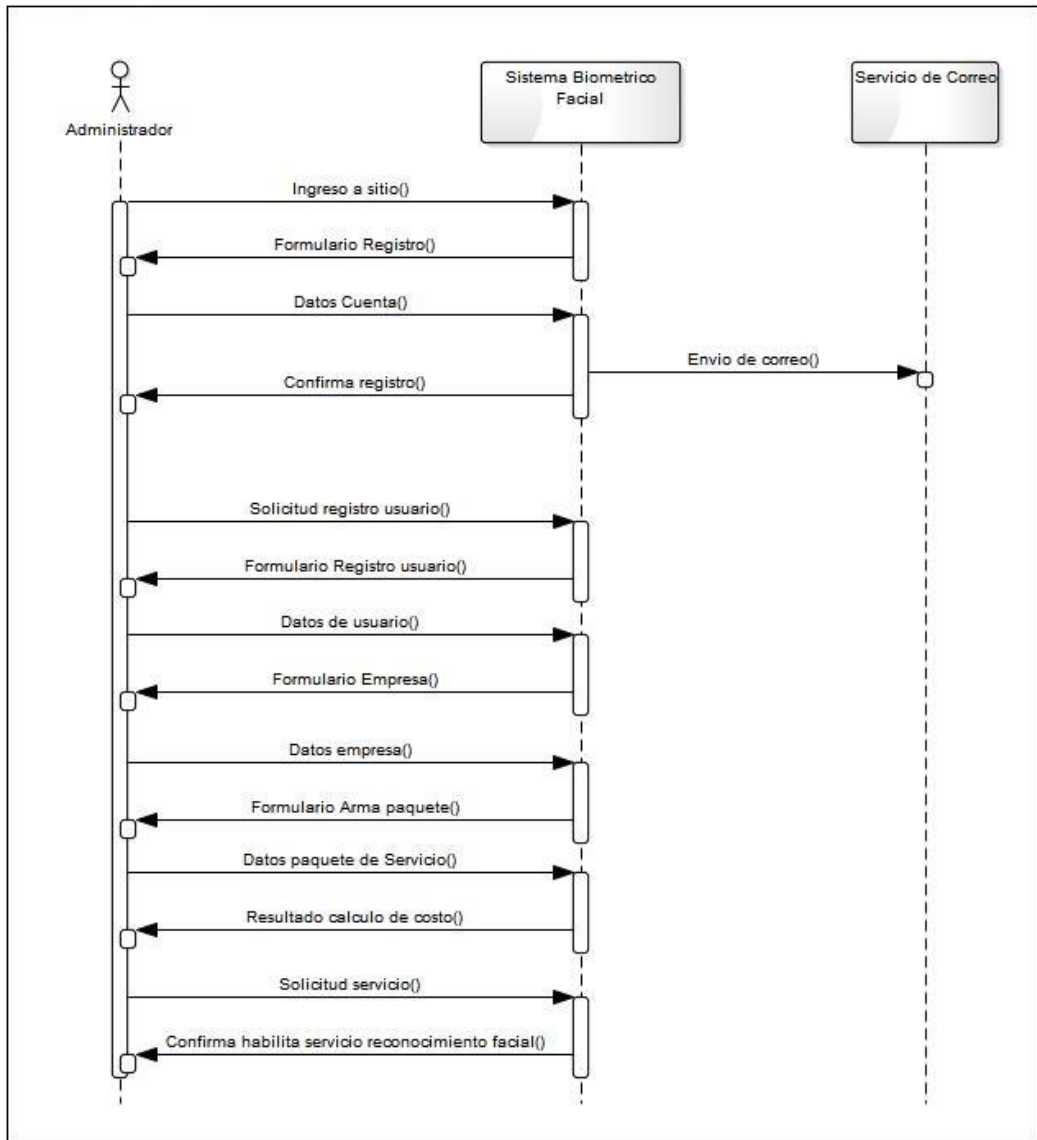


Figura 11. Diagrama de secuencia de Suscripción. (Elaboración propia)

En el anterior diagrama se expone la interacción del usuario para realizar la suscripción, de manera general esta se realiza en cuatro pasos, primero suministro de cuenta de correo y una contraseña, para efecto de validación el sistema envía un correo y a través de este correo se suministra un enlace propio como ingresar al sistema y continuar con la suscripción. Una vez ingresado por el enlace, el cliente completa la suscripción diligenciando un formulario de datos personales, avanza a un formulario de datos de la empresa, continúa con la selección de las características de su paquete de servicio y finalmente solicita el servicio.

4.2.3.1.2 Diagrama de Secuencia de Registro persona

La tarea más importante de la administración es el registro de las personas que serán identificadas por el sistema de identificación biométrico facial. En el siguiente diagrama se representa la interacción del usuario administrador acompañado por la persona a identificar a fin de registrar sus datos y tomar fotos de su rostro para almacenarlos en el sistema.

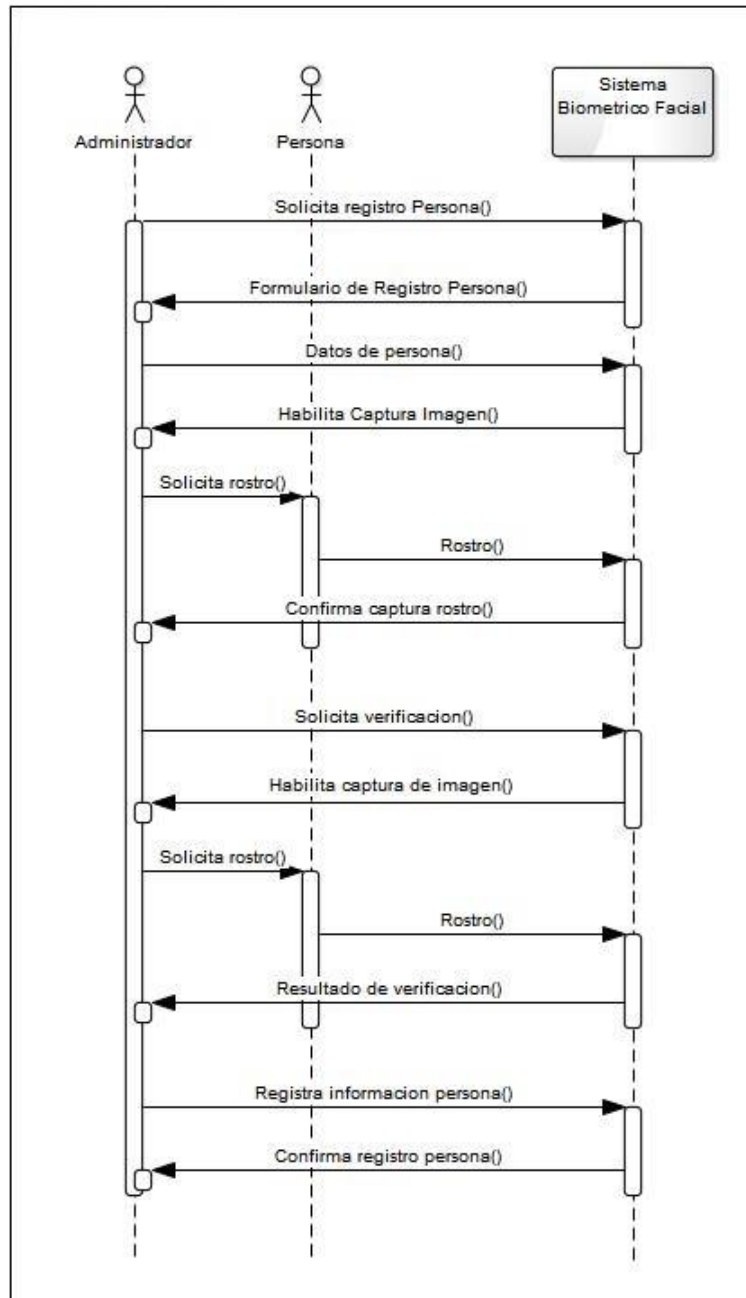


Figura 12. Diagrama de secuencia de Registro persona. (Elaboración propia)

4.2.3.1.3 Diagrama de Secuencia de Reconocimiento

En el siguiente diagrama se representa la interacción de la persona con el sistema para ser identificada. Teniendo en cuenta las características de “no intrusivo” la interacción es netamente visual, donde la persona se ubica frente a la cámara web, el sistema automáticamente detecta el rostro de la persona, realiza el proceso para la identificación y le informa al usuario el resultado.

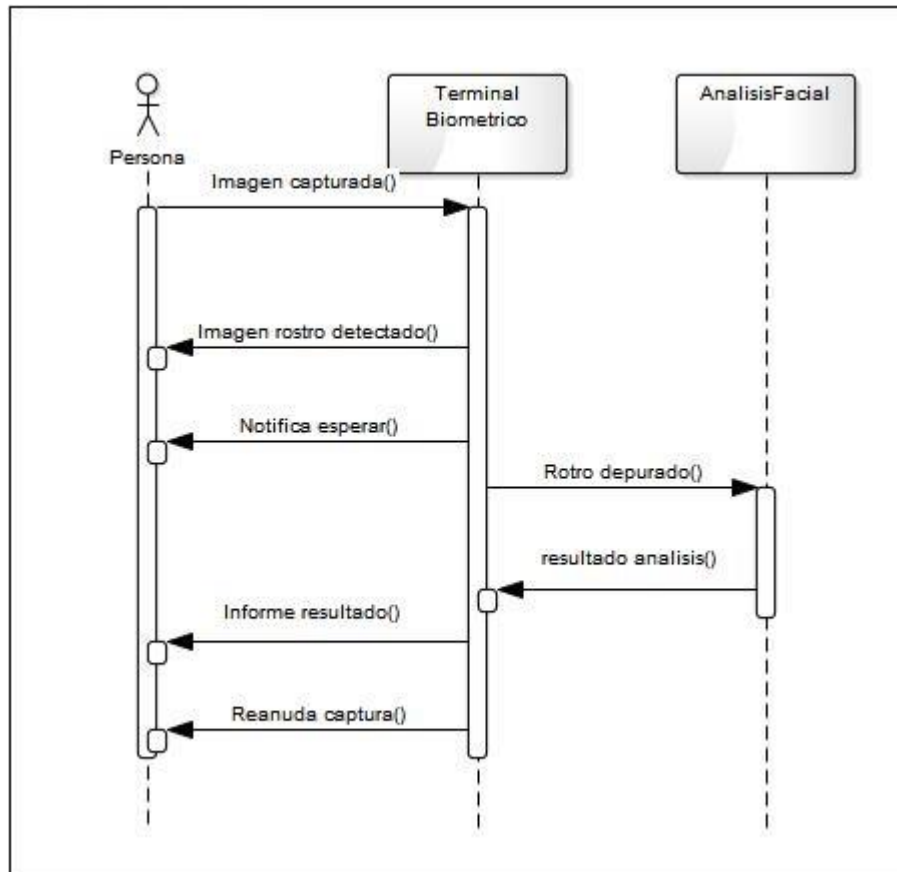


Figura 13. Diagrama de secuencia de Reconocimiento. (Elaboración propia)

4.2.3.2 Diagramas de Estados

4.2.3.2.1 Diagrama de Estado de Suscripción

El desarrollo de la suscripción de la empresa por parte del usuario administrador para obtener el servicio de identificación biométrica facial se realiza en una secuencia de pasos sobre los cuales va pasando por varios estados presentados en el siguiente diagrama.



Figura 14. Diagrama de Estado de Suscripción. (Elaboración propia)

4.2.3.2.2 Diagrama de Estado de Registro persona

En el registro de las personas que serán identificadas por el sistema de identificación biométrica facial. Con el acompañamiento del usuario administrador y la persona a registrar se realiza en fases que pasan por estado, básicamente se resumen en ingreso de los datos, captura de la imagen del rostro, validación por parte del sistema, verificación, como se presenta en el siguiente diagrama.

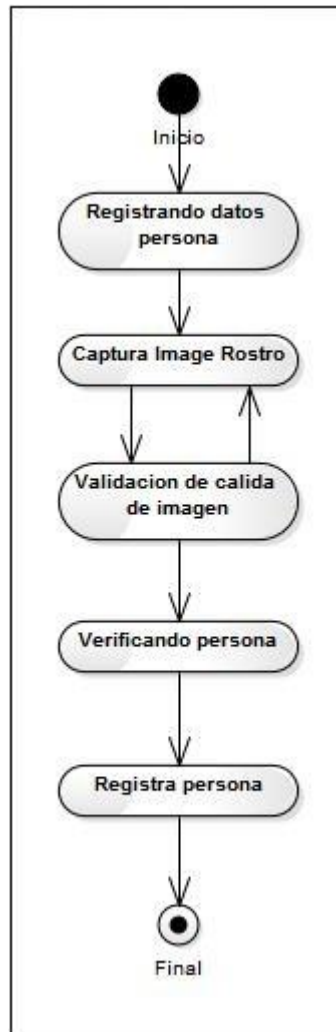


Figura 15. Diagrama de Estado de Registro persona. (Elaboración propia)

4.2.3.2.3 Diagrama de Estado de Reconocimiento

El reconocimiento facial sigue una serie de pasos de manera general en el proceso de identificación facial (según la descripción en el capítulo de estado del arte), en el siguiente diagrama se representan los estados del proceso de identificación a nivel global del sistema y propio a las características de la propuesta, donde el sistema una vez habilitado un hilo sobre la cámara web está a la espera para detectar el rostro, una vez detectado el rostro, emite un mensaje dejando a la persona en espera mientras se realiza el análisis de la imagen y genera el resultado.

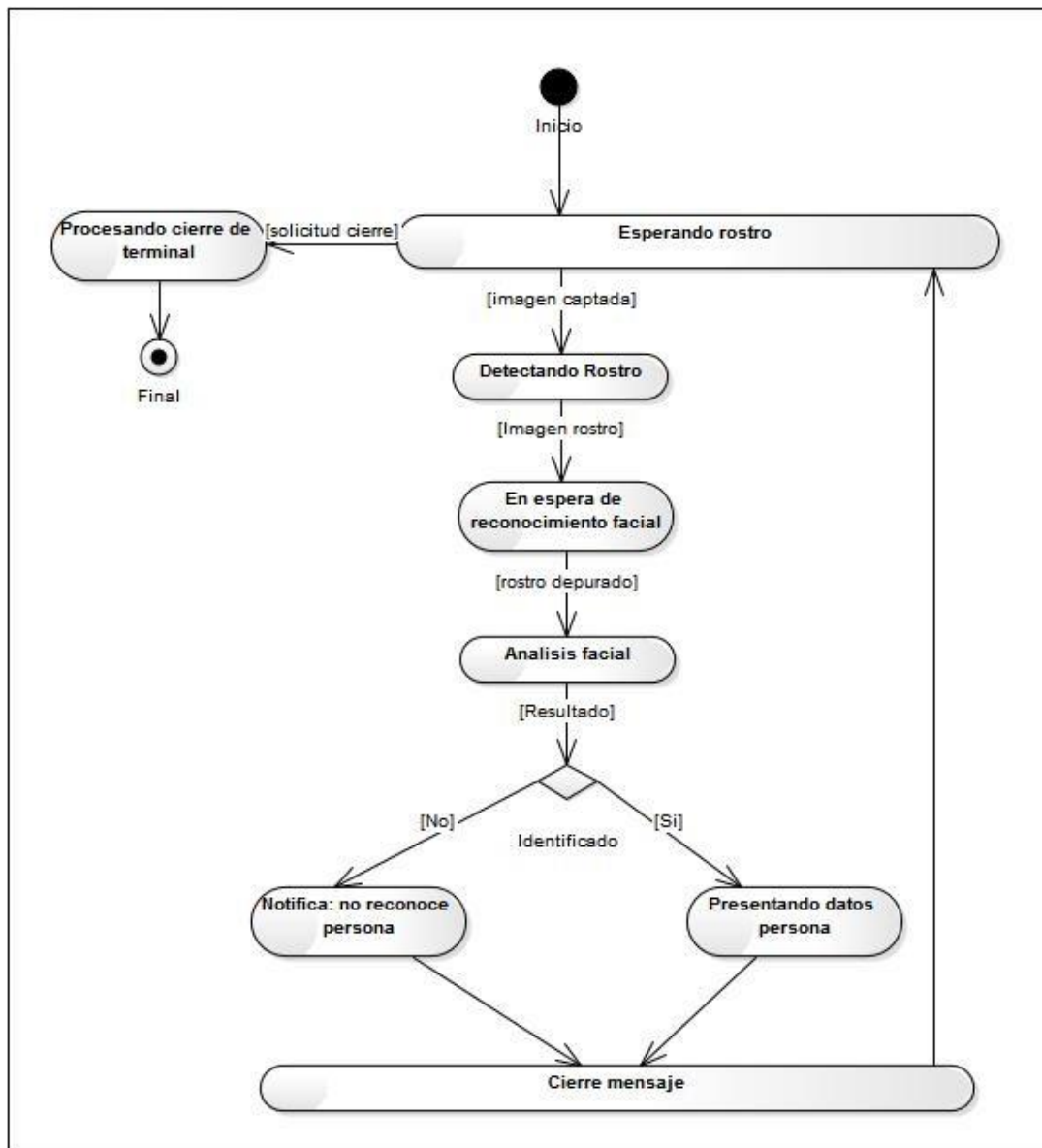


Figura 16. Diagrama de Estado de Reconocimiento. (Elaboración propia)

4.2.4. Modelo Funcional

El modelo funcional describe los cálculos existentes dentro del sistema, presenta la forma en que se derivan los valores producidos a partir de los valores introducidos, sin tener en cuenta el orden en el cual se calculan.

Siguiendo la notación UML este capítulo se presenta utilizando casos de uso, los cuales especifican un comportamiento deseado del sistema, representan requisitos funcionales del mismo, describiendo qué hace el sistema.

