

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS
“Francisco García Salinas”



**Desarrollo de un sistema para el control de asistencias en ambientes universitarios
utilizando mecanismos biométricos**

Alumno:
Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez

Tesis de Licenciatura
presentada a la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica
de acuerdo a los requerimientos de la Universidad para obtener el título de

INGENIERO EN COMPUTACIÓN

Directores de tesis:
Dr. Aldonso Becerra Sánchez
Dr. Gustavo Zepeda Valles
M.I.A. Santiago Esparza Guerrero

Zacatecas, Zac., septiembre de 2020

Resumen

Actualmente las tareas de un docente universitario que imparte un curso en una universidad requieren una relación entre la sesión de clase presencial y el registro de asistencia del estudiante. Una forma convencional para registrar la actividad de asistencia es capitalizándola en una hoja de papel o un software, dejando de lado al alumno, además del lapso de tiempo que se consume. Además los sistemas convencionales poseen la posibilidad de que el estudiante marque asistencia falsa. Es por ello que el reconocimiento de la identidad del alumno es un componente esencial de automatización y seguridad en diferentes áreas dentro de una universidad.

Este trabajo tiene como objetivo automatizar el procedimiento de toma de asistencia de universidades utilizando tecnología biométrica (huella digital y voz). El procedimiento de toma de asistencia automatizada es eficiente en comparación con los procedimientos tradicionales de identificación de nombres a través de los métodos convencionales. Este trabajo propone un sistema que es flexible, fácil de usar y capaz de integrarse con otros sistemas de la Universidad.

La infraestructura desarrollada se basa en la metodología Prototyping, ya que para este tipo de sistema requiere que tenga la madurez suficiente de funcionalidad para los usuarios finales. El producto del control de asistencias será obtenido por medio de un reporte de asistencias haciendo uso de la huella digitalizada dactilar con mecanismo fiable de seguridad, y como segunda opción utilizando el mecanismo biométrico de voz. Se dispone adicionalmente de una aplicación de escritorio desarrollada en Python que brinda funciones de gestión de usuarios y demás entidades involucradas de la base de datos.

El sistema propuesto es una solución eficiente y ampliamente que mantiene la disciplina de los estudiantes; adicionalmente permite a los tutores de los estudiantes monitorear y dar seguimiento a la asistencia de sus estudiantes con respecto a las clases impartidas por el docente.

Índice General

Resumen.....	i
Índice General.....	ii
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tablas	vii
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación del problema	3
1.3.1. Conveniencia.....	4
1.3.2. Relevancia Social.....	4
1.3.3. Implicaciones Prácticas.....	4
1.4. Objetivo General	5
1.4.1. Objetivos Particulares	5
1.5. Alcance	5
1.6. Estructura de la tesis	6
Capítulo 2. Mecanismos biométricos	7
2.1. Historia de técnicas biométricas	7
2.2. Técnicas de identificación biométrica.....	8
2.2.1. Biometría estática.....	9
2.2.1. Biometría de dinámica	11
2.3. Funcionamiento general de un sistema biométrico.....	12
2.4. Áreas de aplicación de la tecnología biométrica.....	14
2.5. Mecanismo biométrico dactilar.....	14
2.5.1. Antecedentes de biometría de huella dactilar.....	14
2.5.2. Caracterización de una huella dactilar	15
2.5.3. Algoritmo de extracción de características digitales de huellas dactilares	17
2.5.4. Factores generales del uso de huella dactilar como medio de identificación en sistemas de información	20
2.6. Mecanismo biométrico de voz	21
2.6.1. Antecedentes de biometría de voz	21
2.6.2. Tipos y métodos de identificación mediante biometría voz.....	22

2.6.3.	Algoritmo de extracción y clasificación de características digitales de voz (MFCC – GMM)	23
2.6.4.	Factores generales del uso de voz como medio de identificación en sistemas de información.....	25
2.7.	Conclusión	27
Capítulo 3.	Infraestructura del sistema biométrico para el control de asistencias.....	28
3.1.	Aplicaciones de sistemas biométricos	28
3.1.1.	Cumplimiento de la ley	28
3.1.2.	Bancario	28
3.1.3.	Sistemas informáticos	29
3.1.4.	Acceso físico	29
3.1.5.	Sistemas de beneficios	29
3.1.6.	Inmigración	30
3.1.7.	Identidad nacional	30
3.1.8.	Sistemas telefónicos	30
3.1.9.	Tiempo, asistencia y supervisión	30
3.2.	Sistemas biométricos implementados en ambientes educativos para la toma de asistencias	31
3.2.1.	Usando el tiempo de forma eficientemente.....	31
3.2.2.	Garantía de seguridad	31
3.2.3.	Autenticación multimodal.....	32
3.2.4.	Evaluación.....	32
3.3.	Antecedentes tecnológicos.....	32
3.3.1.	Sistema de información de toma de asistencia biométrico	32
3.3.2.	Raspberry Pi.....	33
3.3.3.	Lenguaje de programación del sistema para control de asistencias escolares	33
3.3.4.	Lectores de huella dactilar	34
3.3.5.	Procesamiento de voz con micrófono	36
3.4.	Conclusión	37
Capítulo 4.	Análisis y diseño del sistema de control de asistencias biométrico.....	38
4.1.	Metodología Prototyping	38
4.2.	Establecimiento de objetivos del prototipo	39
4.3.	Definición de la funcionalidad del prototipo	40
4.3.1.	Módulo de servidores.....	40
4.3.2.	Módulo de aplicación de escritorio.....	40