4.2.4.1 Caso de Uso

4.2.4.1.1 Caso de uso de Suscripción

En la suscripción para la demanda del servicio, el sistema le asiste al usuario guiándolo por cuatro sub procesos que se realizan en secuencia, para lo cual considera el modelo de secuencia. En este modelo se presenta la perspectiva de la composición del proceso general de suscripción.

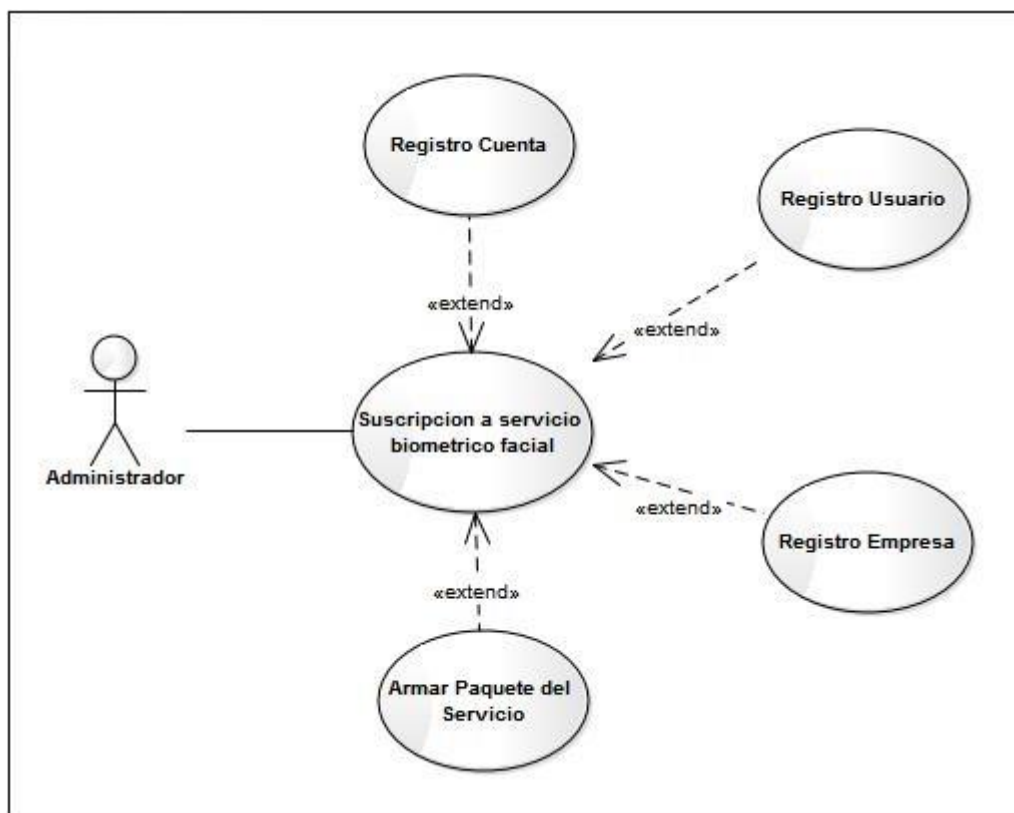


Figura 17. Caso de uso de Suscripción. (Elaboración propia)

4.2.4.1.2 Caso de uso de Administración

El usuario administrador es responsable del mantenimiento de la información del servicio adquirido, para lo cual utiliza el módulo de la administración, el cual se constituye de varios sub procesos con los cuales administra la información de: terminales, personas, verifica las personas (a fin de validar la calidad de la imagen del rostro ingresado), genera los reportes de entradas y salidas, actualiza información de su perfil y actualiza la información del paquete en caso de requerirlo.

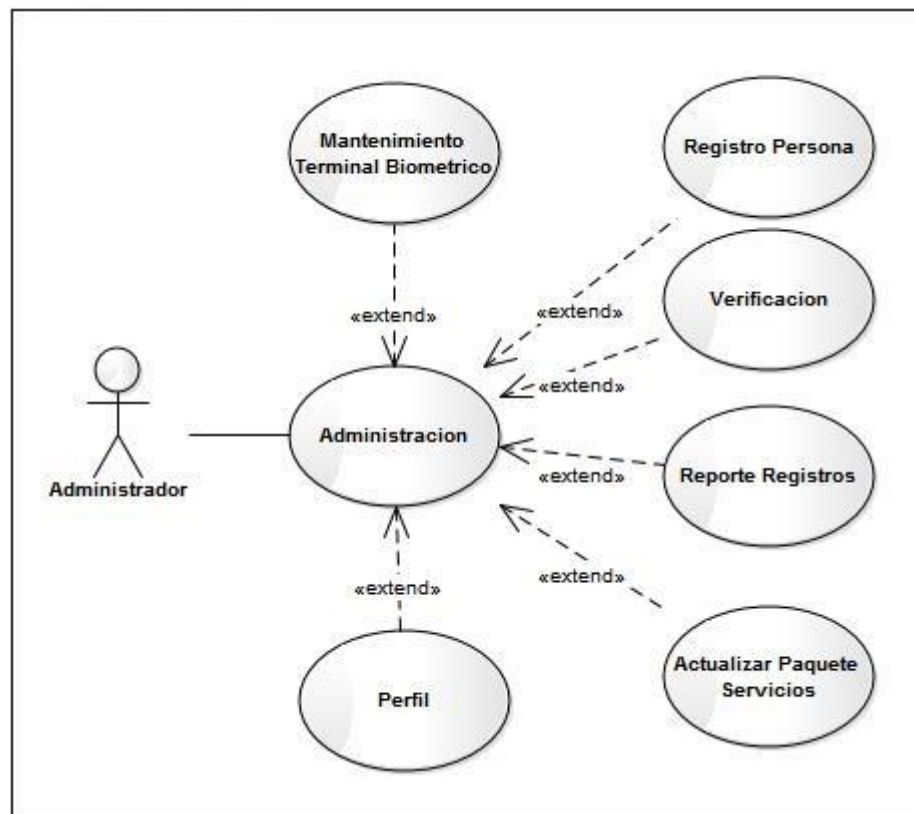


Figura 18. Caso de uso de Administración. (Elaboración propia)

4.2.4.1.3 Caso de uso de Reconocimiento

En la realización del reconocimiento facial la persona interactúa con el proceso de identificación biométrica facial el cual depende de los sub procesos de detección facial, el cual detecta el rostro cuando la persona se ubica en frente a la cámara web y filtra la imagen seleccionando el área del rostro, el proceso de análisis se encarga de obtener la plantillas con las características faciales de la imagen del rostro y compararla con las almacenadas en

el sistema para realizar un cálculo de similitud para finalmente determinar quién es la persona.

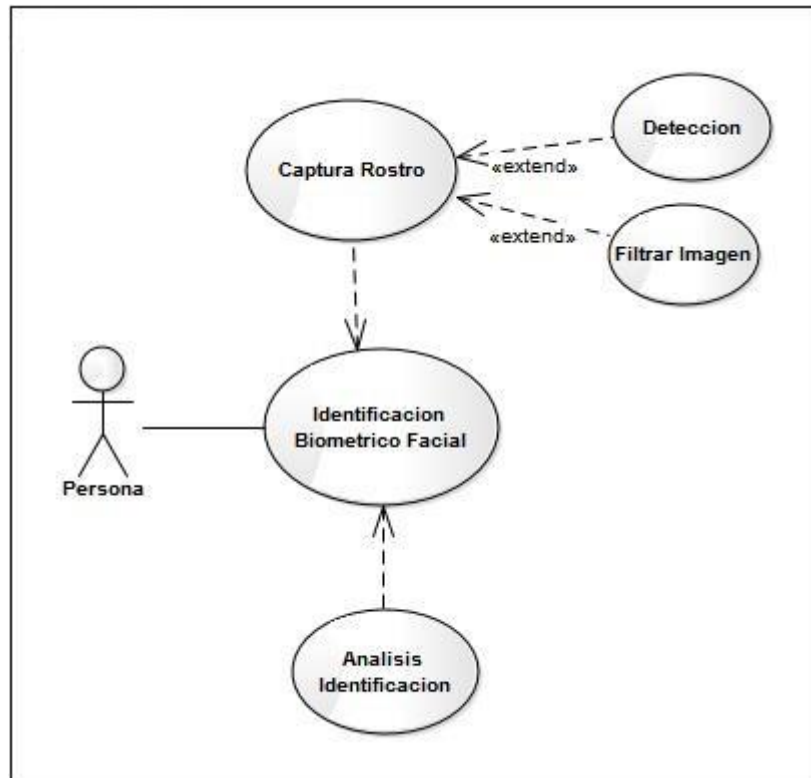


Figura 19. Caso de uso de Reconocimiento. (Elaboración propia)

4.3. Diseño Orientado Objetos

Tomando como insumos las vistas del análisis en este capítulo se presenta la estrategia de alto nivel para resolver el problema y construir la plataforma de servicio de identificación biométrica facial. La metodología OMT para esta fase propone ideas generales para cubrir el proceso de desarrollo de software sin introducir vistas especiales. Apoyado en los diagramas de la notación UML se representan las decisiones de diseño acerca de la organización del sistema, descomposición en subsistemas y la asignación de subsistemas a componentes de hardware y software.

4.3.1. Diseño de Subsistemas

4.3.2.1 Diagrama de Componentes de Negocio

El sistema se descompone en partes, desde una perspectiva de negocio, partiendo de los requerimientos funcionales se convierten en componentes de negocio, presentado en el siguiente diagrama.

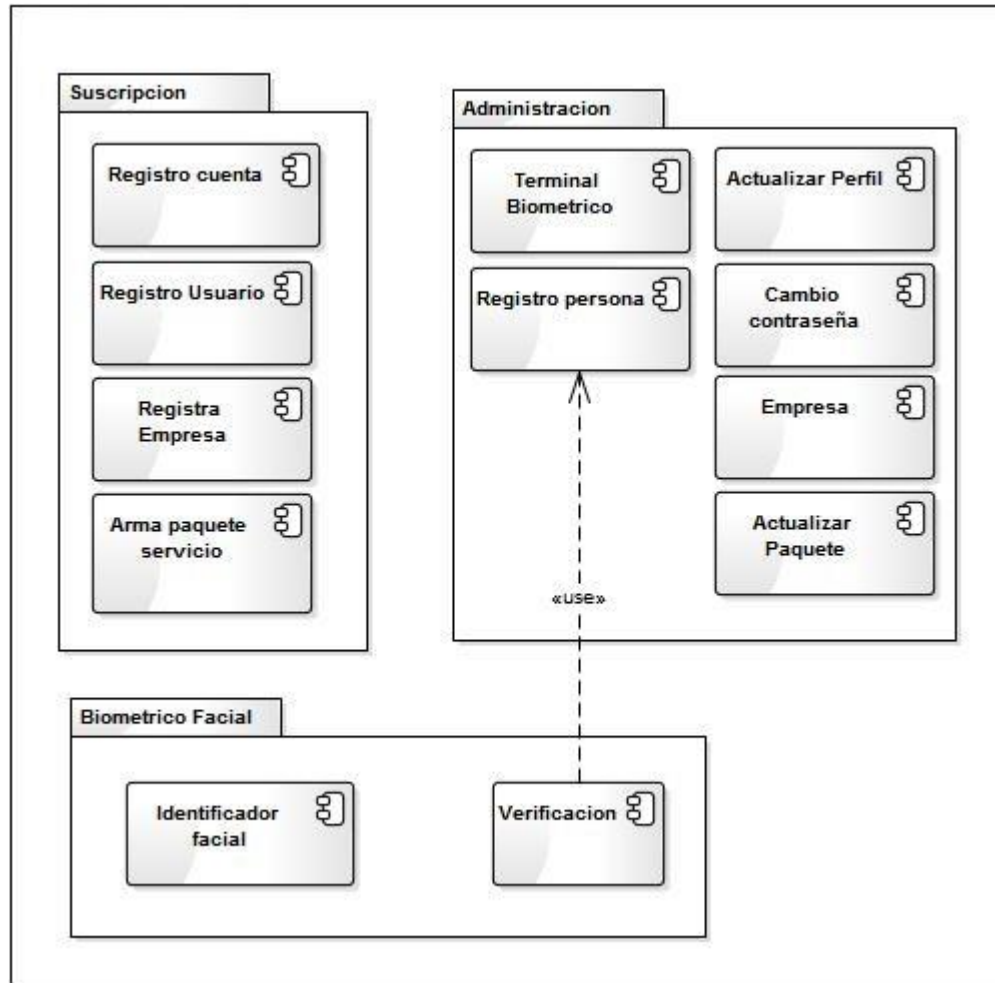


Figura 20. Diagrama de Componentes de Negocio. (Elaboración propia)

4.3.2.1 Diagrama de Componentes de Arquitectura

En una vista de la arquitectura del sistema, la plataforma de servicio de identificación biométrica facial se constituye de cuatro componentes de aplicación y un componente de base de datos.

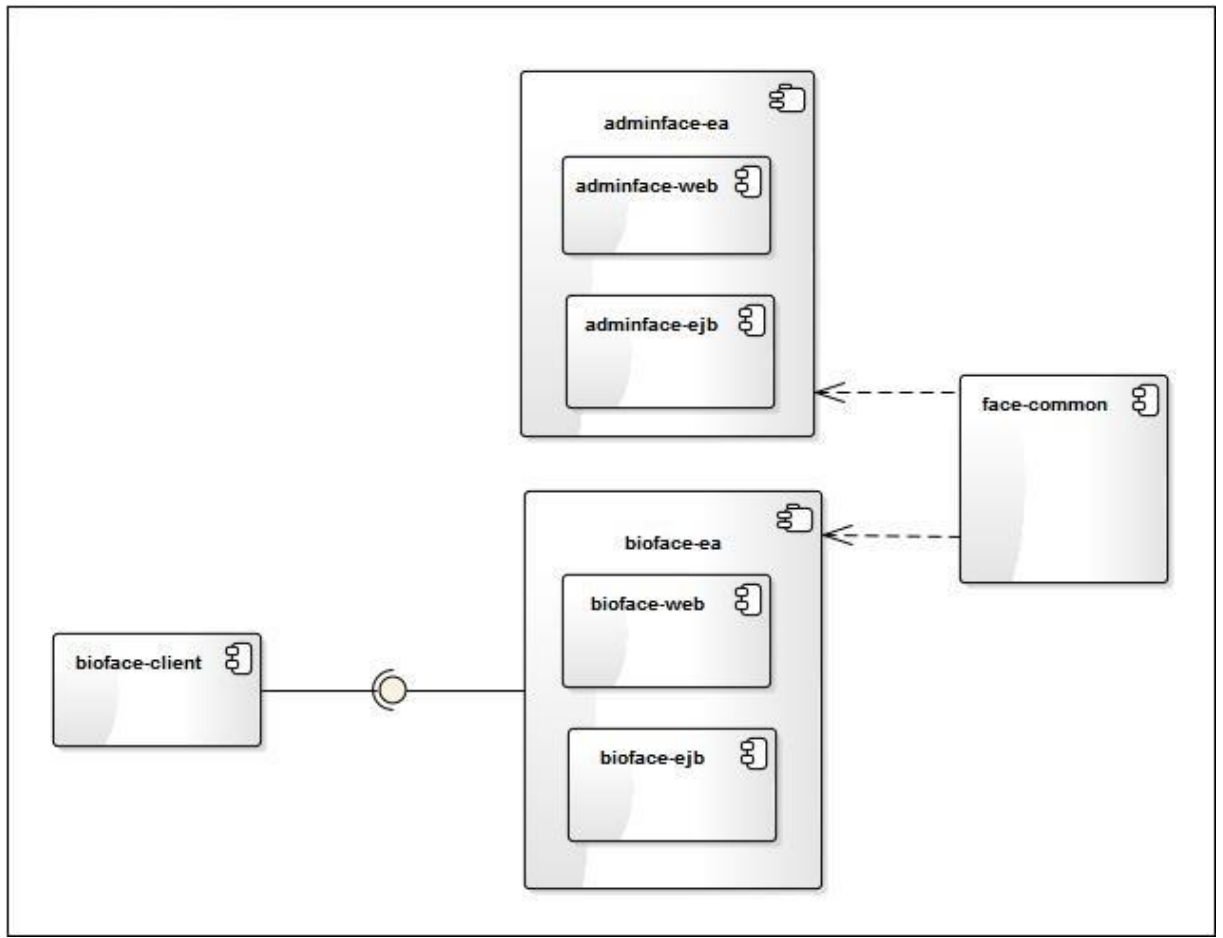


Figura 21. Diagrama de Componentes de Arquitectura. (Elaboración propia)

Con el propósito de describir el diagrama de componentes de arquitectura. A continuación, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 21. Descripción de los componentes de arquitectura

Componente	Descripción
Adminface-ea	Es el componente de alto nivel para administración, en la cual se implementarán los componentes de negocio del módulo administrativo. Es una aplicación empresarial, un proyecto tipo JEE. Este proyecto se compone de la aplicación web: adminface-web donde se implementará la capa de presentación y aplicación de componentes EJB: adminface-ejb donde se implementa la capa de negocio.
Bioface-ea	Es el componente de alto nivel para identificación facial en la cual se implementarán los componentes de negocio del módulo de identificación biométrico facial. Es una aplicación empresarial, proyecto tipo JEE. Este proyecto se compone de la aplicación web: bioface-web donde se

	implementa la capa de presentación y aplicación de componentes EJB: bioface-ejb donde se implementa la capa de negocio.
Bioface-client	Es el componente cliente complemento de “componente de identificación facial” representa la aplicación cliente, en el cual se implementa la captura, detección de rostro y filtro de imagen de rostro. Es una aplicación tipo stand-alone.
Face-common	En un componente de librería de uso general para centralizar las clases comunes a todos los proyectos.
bioface	Es el componente de base de datos donde se almacena la información manejada por las aplicaciones.

Elaboración propia.

4.3.3 Diseño de Paquetes

4.3.3.1 Diagramas de Paquetes de Administración

El siguiente diagrama presenta los paquetes del componente de administración nombrado como adminface-ea. Los paquetes se implementan como directorios que contienen las clases, el paquete superior constituye la aplicación, luego según el nombramiento estándar de paquetes (como com.jc.psbface) haciendo alusión a la funcionalidad según el modelado del análisis.

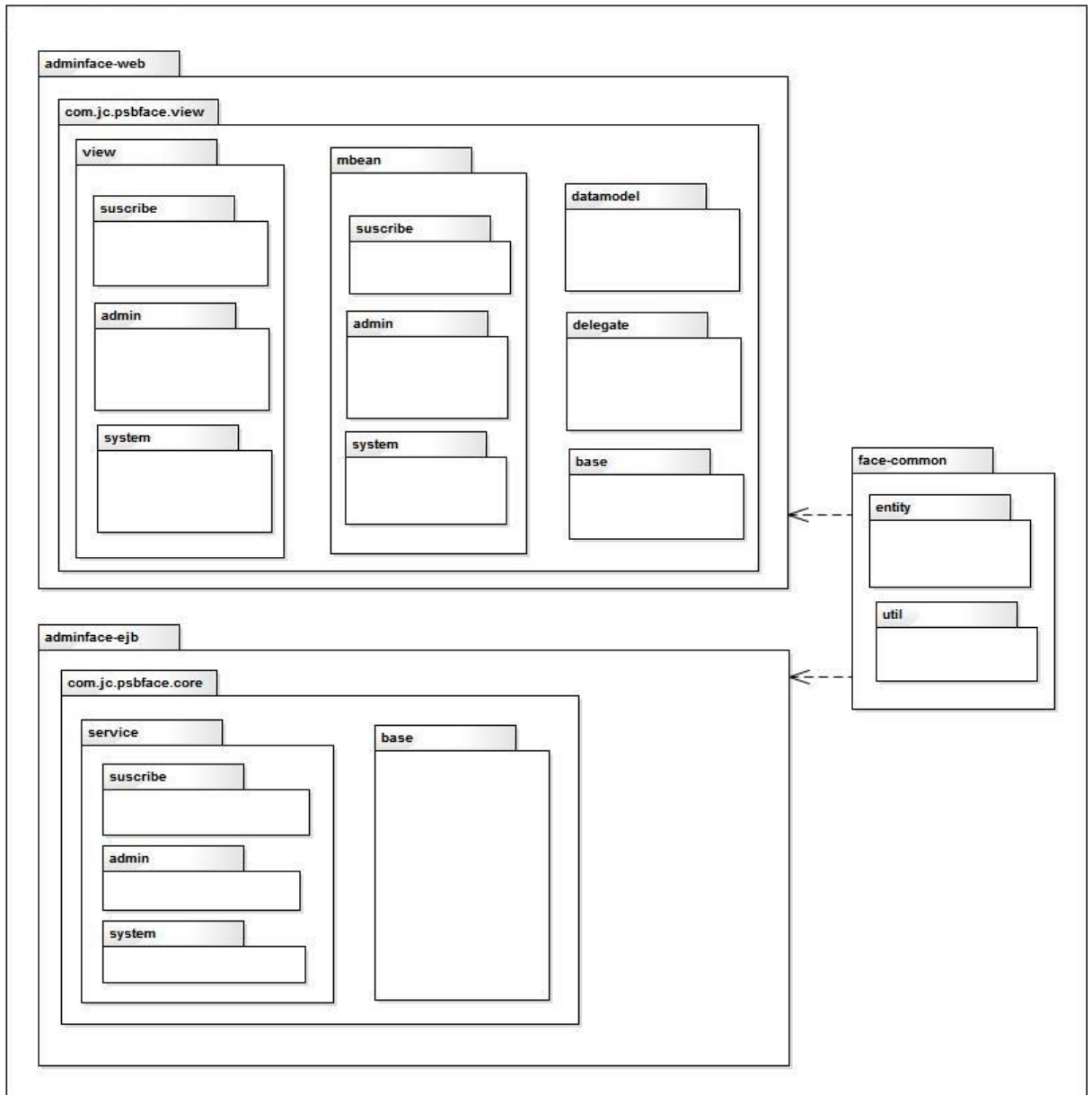


Figura 22. Diagramas de Paquetes de Administración. (Elaboración propia)

4.3.3.2 Diagrama de Paquetes de Identificación

El siguiente diagrama presenta los paquetes del componente de identificación facial nombrado como bioface-ea.

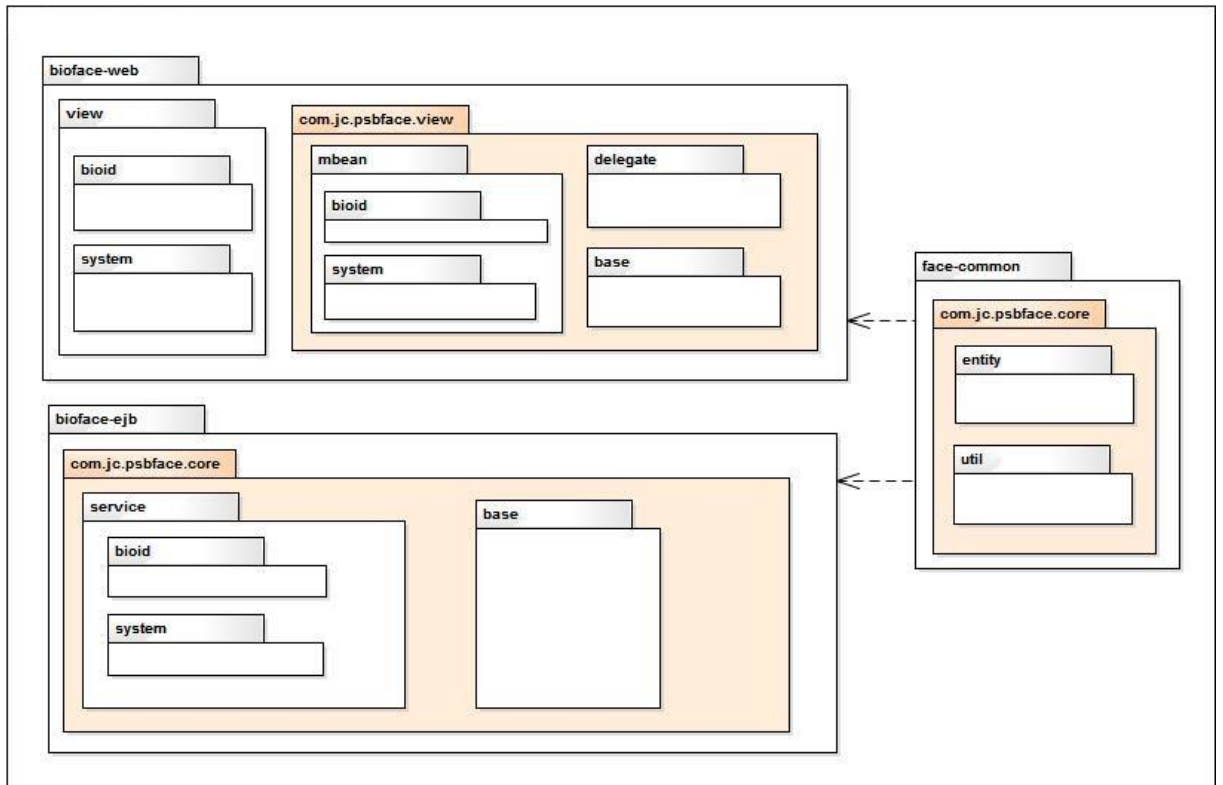


Figura 23. Diagrama de Paquetes de Identificación. (Elaboración propia)

4.3.3.3 Diagrama de Paquetes de Terminal

El siguiente diagrama presenta los paquetes del componente de captura de imagen, aplicación cliente Bioface-client. La aplicación terminal tiene una sola funcionalidad, en los paquetes que la constituyen y son nombrados al patrón de diseño utilizado MVC (modelo vista y controlador)

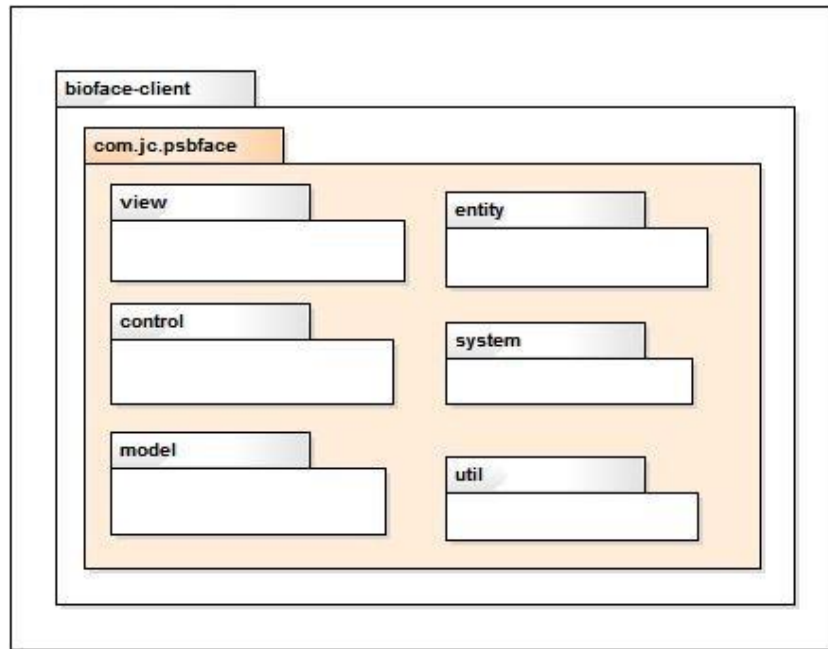


Figura 24. Diagrama de Paquetes de Terminal. (Elaboración propia)

4.3.4 Diseño de Objetos y Aplicación de Patrones

De acuerdo con la metodología, el modelo de diseño debe ser razonablemente eficiente y práctico para la codificación, por consiguiente en este capítulo se propone un diseño base el cual define una estructura general para la implementación de las páginas y clases de los componentes de negocio pertinente a cada aplicación.

En los diagramas se presentan clases propias de los framework a utilizar y clases sobre las cuales se deben extender.

A continuación, se presenta una tabla que describe los framework utilizados y API.

Tabla 22. Descripción de Framework a utilizar

Framework	Descripción
Prime-faces	Utilizado en la capa de presentación mediante páginas xhtml y principalmente clase ManageBean para extender e implementar la lógica de presentación
EJB	Utilizado en la capa de negocio, sobre los componentes EJB se implementa la lógica de negocio, estos componentes se despliegan sobre el contenedor de objetos provista por el servidor de aplicaciones bajo la plataforma JEE
JLCG-DB	Utilizado para realizar la persistencia de los datos, frame-work

	desarrollado por el autor (José Luis Caicedo González) como contra propuesta a ORM.
FaceSDK	Utilizado para detección de rostros y análisis de imágenes para estimar el grado de similitud entre imágenes de rostros

Elaboración propia.

4.3.4.1 Diagrama de Paquetes y Clases de Administración

El siguiente diagrama presenta los tipos de clases y su relación sobre los paquetes anteriormente descritos para el componente de administración Adminface-ea.

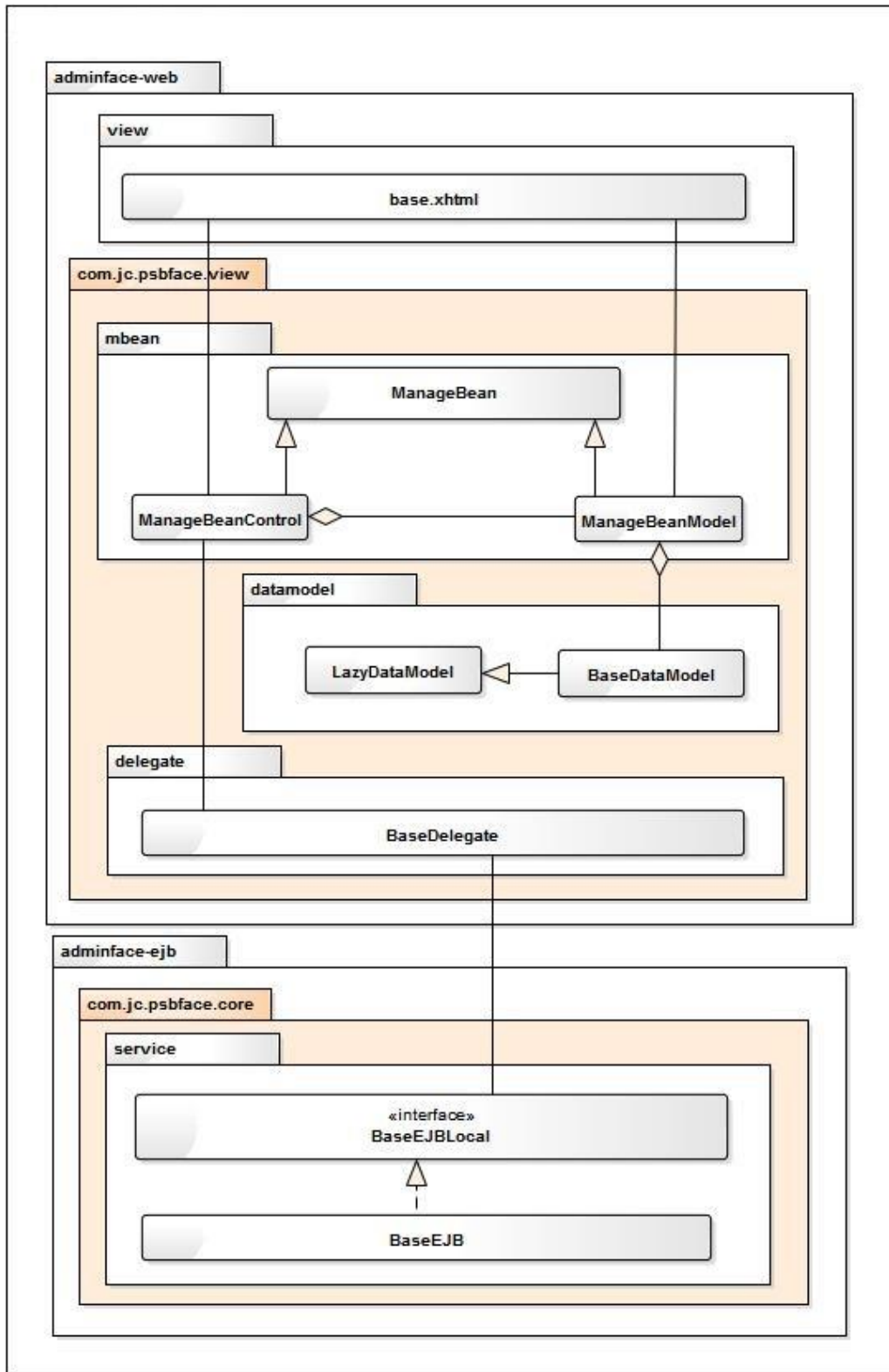


Figura 25. Diagrama de Paquetes y Clases de Administración. (Elaboración propia)

Con el propósito de describir el diagrama de paquetes y clases de administración. A continuación, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 23. Descripción de Diagrama de Paquetes y Clases de Administración

Clase	Descripción
Base.xhtml	Basado en el patrón MVC esta página implementa la vista, representa la página de extensión.xhtml utilizado por el framework de presentación, contiene el código propio de las directivas JSF, que finalmente se convierten en código html 5 y java script, el nombramiento base es un ejemplo.
ManageBean	Es una clase propia del framework de presentación sobre la cual deben extender las clases de lógica de presentación para adoptar las capacidades del framework.
ManageBeanControl	Basado en el patrón MVC esta clase implementa el control, recibe las peticiones originadas en los eventos de la interfaz de usuario, es responsable de validar y tramitar con las demás capas. Tiene un alcance tipo requerimiento.
ManageBeanModel	Basado en el patrón MVC esta clase implementa el modelo, encapsula los datos manejados por la interfaz de usuario, tiene alcance de sesión.
BaseDataModel	Clase que extiende de LazyDataModel del framework de presentación con el propósito de incorporar capacidades en la presentación de lista de registros de información en la página web, el nombramiento base es un ejemplo.
BaseDelegate	Clase que implementa el patrón delegado, esta clase tiene la responsabilidad de realizar la conexión e invocación con los servicios EJB. Para la búsqueda de los servicios EJB se utiliza el patrón localizador de servicios. El nombramiento base es un ejemplo.
BaseEJBLocal	Es la interfaz utilizada para exponer el servicio EJB.
BaseEJB	Es la clase que implementa la lógica de negocio del servicio EJB, el nombramiento base es un ejemplo.

Elaboración propia.

4.3.4.2 Diagrama de Paquetes y Clases de Identificación

El siguiente diagrama presenta los tipos de clases y su relación sobre los paquetes anteriormente descritos para el componente de identificación biométrica Bioface-ea.