4.3.3.	Módulo de toma de asistencias	41
4.3.4.	Documento SRS (Requerimientos desde el punto de vista del usuario)	41
4.4.	Desarrollo del prototipo	55
4.4.1.	Esquema general propuesto para el sistema de control de asistencias	55
4.4.2.	Módulo de servidores	56
4.4.3.	Módulo de panel de control de la aplicación de escritorio.....	57
4.4.4.	Módulo de toma de asistencias	58
4.5.	Evaluación del prototipo	58
4.6.	Conclusión	59
Capítulo 5.	Resultados y discusión	60
5.1.	Módulo de panel de control (Aplicación de escritorio)	60
5.2.	Módulo de toma de asistencias	68
5.2.1.	Toma de asistencias mediante biometría dactilar.....	70
5.2.2.	Toma de asistencias usando biometría de voz	71
5.2.3.	Solicitud de historial de asistencia del alumno	72
5.2.4.	Manejo de errores en el módulo de toma de asistencias biométrico.....	73
5.3.	Discusión de resultados.....	74
5.4.	Conclusión	74
Capítulo 6.	Conclusiones y trabajo futuro.....	75
Referencias	77

Índice de Figuras

Figura 2.1 Imagen de escaneo huella dactilar	9
Figura 2.2 Imagen de escaneo de palma de mano.....	10
Figura 2.3 Iris ocular.....	10
Figura 2.4 Reconocimiento facial	11
Figura 2.5 Ondas de voz	12
Figura 2.6 Imagen de firma fuera de línea.....	12
Figura 2.7 Sistemas en línea	12
Figura 2.8 Procedimiento general de sistemas biométricos.....	13
Figura 2.9 Procedimiento general de sistemas biométricos con cuatro etapas de procesamiento.	13
Figura 2.10 Bucles de huella dactilar.....	16
Figura 2.11 Espirales de huella dactilar.....	16
Figura 2.12 Arcos de huella dactilar	17
Figura 2.13 Imagen de huella digital normalizada.....	17
Figura 2.14 Campo de orientaciones	18
Figura 2.15 Adelgazamiento de minucias.....	18
Figura 2.16 Detección de minucias.....	19
Figura 2.17 Región de interés	19
Figura 2.18 Plantilla de características de huella dactilar	20
Figura 2.19 Extracción de MFCC de la señal de voz.....	24
Figura 3.1 Tarjeta Raspberry Pi.....	33
Figura 3.2 Escáner óptico de huella digital.....	35
Figura 3.3 Escáner capacitivo de huella digitales.....	35
Figura 3.4 Escáner ultrasónico.....	36
Figura 3.5 Procesamiento de señal voz.....	36
Figura 4.1 Ciclo de vida del prototipo	39
Figura 4.2 Administración	47
Figura 4.3 Gestión de usuarios.....	47
Figura 4.4 Gestión de horarios.....	48
Figura 4.5 Gestión de grupos	48
Figura 4.6 Gestión de asistencias.....	48
Figura 4.7 Solicitud de reportes de asistencia.....	49
Figura 4.8 Diseño de la arquitectura general del sistema para el control de asistencias.....	56
Figura 4.9 Esquema relacional de la sección de la base de datos usada en el prototipo	57
Figura 4.10 Evaluación del módulo de toma de asistencias	59
Figura 5.1 Panel de control de la aplicación de escritorio	61
Figura 5.2 Formulario para el registro de estudiantes.....	62
Figura 5.3 Formulario para el registro de docentes	63
Figura 5.4 Ventana de edición del registro de alumno	63
Figura 5.5 Ventana de edición del registro de docente	64
Figura 5.6 Ventana para la asignación de los alumnos a un grupo.....	65
Figura 5.7 Interfaz para establecimiento de horarios	65
Figura 5.8 Interfaz de gestión de asistencias.....	66