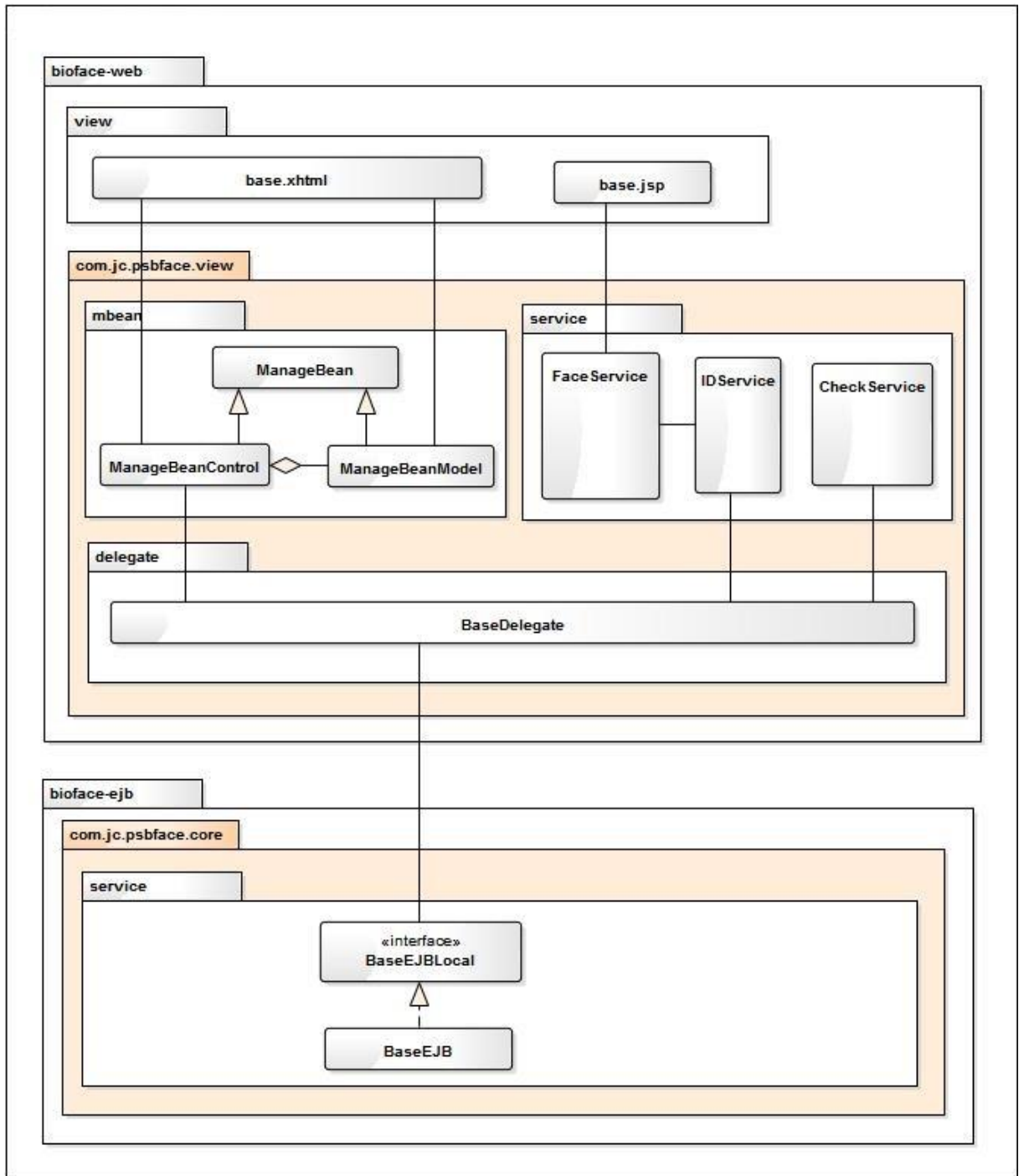


Figura 26. Diagrama de Paquetes y Clases de Identificación. (Elaboración propia)

Con el propósito de describir el diagrama de paquetes y clases de identificación. A continuación, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 24. Descripción de Diagrama de Paquetes y Clases de Identificación

Clase	Descripción
Base.xhtml	Basado en el patrón MVC mediante las paginas.xhtml se implementa la vista, utilizado por el framework de presentación, contiene el código propio de las directivas JSF, que finalmente se convierten en código html 5 y java script, el nombramiento base es un ejemplo.
Base.jsp	Basado en el patrón MVC mediante las paginas.jsp se implementa la vista, para la detección de rostro para la funcionalidad de identificación biométrica facial mediante JQuery con JQuery.facedetection, el nombramiento base es un ejemplo.
ManageBean	Es una clase propia del framework de presentación sobre la cual deben extender las clases de lógica de presentación para adoptar las capacidades del framework.
ManageBeanControl	Basado en el patrón MVC esta clase implementa el control, recibe las peticiones originadas en los eventos de la interfaz de usuario, es responsable de validar y tramitar con las demás capas. Tiene un alcance tipo requerimiento.
ManageBeanModel	Basado en el patrón MVC esta clase implementa el modelo, encapsula los datos manejados por la interfaz de usuario, tiene alcance de sesión.
FaseService	Este componente web implementa el control (según patrón MVC) en la identificación biométrica facial por web.
IDService	Este componente web implementa el servicio para identificación biométrico facial, es responsable de recibir las peticiones y aplicar los filtros para la identificación.
CheckService	Este componente web implementa el servicio para verificación biométrico facial, es responsable de recibir las peticiones y aplicar los filtros para la verificación.
BaseDelegate	Clase que implementa el patrón delegado, esta clase tiene la responsabilidad de realizar la conexión e invocación con los servicio EJB de la aplicación bioface-ea. , el nombramiento base es un ejemplo.
BaseEJBLocal	Es la interfaz utilizada para exponer el servicio EJB.

BaseEJB	Es la clase que implementa la lógica de negocio del servicio EJB para realizar el análisis con la plantilla de características del rostro para la identificación facial, el nombramiento base es un ejemplo.
---------	--

Elaboración propia.

4.3.4.3 Diagrama de Paquetes y Clases de Terminal

El siguiente diagrama presenta los tipos de clases y su relación sobre los paquetes anteriormente descritos para el componente cliente de identificación biométrica nombrada como bioface-client

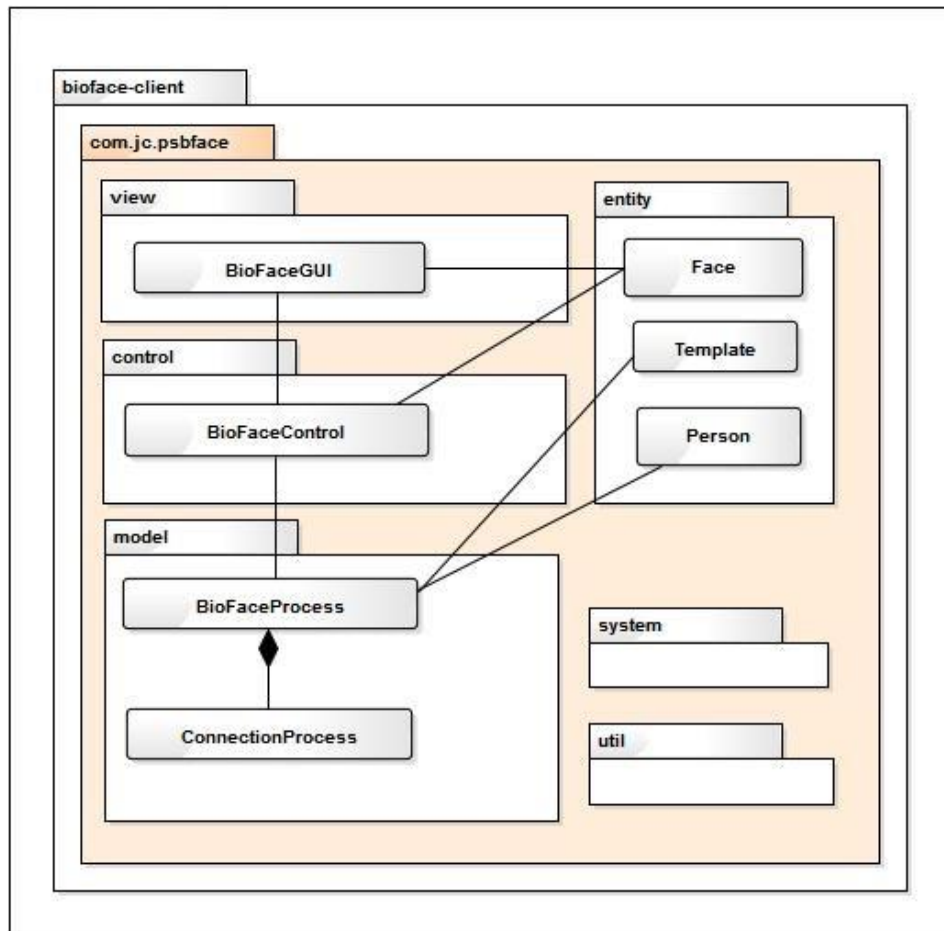


Figura 27. Diagrama de Paquetes y Clases de Terminal. (Elaboración propia)

Con el propósito de describir el diagrama de paquetes y clases de terminal. A continuación, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 25. Descripción de Diagrama de Paquetes y Clases de Terminal

Clase	Descripción
BioFaceGUI	Basado en el patrón MVC, la clase implementa la vista, concretamente el despliegue del video de la cámara web.
BioFaceControl	Basado en el patrón MVC, la clase implementa el control, conforme al evento de detección de rostro, coordina los procesos: mensajes hacia el usuario e invoca el procesamiento de la imagen.
BioFaceProcess	Basado en el patrón MVC, la clase implementa el modelo, incorpora el tratamiento de imagen capturada, delimita el área de rostro, validación de tamaño como seguridad ante imágenes de rostro en 2D para finalmente enviar la imagen al servicio de identificación biométrico facial para su análisis.
ConnectionProcess	Clase responsable de gestionar la conexión con el servicio de identificación biométrico facial para enviar el rostro a analizar.
Face	Es clase pojo (o bean) donde se encapsulan los datos de imagen.
Template	Es clase pojo (o bean) donde se encapsulan las características del rostro.
Person	Es clase pojo (o bean) donde se encapsulan los datos de la persona.

Elaboración propia.

4.3.5 Diseño de Mensajes

En este sub-capítulo se presentan los detalles que le permiten a cada objeto comunicarse con sus colaboradores.

4.3.5.1 Diagrama de Comunicación

En el diagrama de comunicación se presenta la interacción entre los componentes, mediante la numeración de los mensajes se define el orden y los sub grupos de mensajes, a través de las fechas discontinuas se indica la dependencia entre componentes. De manera general refleja: la primera acción es realizar el registro de la empresa, esto activa la auto gestión del servicio mediante el componente de administración, en la administración se crea la persona para que pueda ser identificada por su rostro y la terminal para iniciar la captura

del rostro. El servicio de identificación biométrico facial se compone de un dispositivo de captura y un dispositivo de análisis de rostro para lograr la identificación biométrico facial.

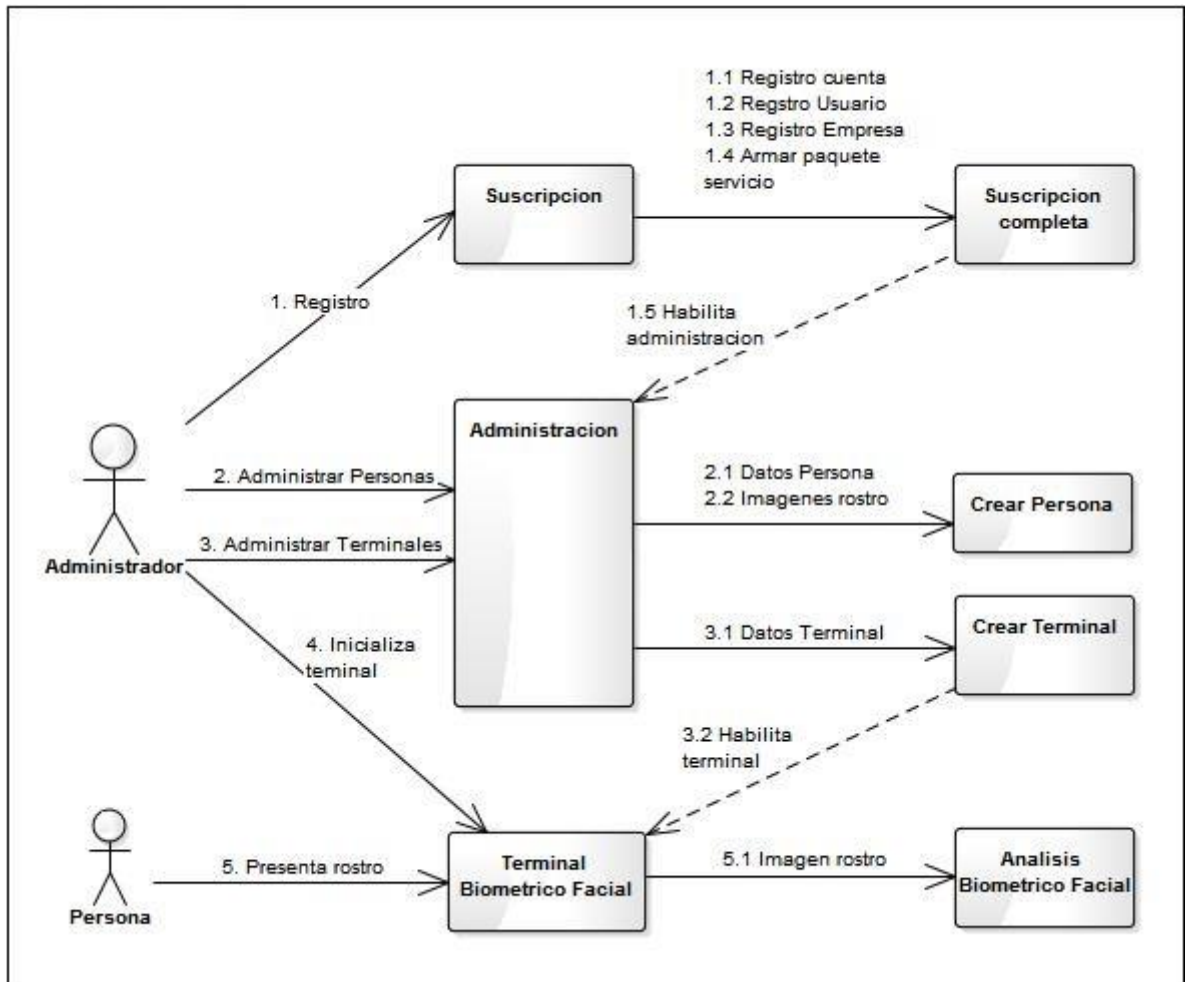


Figura 28. Diagrama de Comunicación. (Elaboración propia)

Con el propósito de describir el diagrama de comunicación. A continuación, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 26. Descripción de Diagrama de Comunicación

Componentes/Actores	Descripción
Administrador	Es la persona en el rol de administrador, responsable de administrar el sistema.
Persona	Es la persona que se registra en el sistema bajo la asistencia del administrador para ser identificada biométricamente por rasgos faciales.
Suscripción	Módulo para tramitar la información y realizar la suscripción al

	servicio de identificación biométrica.
Administración	Módulo para administrar la información del sistema de identificación biométrica como terminales y personas.
Terminal biométrico facial	Módulo cliente del servicio de identificación biométrica, en el cual se realiza la detección de rostros.
Suscripción completa	Sub módulo que asegura la transacción de la suscripción para habilitar el servicio.
Crear persona	Sub módulo administrativo para el manejo de los datos de las personas.
Crear Terminal	Sub módulo administrativo para el manejo de los datos de las terminales.
Análisis biométrico facial	Módulo de análisis de rostros para el reconocimiento facial.

Elaboración propia.

4.3.5.2 Diagrama de Despliegue

Mediante el diagrama de despliegue se presenta o se expone la arquitectura del sistema, la estructura general mediante el despliegue de los artefactos del software en los nodos destino.

Los artefactos representan elementos concretos, de manera física, el resultado del proceso de desarrollo de software, que en conjunto constituyen la plataforma de servicios de identificación biométrica facial. El destino de despliegue denotado como nodo representa el dispositivo, equipo de hardware o también puede ser un entorno de ejecución de software. Los nodos están conectados a través de medios de comunicación para crear sistemas en red.

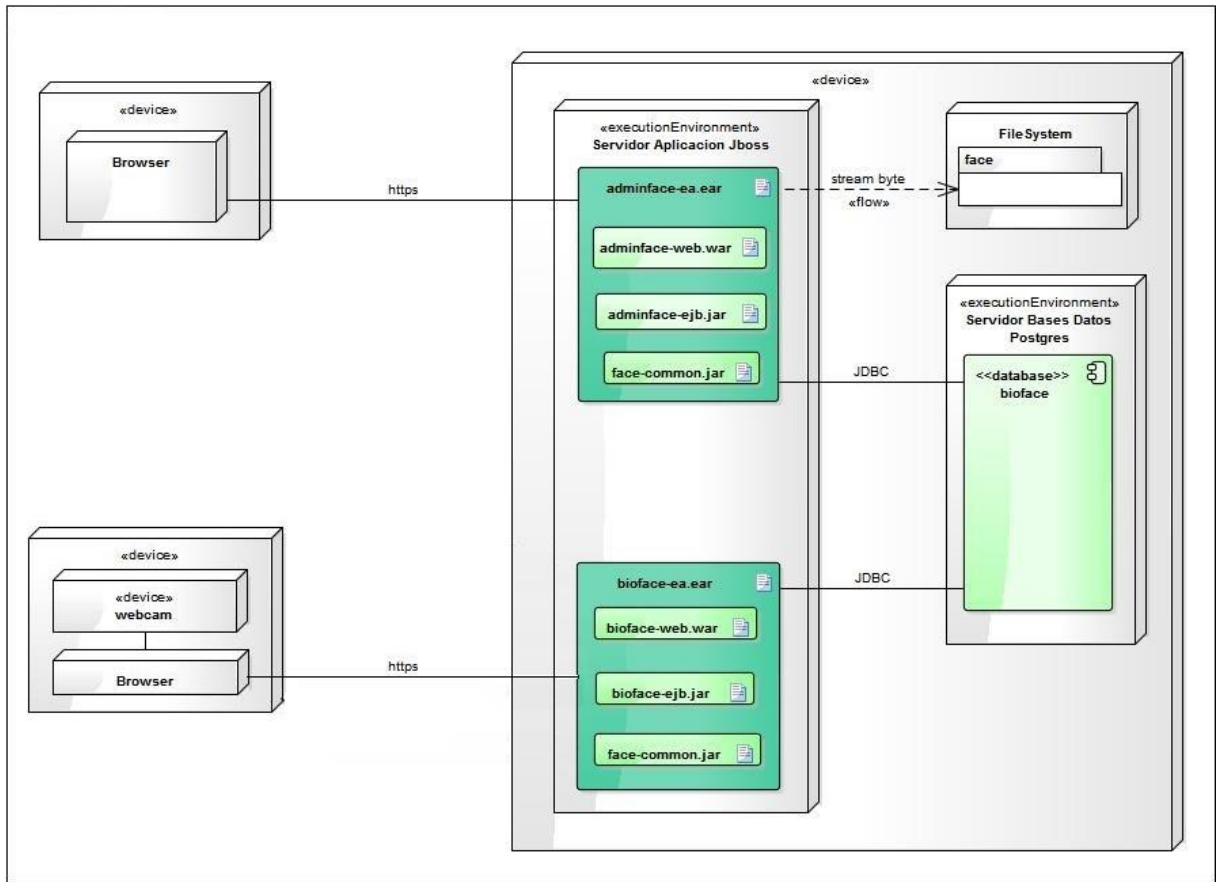


Figura 29. Diagrama de Despliegue. (Elaboración propia)

Con el propósito de describir el diagrama de despliegue. A continuación, se presenta la siguiente tabla.

Tabla 27. Descripción de Diagrama de Despliegue

Artefacto	Descripción
Adminface-ea.ear	Aplicación de administración, empaquetado tipo aplicación JEE Contiene los empaquetados adminface.war: es la capa web y adminface.jar es la capa de negocio.
bioface-ea.ear	Aplicación de identificador biométrico facial, empaquetado tipo aplicación JEE. Contiene los empaquetados bioface.war: es la capa web y bioface.jar es la capa de negocio.
Bioface	Base de datos de la plataforma de servicio de identificación biométrica facial.
Servidor de aplicaciones Jboss	Útil para despliegue de Adminface-ea.ear y bioface-ea.ear Distribución Jboss AS versión 7.1.1.

Servidor de base de datos Postres	Útil para contener la base de datos Bioface y exponer el servicio de base de datos.
JVM	Java runtime environment 1.7.0.
Browser	Google Chrome 70.0 FireFox Quantum 62

Elaboración propia.

4.3.6 Decisiones de Arquitectura

En el desarrollo del diseño del sistema se tomaron decisiones que determinan cómo se realiza la implementación con el propósito de cumplir los requerimientos de forma óptima haciendo uso de las tecnologías propuestas. A continuación, se describen las decisiones de arquitectura tomadas para el diseño del sistema.

Diseño en varias aplicaciones. Teniendo en cuenta que en la funcionalidad de identificación biométrica facial se presenta mayor demanda de solicitudes y su sesión se inicia con las credenciales de acceso dispuestas para la terminal, por escalabilidad se determina e implementa esta funcionalidad en una aplicación independiente de manera que permita dedicar recursos de infraestructura a este punto en particular, a través del despliegue en otra máquina.

Implementación de lógica de negocio en servicios EJB. Aprovechando las capacidades de la plataforma JEE, la lógica de negocio se implementa en componentes Enterprise JavaBeans los cuales brindan escalabilidad y acceso transaccional al recurso del componente de análisis de rostros, en esta versión los servicios EJB se exponen con interfaces locales. Sin embargo, para el futuro crecimiento mediante interfaces remotas permite separar la capa de negocio para desplegarse en otras máquinas e incrementar la capacidad de respuesta.

Despliegue de aplicación y escalabilidad. Como contenedor para el despliegue de aplicación se utiliza el servidor de aplicaciones Jboss AS versión 7.1.1 teniendo en cuenta su compatibilidad con la plataforma JEE y de distribución libre. Este entorno de ejecución se despliega en “Amazon Web Services” (AWS) sobre una instancia EC2, el cual proporciona escalabilidad vertical a través del escalamiento automático. Se descarta la opción de escalamiento a través de “AWS Elastic Beanstalk” dadas las restricciones técnicas de la plataforma dado el tipo de servidor de aplicaciones y los propios requisitos de software del sistema como el uso de librerías nativas al sistema operativo.

Integración con la plataforma de Pago. En la implementación para realizar el pago electrónico de la adquisición del servicio de identificación biométrica facial se integra con el proveedor de pagos en línea "PayU". Mediante una suscripción con "PayU" se obtiene una llave privada utilizada para asegurar la petición al servicio de pagos a través de peticiones por http; teniendo en cuenta que el desarrollo utiliza el framework PrimeFaces, en este punto la funcionalidad se debe implementar utilizando paginas JSP.

Manejo de excepciones. En el sistema para darle tratamiento a las diferentes excepciones se diseñan dos clases para agruparlas, la primera nombrada como "SystemException", se encarga de encapsular las excepciones originadas por el sistema, como los posibles fallos en operaciones con base de datos, o conexión con los servicios EJB entre otros, y "BusinessException", es encargada de encapsular las excepciones originadas por las reglas de negocio, por ejemplo "la empresa no puede crear más terminales de las configuradas en el paquete de servicios adquirido". De esta forma se presentan mensajes apropiados a usuarios finales y escritura de log para las excepciones del sistema, estas clases se extienden de la clase "Exception" de Java.

División del proceso de reconocimiento facial entre aplicaciones. Con el propósito de optimizar el proceso de reconocimiento facial (descrito en el capítulo 2.1.2.1 Métodos de reconocimiento facial) la fase de detección facial se implementa en la parte cliente definida como módulo terminal.

Detección facial en web. Considerando la limitación encontrada en la prueba de concepto respecto de las limitaciones del componente seleccionado no funciona en ambiente web, para resolver el inconveniente se decidió utilizar librerías de java-script y jquery para detección de rostros en web e integrándose con las demás fases del proceso de reconocimiento facial.

El nivel de detección facial común denominado "Face Detection" o "Detección facial" utilizado por el API maneja un rango de 1 a 5, donde 5 indica que la coincidencia con el patrón al realizar una comparación es muy alta y evitaría generar falsos positivos, pero es muy restrictivo, por lo cual se establece en 3, adicionalmente se implementó un algoritmo para comparar los indicadores más altos obtenidos entre las plantillas de una misma persona, en este punto se aplicó un nivel de aceptación mayor o igual a un noventa por ciento.

Comunicación con los servicios. Aunque el módulo de terminal para reconocimiento facial se implementa en java-script y se encuentra inmersa en la aplicación web, con la proyección de reutilizar el servicio de identificación biométrica facial en el intercambio de los datos entre la capa de presentación (con java-script) y el servicio se utiliza el formato Json.

Diseño Multi-tenant. Partiendo del principio de arquitectura de software de una única instancia para soportar las múltiples peticiones del cliente, desde el diseño de la base de datos se implementa una sola base de datos para soportar la información varias empresas que a su vez, bajo su administración tiene personas que utilizan el servicio de identificación biométrica facial. La plataforma de servicios como una unidad compuesta de aplicaciones tramita las peticiones de los diferentes clientes de manera separada y a su vez compartiendo datos comunes a través de manejo de la caché del contexto del servidor de aplicaciones para maximizar recursos, por ejemplo disponer de las datos de ciudades y carga de las librerías para el análisis de rostros en reconocimiento facial.

Integración Referencial y no referencial. El diseño de la base se realizó teniendo en cuenta la integridad referencial entre tablas. Sin embargo, para el caso de la relación entre empresa y ciudad no aplica integridad referencial, directamente se almacena el dato del nombre de la ciudad en la tabla de la empresa, porque en grandes consultas para reportes se puede ver afectado el rendimiento considerando que la relación con ciudades tendería a crecer.

4.4. Esquema de Seguridad

Siguiendo el proceso de desarrollo de software seguro para obtener software más seguro y cumplir los requisitos de cumplimiento de seguridad. A continuación, se describen las medidas aplicadas siguiendo los principios de diseño seguro.

Defensa en profundidad. Entre los mecanismos de protección considerados bajo la capa de aplicación están el cifrado, control de acceso y autenticación. El cifrado de datos se aplica a los datos utilizados en el ingreso al sistema como son el usuario y contraseña, también en el acceso a las terminales donde utiliza usuario, contraseña y nombre abreviado de la empresa. El control de acceso se aplica implementando un único punto de ingreso para cada aplicación, donde a través de las capas se validan los datos y genera la autorización o rechazo del ingreso, a su vez apoyado en componentes tipo filtro se restringen las peticiones limitando el acceso directo a los componentes web del sistema. También se

aprovechan las capacidades del servidor de aplicaciones Jboss sobre el cual se almacenan las credenciales de acceso a la base de datos de forma cifrada.

Simplicidad del diseño. De acuerdo con los anteriores diagramas presentados acerca de la plataforma de servicios de identificación biométrico facial se compone de dos aplicaciones principales y estas a su vez se dividen en capas de componentes con responsabilidades fijas y adaptadas a la descomposición funcional, básicamente se implementó una capa web responsable de la presentación compuesta por html y java script en gran parte generada por el framework PrimeFaces más los componentes web para lógica de presentación del lado servidor; la capa de negocio implementadas en servicios Java Bean's Enterprise (EJB); Capa de persistencia provista por el framework JLCG-postgreSQL (es un desarrollo propio) y la capa de almacenamiento implementada en la base de datos Postgres, de esta forma se diseña un sistema con bajo acoplamiento de forma que un fallo o anomalía en un componente no afecte el estado de los demás.

Separación de dominios. En propósito de aplicar este principio se considera aplicar mínimos privilegios y separación de privilegios sobre los directorios del área de trabajo del sistema en el entorno de ejecución; mediante un usuario a nivel de sistema operativo para la aplicación, se establece acceso únicamente a un directorio con permiso de escritura (utilizado para el almacenamiento de imágenes) y un directorio de lectura para cargar datos de configuración. A nivel de base de datos el usuario utilizado para las operaciones de base de datos tiene permisos únicamente sobre los objetos de datos de la base de datos del sistema de identificación biométrica facial y totalmente restringido otros objetos (como las tablas del sistema), de esta forma minimizar la probabilidad de que actores maliciosos obtengan fácilmente acceso a las ubicaciones de otros directorios u objetos de datos del sistema (base de datos o sistema operativo).

Separación código, ejecutables y datos configuración y programa. Con el propósito de reducir la probabilidad de que un atacante informático pueda acceder a los archivos ejecutables y datos de configuración de la plataforma de identificación biométrica facial, el sistema se soporta en las capacidades del servidor de aplicaciones Jboss, los archivos de configuración se ubican en el directorio de configuración del servidor de aplicaciones de tal forma que el acceso es suministrado por el mismo servidor y no se dispone de rutas del sistema de archivos de forma similar datos de conexiones a correo y servidor de base de datos se configuran bajo la consola de administración del servidor de aplicaciones. Los datos del archivo de configuración se almacenan cifrados.

4.5. Pruebas

La etapa de pruebas [23] consiste en la formulación de una serie de casos de prueba que buscan demoler la aplicación construida. El objetivo es diseñar pruebas que de forma sistemática expongan los errores utilizando el mínimo de tiempo y esfuerzo; los resultados de las pruebas demuestran hasta qué punto las funciones del software parecen funcionar de acuerdo con las especificaciones.

4.5.1. Pruebas de Software

Bajo el plan de pruebas se planifican las pruebas a realizar para el sistema de identificación biométrica facial, como la identificación de los elementos a probar, tipos de pruebas y recursos a utilizar.

4.5.1.1 Elementos de Prueba

En la siguiente tabla se listan las funcionalidades bajo los módulos a probar

Tabla 28. Lista de Elementos de Prueba

Componente	Funcionalidad
Suscripción	Registro Cuenta Registro de usuario administrador Registro de empresa Armar paquete de servicio de identificación facial Pago de servicio
Administración	Administrar terminal Administrar Persona
Identificación	Identificación biométrica facial

Elaboración propia.

4.5.1.2 Tipos de Prueba

En las siguientes tablas se describe cada tipo de prueba, el objetivo, la técnica y criterios de finalización.

Tabla 29. Descripción de Pruebas de Integridad

Tipo Prueba	Pruebas de Integridad de Datos
Objetivo	Verificar la calidad de los datos, mediante la revisión del almacenamiento en la base de datos del sistema, para comprobar que son fieles a lo esperado y evitar inconsistencias.
Técnica	Invocar cada procedimiento de entrada de datos, e inspeccionar los datos en la base de datos.
Criterios de finalización	Todos los procedimientos y métodos de acceso funcionan como se diseñaron, sin ningún error en los datos.

Elaboración propia.

Tabla 30. Descripción de Pruebas Funcionales

Tipo Prueba	Pruebas Funcionales
Objetivo	Asegurar la correcta funcionalidad conforme a satisfacer los requerimientos funcionales.
Técnica	Ejecutar cada funcionalidad de acuerdo con la especificación funcional con datos validos e inválidos, para identificar cuando son correctos los resultados satisfactorios y cuando son inválidos la correspondiente validación mediante el manejo del error.
Criterios de finalización	Todas las pruebas planificadas se han ejecutado correctamente. Todos los defectos identificados durante el desarrollo de las pruebas se han considerado y resuelto.

Elaboración propia.

4.5.1.3 Recursos de Software

En la siguiente tabla se listan las herramientas a utilizar en el desarrollo de las pruebas.

Tabla 31. Lista de Herramientas

Herramienta	Propósito
Google Chrome	Interfaz de usuario, para realizar la navegación de la aplicación.
PgAdmin3	Herramienta de cliente para consultar en la base de datos.

Microsoft Word	Editor de texto para registro de defectos y pantallas.
----------------	--

Elaboración propia.

4.5.2. Casos de Pruebas de Software

A continuación, mediante tablas se registra cada caso de prueba y su resultado final.

Tabla 32. Caso de Prueba Registro Cuenta

Caso de Prueba	Registro Cuenta
Descripción de la prueba	En las pruebas se intenta iniciar el procesos de suscripción suministrando una cuenta de correo.
Condiciones de ejecución	El usuario que realizará la prueba no debe estar con una sesión activa en el sistema.
Entradas/pasos de ejecución	Se ingresa a la página de suscripción. 1. Se ingresa una cuenta de correo y una contraseña, una cuenta que no esté registrada y se recibe un correo en el buzón de la cuenta suministrada. 2. Se ingresa con una cuenta de correo ya registrada.
Resultado esperado	En caso 1. El sistema confirma la cuenta, se ha registrado correctamente. En el caso 2. El sistema notifica que la cuenta ya existe.
Evaluación y resultado	El resultado cumple lo esperado. Aprobado

Elaboración propia.



Servicio Biometrico Facial Nube

Registro de Cuenta de Usuario

Cuenta de Correo:

Contraseña:

Figura 30. Registro Cuenta. (Elaboración propia)

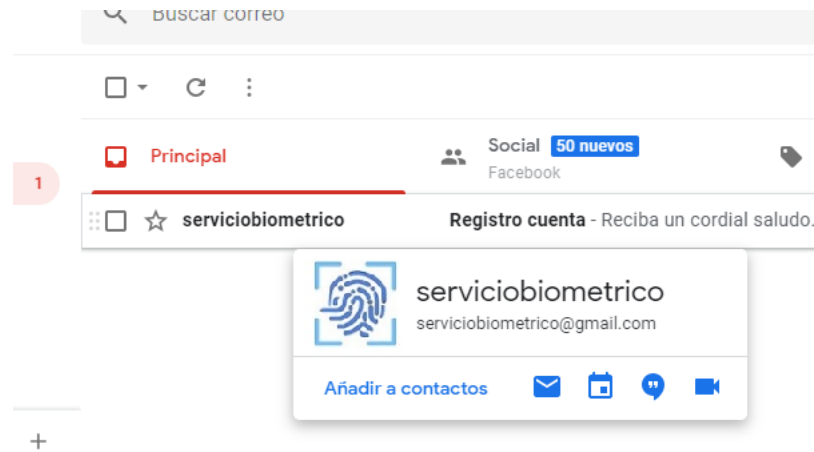


Figura 31. Registro Cuenta. (Elaboración propia)

Tabla 33. Caso de Prueba Registro Usuario

Caso de Prueba	Registro Usuario
Descripción de la prueba	Se utiliza el enlace suministrado en el correo de respuesta y se procede a registrar los datos del usuario administrador.
Condiciones de ejecución	Ha realizado el caso "Registro Cuenta".
Entradas/pasos de ejecución	Suministrar los datos de usuario.
Resultado esperado	Se despliega el formulario para diligenciar los datos del usuario.
Evaluación y resultado	El resultado cumple lo esperado. Ver imagen. Aprobado.

Elaboración propia.



Servicio Biometrico Facial Nube

Registro - Datos de Usuario

Para continuar con su registro diligencie los siguientes datos

Datos de Usuario	
* Numero de cedula	<input type="text" value="800900700"/>
* Nombres	<input type="text" value="Kio"/>
* Apellidos	<input type="text" value="Covaruna"/>
* Telefono	<input type="text" value="310454545"/>

[▶ Siguiente](#)

Figura 32. Registro Usuario. (Elaboración propia)

Tabla 34. Caso de Prueba Registro Empresa

Caso de Prueba	Registro Empresa
Descripción de la prueba	Cuando el registro de usuario es correcto, automáticamente avanza con el registro empresa.
Condiciones de ejecución	Ha realizado el caso "Registro Usuario".
Entradas/pasos de ejecución	Suministrar los datos de la empresa dependiendo del tipo de empresa cambia el formulario
Resultado esperado	Se despliega el formulario para diligenciar los datos del usuario y el formulario cambia según el tipo de organización.
Evaluación y resultado	El resultado cumple lo esperado. Ver imagen. Aprobado.

Elaboración propia.



Servicio Biometrico Facial Nube

Registro - Datos de Empresa

Datos Empresa	
* Tipo:	<input type="text" value="Natural"/>
* Cedula Ciudadania	<input type="text" value="8009007"/>
* Nombres	<input type="text" value="Kio"/>
* Apellidos	<input type="text" value="Covaruna"/>
* Alias	<input type="text" value="corvas"/>
* Ciudad	<input type="text" value="Bogota"/>
* Direccion	<input type="text" value="calle 145 # 12-12"/>
* Telefono	<input type="text" value="3104545451"/>

[▶ Siguiente](#)

Figura 33. Registro Empresa. (Elaboración propia)

Tabla 35. Caso de Prueba Armar Paquete

Caso de Prueba	Armar Paquete
Descripción de la prueba	Cuando el registro de empresa es correcto, automáticamente avanza con armar paquete.
Condiciones de ejecución	Ha realizado el caso "Registro Empresa".
Entradas/pasos de ejecución	Suministrar la cantidad de terminales que requiere la

	<p>organización, la cantidad de personas que tendrán identificación biométrica facial, el período de tiempo para realizar el corte de facturación del servicio.</p> <p>Cálculo de costo del servicio, el sistema presenta una cotización.</p> <p>Aprobación del contrato de servicio según “Normas y Condiciones” de la prestación de servicio.</p> <p>Continuar para pagar la cotización.</p>
Resultado esperado	<p>Se despliega una interfaz donde mediante los íconos de signo más y signo menos se suministra la cantidad de terminales, persona y período.</p> <p>Se presentan las condiciones, con un chequeo para aprobarlas.</p>
Evaluación y resultado	El resultado cumple lo esperado. Ver imagen. Aprobado.

Elaboración propia.




Figura 34. Arma Paquete. (Elaboración propia)

Tabla 36. Caso de Prueba Pago de Servicio

Caso de Prueba	Pago de Servicio
Descripción de la prueba	Cuando se aceptó el pago de la cotización, el cliente continúa con la ejecución de la transacción de pago.
Condiciones de ejecución	Ha realizado el caso “Armar Paquete”.

Entradas/pasos de ejecución	<p>El cliente realiza el pago electrónico con dos posibilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pago electrónico mediante los medios de pago ofrecidos por la pasarela. 2. El cliente ingresa un código de bono para utilizar el sistema con el fin de obtener una prueba del servicio.
Resultado esperado	<p>El sistema despliega el detalle de la factura por la suscripción al servicio de identificación biométrica facial y se conecta a la pasarela de pago o le confirma que su bono es aceptado.</p>
Evaluación y resultado	<p>El resultado cumple lo esperado. Ver figura 35. Aprobado.</p> <p>El sistema acepta bonos válidos.</p> <p>El sistema se integra con la plataforma de pago para realizar pagos electrónicos. Ver figura 36.</p>

Elaboración propia.



Servicio Biometrico Facial Nube

Pagar Factura

Datos Factura			
Numero:	30		
Periodo:	2019-01-14 22:38:12.999 - 2019-02-13 22:38:12.999		

Datos Cliente			
Identificacion:	8009007		
Nombre:	Kio		
Ciudad:	Bogota		
Direccion:	calle 145 # 12-12		
Telefono:	3104545451		

Datos Paquete			
Detalle			
Concepto	Cantidad	Valor	
Terminal basica	5	250000	
Usuario basico	20	40000	
Servicio en meses	1	50000	
Total		340000	

Pagar

Pago Mediante Bono	
En caso de disponer de bono para pago, ingrese el codigo	
Codigo:	

Pagar con Bono

Figura 35. Pago de Factura. (Elaboración propia)

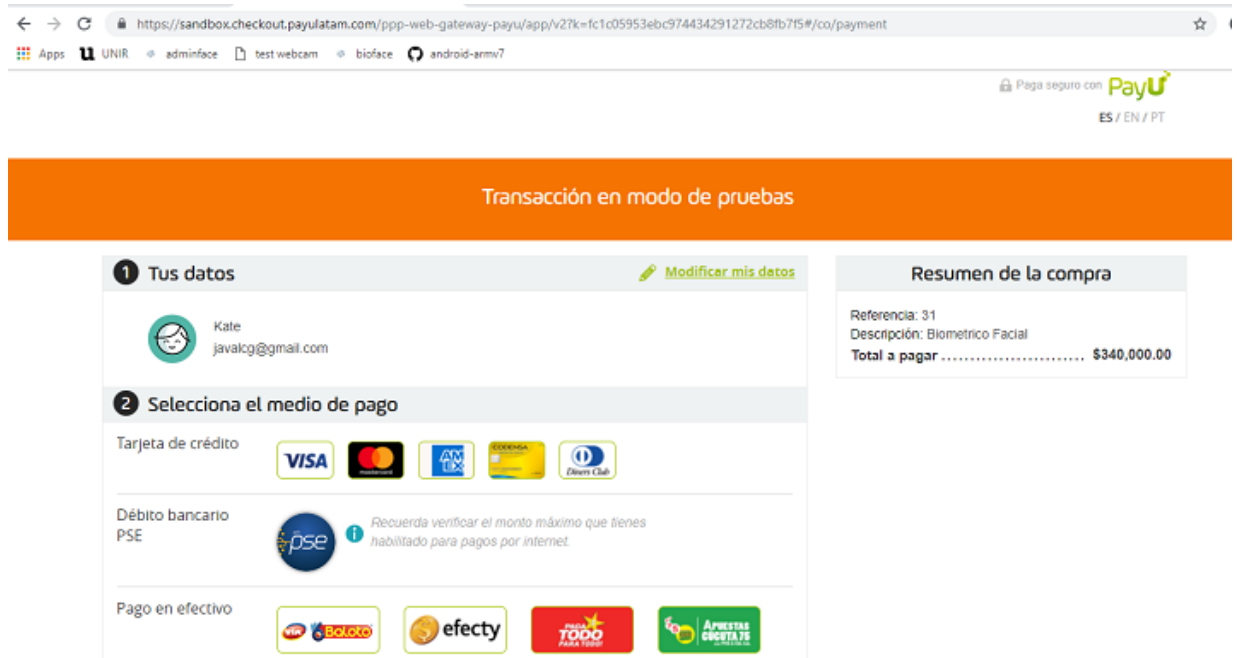


Figura 36. Pago Electrónico. (Elaboración propia)

Tabla 37. Caso de Prueba Crear Terminal

Caso de Prueba	Crear Terminal
Descripción de la prueba	Una vez aprobado el pago, se activa el paquete y el usuario ingresa a la plataforma, y empezar por crear las terminales de identificación biométrica facial para habilitarlas.
Condiciones de ejecución	Suscribirse y haber realizado el pago para disponer de servicio.
Entradas/pasos de ejecución	El cliente ingresa a la plataforma, a la administración de terminal y crea una terminal, con los datos de nombre, usuario para iniciar la sesión de la terminal y contraseña.
Resultado esperado	El sistema despliega el formulario para ingresar la información de la terminal y mediante la opción de consulta debe encontrarse la terminal creada.
Evaluación y resultado	El resultado cumple lo esperado. Ver imagen. Aprobado.

Elaboración propia.



Perfil ▾ Administracion ▾ Servicio ▾ Ayuda ▾

Administrar Terminal - Crear Terminal

Datos Terminal	
Nombre:	<input type="text" value="principal"/>
Usuario:	<input type="text" value="vigia1"/>
Contraseña:	<input type="text"/>

Atras

Guardar

Figura 37. Crea Terminal. (Elaboración propia)

Tabla 38. Caso de Prueba Crear Persona

Caso de Prueba	Crear Persona
Descripción de la prueba	Crear un usuario suministrando sus datos personales y suministrar sus fotos mediante archivo o captura de foto por webcam.
Condiciones de ejecución	Suscribirse y haber realizado el pago para disponer de servicio.
Entradas/pasos de ejecución	Datos de la persona número de identificación, nombres y apellidos, una o más fotos de la persona mediante archivo o captura de imagen de rostro mediante webcam.
Resultado esperado	El sistema despliega el formulario de ingreso de datos de la persona, confirma almacenamiento y despliega carga de archivo o permite capturar la imagen de rostro mediante foto por webcam.
Evaluación y resultado	El resultado cumple lo esperado. Ver imagen. Aprobado.

Elaboración propia.



Perfil ▾ Administracion ▾ Servicio ▾ Ayuda ▾

i Informe La creacion de la persona se realizo exitosamente

Administrar Personal - Crear Persona

Datos Personal	
* Numero:	<input type="text" value="98200100"/>
Nombre:	<input type="text" value="Jose Luis"/>
Apellido:	<input type="text" value="Caicedo Gonzalez"/>
Recurso para cargar foto :	<input type="radio"/> Archivo <input checked="" type="radio"/> Camara WEB

i Informe La creacion de la persona se realizo exitosamente

Figura 38. Crea Persona. (Elaboración propia)

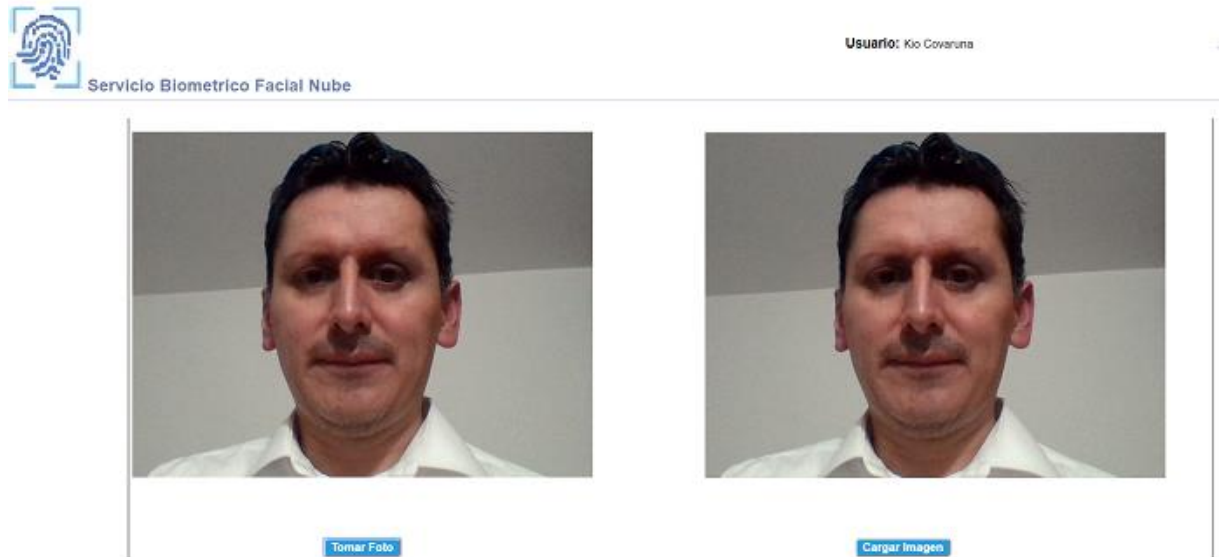


Figura 39. Captura de rostro. (Elaboración propia)

Tabla 39. Caso de Prueba Identificación Biométrica Facial

Caso de Prueba	Crear Persona
Descripción de la prueba	Iniciar una sesión a la terminal creada para la identificación biométrica facial, la persona debe ubicarse frente a la cámara web y automáticamente el sistema identifica a la persona presentando sus datos personales.
Condiciones de ejecución	Habilitar la terminal de identificación biométrica facial y tener registrada a la persona o personas a identificar.
Entradas/pasos de ejecución	Credenciales de acceso a la terminal como es nombre corto de la empresa que demanda el servicio, el usuario, contraseña y la presencia de la persona.
Resultado esperado	En la url del servicio de identificación biométrica se despliega la interfaz para autenticación de la terminal y al ingresar automáticamente se habilita la cámara web para iniciar la identificación biométrica facial. Cuando el sistema identifica se suspende unos segundos para permitir presentar los datos a la persona identificada y reanuda el proceso.
Evaluación y resultado	El resultado cumple lo esperado. Ver imagen. Aprobado.

Elaboración propia.

Ingreso Identificación Facial

Nombre Corto Empresa

Usuario:

Contraseña

[Olvido su contraseña](#)

Figura 40. Acceso a Terminal. (Elaboración propia)

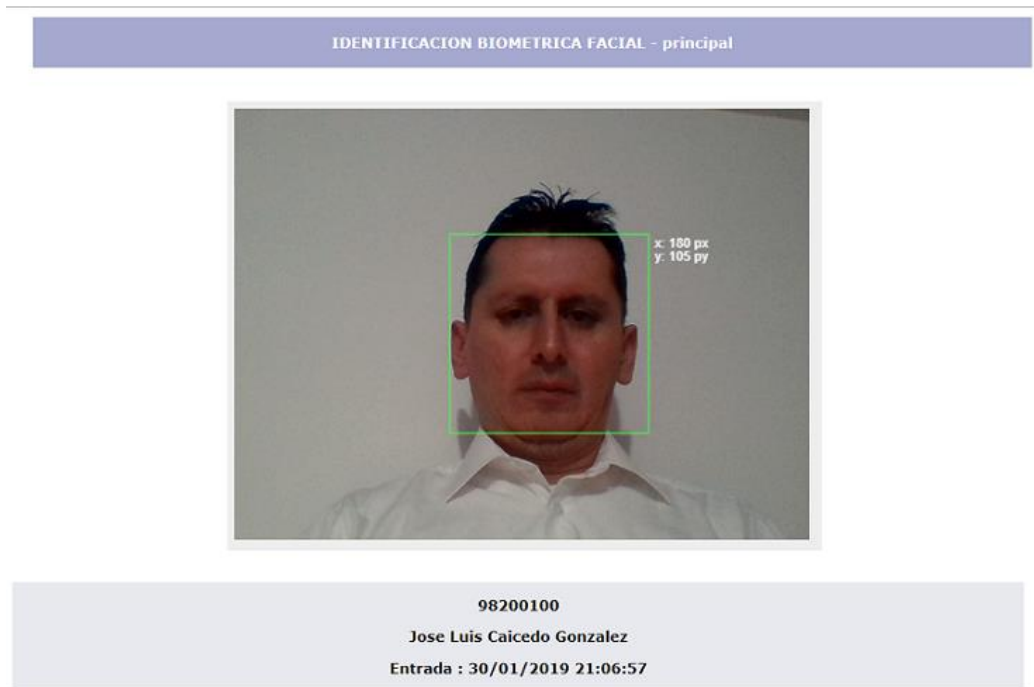


Figura 41. Identificación Biométrica Facial. (Elaboración propia)

5. Conclusiones y trabajo futuro

5.1. Conclusiones

Generalmente las soluciones de reconocimiento facial enfocadas en el control de asistencia para registrar la entrada y salida del personal vinculado a la organización se ubican en los puntos de ingreso a las instalaciones, entre las alternativas más comerciales se encuentran sistemas que incorporan el hardware y software en un solo dispositivo, los cuales presentan limitaciones cuando el volumen de información crece, otras opciones de mayor capacidad y cobertura conllevan a la asistencia técnica por parte del proveedor para suplir estas necesidades. En este sentido mediante el desarrollo de una plataforma para ofrecer el servicio de identificación biométrica facial propone generar un aporte para superar las limitaciones mencionadas permitiendo incrementar su capacidad en la medida de la demanda y automatizar esta gestión.

Desde un punto de vista tecnológico, en el desarrollo de un sistema basado en identificación biométrica facial, el primer aspecto a considerar es el componente que incorpora los algoritmos de detección facial y el análisis de rasgos faciales, dado que de ello depende la identificación de personas con eficiencia y adicionalmente las restricciones técnicas

involucradas para la implementación. En esta actividad se realizó una investigación, basada en la lectura de referencia técnica y pruebas de los componentes candidatos, encontrando restricciones como capacidades en el proceso de identificación, rendimiento, dependencia con el sistema operativo, dependientes del proveedor y licenciamiento. Mediante el desarrollo de pruebas de concepto sobre componentes para reconocimiento facial se cumplió este objetivo, de manera tal que mediante el uso de la librería seleccionada "Luxand" más su integración con java script y JQuery permitió obtener la viabilidad técnica de la propuesta y terminar el desarrollo dentro del tiempo previsto.

Siguiendo el proceso de desarrollo de software, se realizaron las actividades de ingeniería de requisitos con el apoyo del "Parque Tecnológico de Software ParqueSoft" como potencial cliente, con quién se hizo el levantamiento de información para la definición de las especificaciones funcionales, permitiendo de esta forma delimitar el alcance funcional del sistema conforme a las necesidades planteadas. Mediante las iteraciones a través del ciclo de desarrollo de software se realizaron pruebas funcionales que permitieron detectar defectos y mejorar la calidad del sistema, con este filtro se logró pasar a las pruebas de aceptación sin inconvenientes. Finalmente, en las instalaciones de "ParqueSoft" se realizaron pruebas de aceptación, donde se obtuvo un resultado favorable basado en la especificación de requisitos, indicando que las prestaciones del software responden a las necesidades definidas, logrando de esta forma los objetivos de análisis de requisitos y pruebas que aseguran el cumplimiento de lo planteado.

La plataforma de servicio de identificación biométrica facial se diseñó teniendo en cuenta características de usabilidad de manera que sea intuitiva para el usuario final, a fin de ofrecer facilidad para adquirir el servicio, partiendo de aspectos como simplicidad en la interfaz de usuario, reducir al mínimo los pasos del proceso e ingreso de información. Desde el primer paso "la suscripción", el sistema le orienta paso a paso al usuario para habilitar su servicio y ponerlo en marcha, de esta forma se cumple e innova con una aplicación que no requiera atención técnica por parte del proveedor.

El sistema se diseñó para soportar la información y procesos de múltiples organizaciones de manera que todas pudieran interactuar sobre la misma plataforma, a su vez atender las múltiples peticiones en la identificación biométrica facial del grupo de personas de cada entidad sobre sus terminales. Mediante la opción de modificar el paquete de servicio en: cambio de cantidad de terminales, cantidad de personas para reconocimiento facial y tiempo de período de corte de servicio desarrolladas para el usuario final, donde puede incrementar

o disminuir estas características, le permite obtener un servicio de identificación biométrica facial a la medida de su necesidad, logrando así cumplir el objetivo de diseño.

5.2. Líneas de trabajo futuro

La arquitectura diseñada para el sistema de identificación biométrico facial desplegado en la nube resuelve el tema de escalabilidad mientras el cliente final demanda más capacidades, la plataforma se apoya en la infraestructura IaaS para incrementar los recursos de cómputo siendo transparente para el usuario final en términos de gestión técnica, y desde el modelo software como servicio para ofrecer la auto gestión para los clientes, pero a partir del diseño implementado en funcionalidades genéricas como el registro de personal con la información de su rostro y el identificador facial en web, pero hay varios aspectos para continuar mejorando, expuestos a continuación:

Instalar la versión de escritorio desarrollada en el proyecto sobre una tarjeta Raspberry con cámara y pantalla táctil, de esta forma ofrecer una alternativa para reducir los posibles costos en los que podría incurrir una organización al invertir un equipo de cómputo completo con cámara web. En este punto las características técnicas están soportadas, tanto las librerías de la API de reconocimiento y la aplicación en lenguaje Java están habilitadas en este hardware para procesadores ARM 7 y conectividad por Ethernet o WIFI.

En un futuro escenario donde la plataforma incorpore una gran cantidad de organizaciones utilizando el servicio, se puede mejorar el rendimiento en la capa de aplicación desplegando la capa de negocio en máquina independiente de la capa de presentación, dado el diseño en componentes EJB (utilizando las interfaces remotas) y en clúster. En la capa de almacenamiento se puede implementar un modelo de base de datos dinámica dedicada a cada cliente, ofreciendo un mejor rendimiento.

Mejorando la detección facial en dos dimensiones, a tres dimensiones, permitiría ampliar la cobertura del servicio de identificación biométrica desarrollado a incursionar en sistemas de control de acceso para implementar seguridad en el acceso a otros sistemas de información utilizando la identificación biométrica facial en web.

6. Bibliografía

- [1] R. Álvarez. La red de cámaras equipadas con reconocimiento facial más grande del mundo, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/privacidad/reconocimiento-facial-se-sigue-expandiendo-china-metro-beijing-shanghai-incorporan-sistemas-rastreo-biometrico> . [Accedido: Octubre 2018]
- [2] G. Williams. El rol del reconocimiento facial para la aplicación de la ley, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.facefirst.com/blog/el-roi-del-reconocimiento-facial-para-la-aplicacion-de-la-ley/> [Accedido: Octubre 2018]
- [3] D. Harwell. Amazon met with ICE officials over facial-recognition system that could identify immigrants, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.washingtonpost.com/technology/2018/10/23/amazon-met-with-ice-officials-over-facial-recognition-system-that-could-identify-immigrants/?noredirect=on&utm_term=.4fef8804bb4 [Accedido: Octubre 2018]
- [4] Plataforma biométrica homini, 2004. [En línea]. Disponible en: http://www.homini.com/new_page_5.htm [Accedido: Noviembre 2018]
- [5] Tecnologías biométricas aplicadas a la ciberseguridad. Incibe Instituto Nacional de ciberseguridad, [...] [En línea]. Disponible en: https://www.incibe.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/guia_tecnologias_biometricas_aplicadas_ciberseguridad_metad.pdf [Accedido: Noviembre 2018]
- [6] Mitobi, servicios integrados limitados. Equipo VF300 de reconocimiento facial con software embebido, [...] [En línea]. Disponible en: <https://www.mitobiltd.com/product/vf300-facial-recognition-time-attendance-terminal-support-face-id-suitable-for-all-office-employee-or-factory-school-etc/> [Accedido: Noviembre 2018]
- [7] A. Bernardo. Así ha avanzado la tecnología de reconocimiento facial, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://blogthinkbig.com/asi-ha-avanzado-la-tecnologia-de-reconocimiento-facial> [Accedido: Noviembre 2018]
- [8] Bismita, C. B., Patrick, T. P., Biju, I. B., Valliappan, R. V., & Manas, H. M., "A Survey on Biometrics and Cancelable Biometrics Systems", Pdfs.semanticscholar.org, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://tees.openrepository.com/tees/bitstream/10149/621491/2/621491.pdf>. [Accedido: noviembre-2018]
- [9] Identificación, verificación y proceso del reconocimiento facial. Kimaldi, [...] [En línea]. Disponible en: https://www.kimaldi.com/productos/sistemas_biometricos/huella_vascular_y_facial/biometria_facial/find-face-enterprise-server-sdk-reconocimiento-facial/[Accedido: Diciembre 2018]
- [10] G. Acosta. Sistema de autenticación biométrica por reconocimiento de rostro, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.diyys.catolica.edu.sv/wp-content/uploads/2016/05/10BiometricaAnVol3.pdf> [Accedido: noviembre-2018]
- [11] Suad H. Ahmed O. Biometric system based on face recognition system, 2016. [En línea]. Disponible en: http://www.asafvarol.com/tezler/Suad_Tez.pdf [Accedido: noviembre-2018]
- [12] Open C V. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.opencv.org/about.html> [Accedido: noviembre-2018]

- [13] FindFace Enterprise Server SDK – Reconocimiento facial. 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.kimaldi.com/productos/sistemas_biometricos/huella_vascular_y_facial/biometria_facial/find-face-enterprise-server-sdk-reconocimiento-facial/ [Accedido: diciembre-2018]
- [14] Luxand FaceSDK. 2005. [En línea]. Disponible en: https://www.luxand.com/download/Luxand_FaceSDK_Documentation.pdf. [Accedido: diciembre-2018]
- [15] Amazon Rekognition Developer Guide. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://docs.aws.amazon.com/rekognition/latest/dg/rekognition-dg.pdf#what-is>. [Accedido: noviembre -2018]
- [16] G. Reese. Cloud Application Architectures, Building Applications and Infrastructure in the Cloud, 2009. [En línea]. Disponible en: <http://shop.oreilly.com/product/9780596156374.do> [Accedido: noviembre -2018]
- [17] Syed A. Ahson • M. Ilyas. Cloud Computing and Software Service, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.cs.ucsb.edu/~rich/publications/book2010.pdf> [Accedido: diciembre- 2018]
- [18] Control Biométrico de Acceso y Asistencia de Personal i-Faces Planigrafo con reconocimiento de rostro vital y simulador de voz, [...] [En línea]. Disponible en: <https://www.planigrafo.com/ifaces.html> [Accedido: noviembre -2018]
- [19] Fevox Soluciones. Accesos Inteligentes. Control de visitantes y funcionarios, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.fevox.co/solution/control-visitantes-funcionarios/> [Accedido: diciembre -2018]
- [20] Detec Ingeniería. Control de asistencia y acceso, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.detc.com.co/acceso-y-asistencia> [Accedido: diciembre -2018]
- [21] Detec Ingeniería. Control de asistencia y acceso, 2015. Extraído de: Cotización suministrada por Detec Ingeniería. (Incluida como anexo) [Accedido: Diciembre- 2018].
- [22] J. Rumbaugh y M. Blaha. Modelado y diseño orientados a objetos. Metodología OMT. Ed. Pearson Education, 1996. [Consultado en Octubre 2018]
- [23] R. Pressman. Ingeniería del Software: Un enfoque práctico. Ed. McGraw-Hill, 5Ta edición, 2011. [Consultado en bre 2018]

Anexos

Anexo I. Artículo

Máster universitario en Ingeniería de Software y Sistemas Informáticos

Plataforma de Servicio de Identificación Biométrica Facial

Caicedo González, José Luis

luix17@yahoo.com

Universidad Internacional de La Rioja

Resumen- El reconocimiento facial es una tecnología que en los últimos años ha ganado acogida para utilizarse en una variedad de aplicaciones, sobre todo para validación de identidad, control de acceso, búsqueda de personas, control de asistencia entre otros, y sobre esta última aplicación, en el mercado se encuentra una diversidad de opciones, generalmente equipos con el software de reconocimiento embebido en su sistema, entre este tipo de soluciones se presentan típicas desventajas como la limitada capacidad de almacenamiento, restricciones de crecimiento o requerimiento de asistencia personalizada por parte del proveedor para su instalación.

La propuesta del proyecto es desarrollar una plataforma para ofrecer el servicio de control de asistencia mediante identificación biométrica facial resolviendo las desventajas mencionadas a través de las capacidades de la computación en la nube. Utilizando el modelado orientado a objetos se diseñó de la estructura de un sistema escalable, previsto para ofrecer un servicio a múltiples organizaciones a la medida de sus necesidades donde la adquisición del servicio se realiza bajo la auto gestión del cliente.

Palabras clave: *biométrico facial nube, control asistencia, reconocimiento rostros.*

Abstract

Facial recognition is a technology that in recent years has gained acceptance for use in a variety of applications, especially for identity validation, access control, search for people, attendance control among others, and on this last application, in the market is a variety of options, usually equipment with recognition software embedded in its system, between this type of solutions are typical disadvantages such as limited storage capacity, growth restrictions or require personalized assistance from the provider for installation.

The proposal of the project is to develop a platform to offer the service of assistance control through biometric facial identification solving the mentioned disadvantages through the capabilities of cloud computing. Using the object-oriented modeling was designed from the structure of a scalable system, designed to provide a service to multiple organizations tailored to their needs where the acquisition of the service is done under the customer's self-management.

Keywords: *biometric facial cloud, attendance control, faces recognition.*

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años en muchos países ha crecido el interés por la utilización de diferentes tecnologías de reconocimiento biométrico, dado que proporcionan mayor fiabilidad en la identificación de la persona respecto a métodos tradicionales. Las tecnologías en este campo principalmente utilizan métodos de identificación a través de huellas dactilares, reconocimiento facial, voz, iris en una gran diversidad de aplicaciones como identificación de pasaportes en migración, control de ingreso a áreas restringidas, monitoreo de personas en eventos deportivos, consulta de antecedentes, búsqueda de personas entre otros. Por ejemplo, China [1] cuenta con la red de cámaras equipadas con reconocimiento facial más grande del mundo.

Sin embargo, el reconocimiento biométrico continúa presentando desafíos. Las características físicas de las personas si bien son únicas, pueden cambiar con el tiempo, en el aspecto técnico se encuentran problemas de confiabilidad, reducidas precisiones de reconocimiento en ciertos entornos, extracción de características complicadas, altos costos de configuración y problemas de rendimiento. En el campo de desarrollo de soluciones de identificación biométrica, generalmente estas se encuentran estrechamente ligadas en relación al hardware y software utilizado; como cámaras especializadas, lectores de huellas con drivers específicos al sistema operativo, librerías específicas para una gama de marcas de dispositivos.

La técnica de reconocimiento facial, donde se identifica o verifica automáticamente la identidad de la persona utilizando sus características faciales, con sus ventajas y desventajas está siendo la más acogida respecto de las técnicas mencionadas. En soluciones para control de ingresos y/o control de asistencia, usualmente se implementa mediante un equipo (hardware) con su software embebido teniendo restricciones de cobertura y a nivel de servicios se disponen funcionalidades en línea para desarrollo de aplicaciones. En este panorama aún se encuentra una brecha de servicios de identificación biométrica facial para ser utilizados por usuarios finales.

Soportado en las capacidades de la computación en la nube y la disponibilidad de componentes para implementación de identificación biométrica facial, la propuesta es desarrollar un sistema dispuesto como una plataforma en la nube para la autogestión por parte de los usuarios finales en la adquisición del servicio de identificación biométrica facial, de forma que se habilite y automatiza el aprovisionamiento de los recursos acorde con las necesidades del cliente y auto gestión del servicio.

II. RECONOCIMIENTO FACIAL

La biometría facial [2] se originó en los años sesenta, al igual que otras técnicas biométricas ha tenido un gran avance en los últimos años. Los primeros algoritmos se basaban en modelos geométricos simples, pero gracias a las innovaciones computacionales ha abierto paso a la creación de una ciencia mucho más sofisticada, basada en lo que se conoce como representaciones matemáticas y procesos de coincidencia.

Partiendo de las generalidades de los sistemas biométricos, en la técnica facial funciona tanto el método de identificación facial como la verificación facial. Por su naturaleza en el sistema biométrico facial implícitamente realiza lo que se denomina la detección facial, que se refiere a que el sistema es capaz de detectar la existencia de un rostro en una imagen o imagen de video para luego procesarla antes de aplicar los métodos mencionados.

El uso de los métodos de identificación y verificación depende de los requisitos del sistema, como la rapidez con la que funciona y el tamaño de una base de datos biométrica que consume altos recursos de procesamiento y almacenamiento.

La identificación [3] es el proceso de reconocimiento de la identidad de un individuo mediante la ejecución de coincidencias contra varias plantillas de imagen que se encuentran almacenadas. Los sistemas de identificación facial son diferentes de los sistemas de verificación facial porque intentan aceptar o negar la identidad reclamada por un individuo desconocido. Estos sistemas intentan responder a la pregunta "¿Quién es este individuo?" de forma que realiza una comparación de la plantilla de los datos biométricos de capturados con todas las plantillas de los rostros de las personas almacenados en el sistema. Cuando encuentra una coincidencia, acepta y reconoce la identidad del individuo, de lo contrario, la niega.

La verificación, se puede decir que es una autenticación, donde el individuo presenta una identificación como un código, afirmando que se encuentra registrado en el sistema y presenta su muestra biométrica facial, con estos datos de entrada, el sistema procede a verificar la imagen de la cara del individuo presentado comparándolo con la plantilla correspondiente de quien dice ser, el sistema acepta si la identidad reclamada es verdadera o la rechaza si es falsa.

Los sistemas de verificación generalmente se denominan sistemas de coincidencia uno a uno porque intentan hacer coincidir las características biométricas de

las características faciales presentadas por el individuo con la plantilla específica ya almacenada. El uso del método de verificación genera resultados más rápidamente que el método de identificación, ya que solo necesita comparar la biometría facial del individuo con una sola referencia de plantilla. El propósito de los sistemas de verificación es evitar que varias personas utilicen la misma identidad.

En la interacción con el sistema biométrico facial se realizan dos fases denominadas entrenamiento facial y reconocimiento facial. En la fase de entrenamiento, se genera el almacén de datos de características de los rostros de las personas que será utilizada para su posterior comparación. En la fase de reconocimiento facial se realiza la comparación de las características de una persona con las almacenadas en el sistema.

En la fase de entrenamiento realiza los pasos [4] de: detección del rostro sobre la imagen capturada, pre procesamiento de la imagen facial, extracción de las características de la cara, mientras que en la fase de reconocimiento se encuentran los tres pasos mencionados, más un cuarto paso que es la comparación de características.

A. Tecnologías para Reconocimiento Facial

Desde el punto de vista de recursos para implementación de un sistema de identificación biométrica facial, importantes fabricantes de tecnología han desarrollado librerías y servicios que incorporan algoritmos encargados de resolver parte de los pasos mencionados del proceso de reconocimiento facial. Entre los más destacados se encuentran los siguientes:

La librería OpenCV [5] (Open Source Computer Vision Library) Es una biblioteca de software de visión de computadora y de aprendizaje automático de código abierto, se construyó para proporcionar un recurso común para aplicaciones de visión artificial y promover el uso de la percepción en las máquinas.

FindFace Enterprise Server SDK [6] Es una librería propietaria del fabricante Kimaldi basada en una red neuronal para reconocimiento facial opera con una tasa de error de 1 en 1.000.000. Entre sus capacidades se denotan las siguientes: puede reconocer las expresiones faciales y detecta las emociones primarias y secundarias, identifica el género y la edad, detecta la edad de una persona con un 95% de precisión en un intervalo de 5 años.

Luxand FaceSDK [7] Es una biblioteca multiplataforma de detección y reconocimiento de rostros que se puede integrar fácilmente en la aplicación del cliente. FaceSDK ofrece la API para detectar y rastrear caras y rasgos faciales, para reconocer el género, la edad y las expresiones faciales como una sonrisa, si los ojos están abiertos o cerrados y reconocer caras en imágenes fijas y videos.

Amazon Rekognition [8] Es un servicio de análisis de imágenes disponible en la suite de Amazon a través de la API de Amazon Rekognition para el desarrollo de aplicaciones, el servicio puede identificar objetos, personas, texto, escenas y actividades, es capaz de detectar cualquier contenido inapropiado. Amazon

Rekognition proporciona un análisis y un reconocimiento facial de gran precisión, permite detectar, analizar y comparar caras para una amplia variedad de casos de uso, incluida la verificación de usuarios, la catalogación, el conteo de personas y la seguridad pública.

B. *Software Como Servicio*

La propuesta de desarrollar una plataforma de servicio de identificación biométrica facial se apoya en el concepto de software como servicio, para lo cual se consideran las principales características de este modelo, a saber:

El software [9] es accesible, manejado y comercializado vía red. El mantenimiento y actividades relacionadas con el software se realizan desde un lugar centralizado en lugar de hacerlo en cada cliente, permitiendo a estos acceder a las aplicaciones vía la red. La aplicación es distribuida típicamente bajo el modelo de uno-a-muchos, incluyendo su arquitectura, administración, precio y asociación. Generalmente se basa en un modelo de comercialización en el cual no hay un costo inicial, sino un pago por suscripción o por utilización, en el cual no se diferencia la licencia del software, del alojamiento del mismo.

En el desarrollo de una solución SaaS a fin de cumplir los aspectos que la caracterizan se debe considerar los siguientes requisitos técnicos:

Multi-tenant. Hace referencia a un principio de arquitectura de software en donde una única instancia de un software se ejecuta bajo un servidor, atendiendo a múltiples clientes o empresas. Bajo la misma instancia de la aplicación cada cliente es atendido teniendo su propio ambiente, de forma que la aplicación puede personalizar las prestaciones para cada cliente, definiendo sus propios usuarios, mecanismos de seguridad, parámetros y configuraciones de interfaz de usuario siendo transparente, sin interferir en las demás empresas vinculadas. El objetivo principal de la arquitectura multi-tenant es maximizar recursos de hardware y de software, esta arquitectura multi-tenant se opone a la arquitectura multi instancia, en donde para cada cliente o empresa se necesita instalar una nueva instancia de la aplicación con sus respectivos recursos de hardware y software dedicados para cada organización.

Escalable. Las aplicaciones SaaS deben estar preparadas para soportar una gran cantidad de clientes, por lo cual deben ser escalables, tener la capacidad de incrementar los recursos para mantener la eficiencia en la atención de las solicitudes de los usuarios, sin lugar a retraso en los tiempos de respuesta, conservando facilidad en la actualización del mismo. De igual manera, como la capacidad para aumentar el rendimiento total de su carga cuando los recursos tecnológicos usados por el sistema son agregados.

Personalizada. Cada cliente que se suscribe al servicio, utiliza la aplicación como si fuera el único cliente de la misma, por lo cual la aplicación debe estar diseñada para permitirle a cada cliente personalizarla según sus necesidades sin interferir a los otros clientes.

Suscripción, monetización y facturación. El modelo de pago por uso del servicio, implica que la aplicación está diseñada para permitirle al cliente la auto gestión del servicio, permitiéndole de forma autónoma que pueda suscribirse para tomar el servicio, seleccionar los servicios en relación al costo (monetización) y disponer de la facturación conforme con el consumo del servicio. Es prioritario ofrecer al cliente una variedad de precios, y que el cliente conozca en detalle por lo que se le está cobrando.

Aprovisionamiento. Dado que el modelo de las aplicaciones SaaS presentan potencial crecimiento de suscripciones, por lo cual deben estar preparadas para reservar y dedicar recursos a cada nuevo suscriptor. Se deben considerar cuando la cantidad de clientes es demasiado alta, que las tareas de aprovisionamiento deben tener un proceso automatizado.

III. DESARROLLO PROYECTO

El proyecto se desarrolló con una investigación de tipo descriptiva, pues se analizaron y describieron las características de la tecnología biométrica facial disponible en el mercado para así hacer una propuesta con un elemento innovador dentro de la amplia variedad de soluciones.

Siendo este un proyecto de tipo de desarrollo de software, se realizó el trabajo utilizando la metodología OMT creada por James Rumbaugh y Michael Blaha [10], es una metodología de análisis y diseño orientada a objetos.

En el desarrollo del proyecto se realizaron las siguientes etapas:

A. *Pruebas de Concepto*

El enfoque del proyecto está en el desarrollo de un sistema de identificación biométrica facial, donde sus servicios están orientados al usuario final y las capacidades de reconocimiento facial están soportadas en el componente que incorpora los algoritmos de detección facial y análisis en la comparación de características faciales y sus patrones, siendo esto parte del proceso de la identificación biométrica facial y del cual depende en gran medida la eficiencia y garantía de la capacidad de reconocer personas. En este sentido mediante la realización de pruebas de concepto se busca valorar los componentes a fin de obtener un concepto técnico que permita determinar con cuál se realizará la implementación y así asegurar la obtención de los resultados antes de comenzar el desarrollo formal.

La actividad se realizó haciendo lectura de los componentes más utilizados y sus características técnicas, definiendo así los candidatos con los cuales se desarrolló una pequeña aplicación permitiendo así realizar pruebas técnicas.

Uno de los componentes evaluados fue OPENCV, un componente de código abierto, muy utilizado para desarrollos de visión inteligente, entre sus múltiples capacidades está el reconocimiento facial. En el

desarrollo con OPENCV se encontraron varias librerías complementarias de diferentes proveedores que aportan concretamente al análisis de rasgos faciales para realizar una comparativa entre rostros, en este punto convergen las librerías del lenguaje, en este caso Java y las librerías nativas DLL y SO, las cuales están estrechamente ligadas al sistema operativo Windows o Linux según el caso. En este punto se encontraron limitaciones para que el sistema pudiera migrar entre versiones de Windows y mayor complejidad hacia Linux, dado que requiere una convergencia entre las librerías nativas en la versión de Windows y a su vez la versión de la librería del lenguaje.

Otra tecnología considerada fue REKOGNITION del proveedor AMAZON, la cual presenta importantes capacidades para aplicaciones de reconocimiento facial desplegadas en la nube. Sin embargo, se encuentra estrechamente ligada al proveedor de tal forma que restringe la migración a otro proveedor de servicios.

En las pruebas de concepto con la tecnología de LUXAND se encontró una completa documentación sobre la API, sus ejemplos exponen sus capacidades aunque incorpora código de la API exclusivamente para ejemplo no es funcional o reutilizable para un desarrollo real, lo cual conlleva a hacer un mayor estudio de la misma, ofrece librerías para Windows y Linux, no está ligada al proveedor como REKOGNITION, y permite mayor adaptabilidad comparada con OPENCV. Dadas esas ventajas se decidió trabajar con esta API.

B. Análisis

Siguiendo el proceso de desarrollo de software según la metodología planteada, se realizó análisis y diseño orientado a objetos. Teniendo en cuenta que entre los alcances del proyecto está previsto la implementación del sistema con un piloto, las actividades para definición de requisitos se ejecutaron con la empresa “ParqueSoft” como potencial cliente de consumo del servicio de identificación biométrica facial, con quién se hizo el levantamiento de información para la definición de las especificaciones funcionales, generando de esta forma una delimitación en el alcance funcional del sistema conforme con las necesidades planteadas.

Dado el planteamiento de un sistema auto gestionado por el cliente, el sistema ofrece un módulo para realizar el registro de cliente con el fin de lograr una suscripción para obtener el servicio de identificación biométrica facial, una vez activada la suscripción, como función principal el cliente en la plataforma administra la información de las personas que serán reconocidas por su rostro, mediante el ingreso de la imagen de su rostro y datos personales para finalmente a través de una sesión del módulo denominado terminal las personas ingresadas, al presentarse frente a la cámara web son identificadas por el sistema, permitiendo así generar un reporte de registro de asistencia para el administrador. En esta fase se generan los modelos de objetos, funcional y dinámico. A continuación, veremos el diagrama de clases en donde se representan las entidades de negocio en términos del dominio del problema y la relación entre ellas.

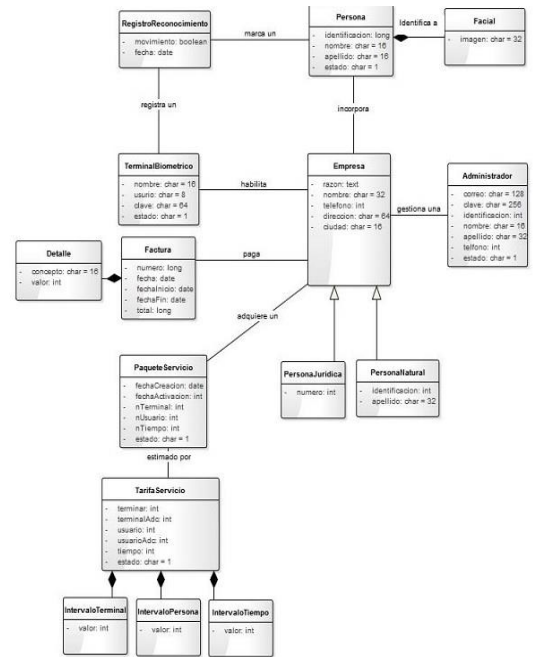


Figura 1. Modelo de clases

C. Diseño

Como estrategia de alto nivel para resolver el problema se diseñaron dos aplicaciones. La primera, implementa las funcionalidades de suscripción y administración; la segunda, nombrada como terminal, implementa la identificación biométrica facial. Este diseño permite a futuro balancear las cargas de procesamiento, teniendo en cuenta que la aplicación de reconocimiento facial será donde se concentrará el mayor número de peticiones.

El diseño de alto nivel para la arquitectura del sistema se divide en una capa de aplicación y una capa de almacén de datos, utilizando el manejador de base de datos Postgres. En la vista de la aplicación esta sigue el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC) donde la vista y el controlador se implementan bajo una aplicación web y el modelo en componente Java Beans Enterprise, estos componentes se empaquetan y despliegan como una aplicación empresarial Java Enterprise JEE, la cual se despliega en el servidor de aplicaciones Jboss 7.1.1.

En la siguiente figura se presenta el diagrama de despliegue, donde se expone la arquitectura del sistema, la estructura general mediante el despliegue de los artefactos del software en los nodos destino. Los artefactos representan elementos concretos que son, las mencionadas aplicaciones empresarial, administrativa y de identificación, que en conjunto constituyen la plataforma de servicios de identificación biométrica facial. El destino de despliegue dibujado en cajas denominados nodos, son la representación de dispositivos y equipos de hardware, también se utiliza para representar el entorno de ejecución de software en este caso el servidor de aplicaciones Jboss y el manejador de base de datos Postgres. Los nodos están conectados a través de medios de comunicación para crear sistemas en red de computo, en este caso utilizando el protocolo seguro https.

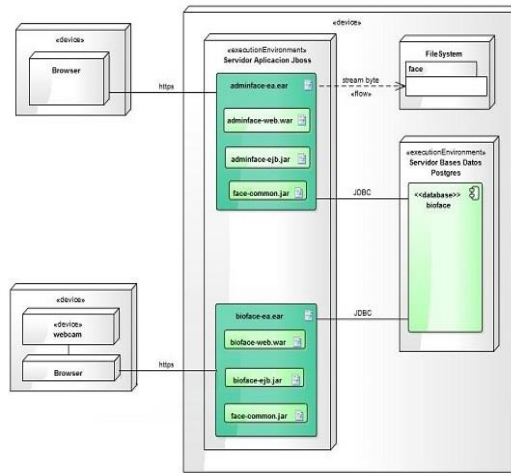


Figura 2. Diagrama de despliegue

D. Pruebas y Resultados

Mediante la formulación y ejecución de casos de pruebas se validó la aplicación, donde de forma sistemática se identificaron defectos. Una vez corregidos y pasados en una segunda interacción donde fueron aprobados para pasar a pruebas de aceptación desarrolladas con el potencial cliente en un ambiente de ejecución dispuesto en la nube.

En las pruebas de aceptación, el cliente únicamente recibió la URL donde se encuentra desplegada la aplicación en la nube y un código para hacer efectivo un bono promocional para uso del servicio de identificación biométrica facial por un tiempo determinado. De esta forma sin un instructivo de uso, se pone a prueba el principio de ofrecer un diseño intuitivo de fácil uso, que permita al potencial cliente orientarse por la guía en línea, obtener el servicio y utilizarlo sin acompañamiento por parte del proveedor.

El proceso básico se presenta en la siguiente gráfica:

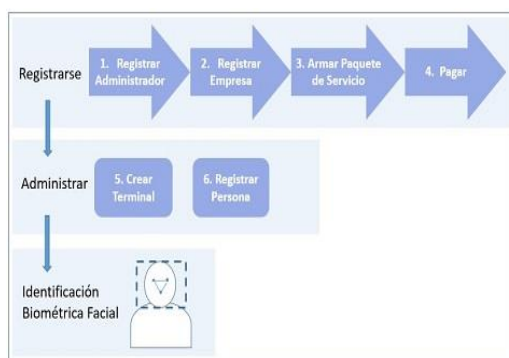


Figura 3. Proceso Activar Servicio de Identificación Biométrica facial.

En el trámite de la suscripción se suministran los datos del usuario administrador, la empresa y se conforma el paquete de servicio donde se selecciona la cantidad de terminales y la cantidad de personas, quienes serán identificadas por su rostro y el período de facturación del servicio, como se presenta en la figura 4.



Arma Paquete de Servicio Biométrico Facial

Datos del Paquete			
5	-	5 Terminales	+
20	-	20 Usuarios	+
1	-	1 meses	+

[Calcular valor](#)

Detalle	
Total:	340.000

[Acepta las condiciones para la modificación de paquete de servicio](#)

[Comprar Paquete](#)

Figura 4. Armar paquete de servicio.

Una vez activado el servicio, el usuario administrador procede a realizar la creación de terminal y registro de datos y foto de las personas. Finalmente, inicia una sesión en la terminal de identificación biométrica facial y la persona es reconocida por su rostro al presentarse frente a la cámara web de la terminal habilitada, como se presenta en la figura 5.

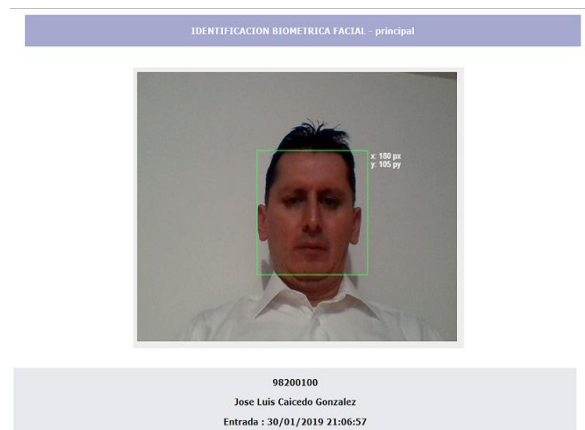


Figura 5. Identificación Biométrica Facial.

IV. CONCLUSIONES

Desde un punto de vista tecnológico, en el desarrollo de un sistema basado en identificación biométrica facial, el primer aspecto a considerar es el componente que incorpora los algoritmos de detección facial y análisis de rasgos faciales, dado que de ello dependen en gran medida el cumplimiento de requisitos y decisiones de diseño para implementación, en esta actividad se realizó una investigación, lectura y pruebas sobre los componentes candidatos, encontrando restricciones como capacidades en el proceso de identificación, rendimiento, dependencia con el sistema operativo, dependientes del proveedor, licenciamiento y seguridad, entre otros. Cumpliendo el objetivo de pruebas de concepto sobre componentes para reconocimiento facial, se diseñó una solución en la cual se integran las tecnologías de java script con JQuery en la fase de la detección y la librería de Luxand en la fase análisis de rasgos faciales para obtener el índice de similitud, dando así viabilidad técnica a la propuesta.

La plataforma de servicio de identificación biométrica facial se diseñó de forma intuitiva para el usuario final a fin de ofrecer facilidad para adquirir el servicio, partiendo de aspectos como simplicidad en la interfaz del usuario, reducir al mínimo los pasos del proceso e ingreso de información. Desde el primer paso “la suscripción“, el sistema le orienta paso a paso al usuario para habilitar su servicio y ponerlo en marcha, de esta forma se cumple e innova con una aplicación que no requiera atención técnica por parte del proveedor.

El sistema se diseñó para soportar la información y procesos de múltiples organizaciones de manera que todas pudieran interactuar sobre la misma plataforma y a su vez atender las múltiples peticiones de sus usuarios en la identificación biométrica facial.

En la prestación del servicio de identificación biométrica facial, el sistema es escalable porque le permite a la organización cliente seleccionar los aspectos de capacidad de terminales, capacidad de personas a identificar biométricamente y definición del período de corte de servicio.

V. REFERENCIAS

- [1] R. Álvarez. La red de cámaras equipadas con reconocimiento facial más grande del mundo, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/privacidad/reconocimiento-facial-se-sigue-expandiendo-china-metro-beijing-shanghai-incorporan-sistemas-rastreo-biometrico>. [Accedido: Octubre 2018]
- [2] A. Bernardo. Así ha avanzado la tecnología de reconocimiento facial, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://blogthinkbig.com/asi-ha-avanzado-la-tecnologia-de-reconocimiento-facial> [Accedido: Noviembre 2018]
- [3] Bismita, C. B., Patrick, T. P., Biju, I. B., Valliappan, R. V., & Manas, H. M., "A Survey on Biometrics and Cancelable Biometrics Systems", Pdfs.semanticscholar.org, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://tees.openrepository.com/tees/bitstream/10149/621491/2/621491.pdf>. [Accedido: noviembre-2018]
- [4] G. Acosta. Sistema de autenticación biométrica por reconocimiento de rostro, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.diyys.catolica.edu.sv/wp-content/uploads/2016/05/10BiometricaAnVol3.pdf> [Accedido: noviembre-2018]
- [5] Open C V. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.opencv.org/about.html> [Accedido: noviembre-2018]
- [6] FindFace Enterprise Server SDK – Reconocimiento facial. 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.kimaldi.com/productos/sistemas_biometricos/huella_vascular_y_facial/biometria_facial/find-face-enterprise-server-sdk-reconocimiento-facial/ [Accedido: diciembre-2018]
- [7] Luxand FaceSDK. 2005. [En línea]. Disponible en: https://www.luxand.com/download/Luxand_FaceSDK_Documentation.pdf. [Accedido: diciembre-2018]
- [8] Amazon Rekognition Developer Guide. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://docs.aws.amazon.com/rekognition/latest/dg/rekognition-dg.pdf#what-is>. [Accedido: noviembre -2018]
- [9] Syed A. Ahson • M. Ilyas. Cloud Computing and Software Service, 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.cs.ucsb.edu/~rich/publications/book2010.pdf> [Accedido: diciembre- 2018]
- [10] J. Rumbaugh y M. Blaha. Modelado y diseño orientados a objetos. Metodología OMT. Ed. Pearson Education, 1996. [Consultado en Octubre 2018]