Figura 5.9 Ventana de vista previa para reporte de asistencias.....	67
Figura 5.10 Reporte generado por Reportlab para las asistencias de un alumno a clase	68
Figura 5.11 Módulo de toma de asistencias.....	69
Figura 5.12 Mensaje de inicio para la toma de asistencias	70
Figura 5.13 Toma de asistencia y mensajes de validación	70
Figura 5.14 Caso de aplicación de la política retardo	71
Figura 5.15 Mensaje de error indicando no coincidencias.....	71
Figura 5.16 Mensaje de solicitud para uso de biometría de voz.....	72
Figura 5.17 Validación de usuarios con biometría de voz.....	72
Figura 5.18 Mensajes de solicitud de reportes.....	73
Figura 5.19 Casos de error en módulo biométrico de toma de asistencias	73

Índice de Tablas

Tabla 4.1 Definiciones y acrónimos	42
Tabla 4.2 Características de usuarios	44
Tabla 4.3 Requisitos funcionales	45
Tabla 4.4 Casos de uso	46
Tabla 4.5 Administración.....	49
Tabla 4.6 Gestionar usuarios en grupos de clase	50
Tabla 4.7 Gestionar horarios	51
Tabla 4.8 Gestionar reportes	52
Tabla 4.9 Gestionar registro de asistencias.....	53
Tabla 4.10 Solicitar reporte de asistencia	54
Tabla 5.1 Probabilidad de cambios futuros en el software usando elementos de diseño.....	74

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes

El requisito de asistencia regular significa que el alumno debe estar presente durante al menos el 80% del tiempo de clase. También significa que el estudiante debe estar presente en la institución durante todo el período durante el cual se está impartiendo el curso. Los maestros tienen el derecho de excluir a los estudiantes de los exámenes para esa materia si no están en clases el 80%; dicho porcentaje lo marca el reglamento institucional. El trabajar en otro tema externo nunca es una justificación aceptable para la ausencia de clase, sólo se aceptan razones médicas y otras circunstancias fuera de control directo del interesado. Además de estar dispuesto a asistir a sesiones de clase de las variadas materias impartidas, es obligatorio venir bien preparado para la clase y contribuir activamente a los ejercicios de resolución de problemas, discusiones, análisis de casos, etcétera. En algunos casos, la participación en la clase es un elemento de la evaluación del curso.

El presente trabajo trata de brindar un sistema que permita, de manera activa y con movilidad, el registro de asistencias presenciales de estudiantes pertenecientes a una institución educativa por medio de la interacción directa de él con el módulo correspondiente. Sistemas gestores de contenidos de aprendizaje como Moodle [1] tiene subsistemas que permiten realizar procesos de validación de asistencia (adicionalmente existen otros como Blackboard), sin embargo, estos sistemas se basan en el hecho de que el control lo realiza directamente el maestro a través de la plataforma, registrando manualmente el proceso.

En este sentido, trabajos relacionados al tema biométrico se han ido desarrollando para ir solventando tareas similares y limitaciones de estos procesos manuales o semi-automáticos de registros de asistencias en entornos académicos. Por ejemplo, en el Instituto Tecnológico de

Soledad Atlántico se diseñó e implementó un prototipo para el control de acceso a aulas y laboratorios, así como un registro automático de asistencia a clases. Este proceso pretendía reducir el tiempo que estas tareas conllevan. El sistema completo consiste en el desarrollo de software que soporta toda la gestión de recursos y asistencia, los equipos RFID (Radio Frequency IDentification) y demás hardware que controlan al acceso a los espacios físicos y la comunicación entre los puntos de acceso en cada salón y el controlador central (Arduino) mediante ZigBee [2].

En la Universidad Nacional Montemayor de San Marcos se propuso brindar una solución informática para el control de la asistencia de los alumnos. Este servicio se ofreció mediante una subscripción (Software as an Service), haciendo uso de la tecnología de lectura de la huella dactilar para la autenticación y registro de asistencia; así mismo se brindó el uso de los Servicios Web para la comunicación y transferencia de información entre los componentes del sistema [3]. Algo similar se desarrolló en la Universidad De Córdoba, con una plataforma web para el control de asistencia de estudiantes, docentes y administrativos de la Universidad en la sede Lórica. Este proceso se realizó mediante el uso de tarjetas inteligentes, dispositivos móviles y SMS [4].

En el sentido biométrico más amplio, en la Universidad de Extremadura (Centro Universitario de Mérida) se diseñó y desarrolló un sistema informático que permite, a través de sensores de huella dactilar, registrar la entrada y salida de profesores a sus clases y a las tutorías oficiales validadas por el departamento. Los fichajes se llevan a cabo a través de una aplicación web simple y corporativa, donde estos quedan registrados en un servidor de base de datos, permitiendo generar diversos reportes de asistencias y faltas [5].

Por otro lado, en la Universidad Veracruzana, en apoyo a esta misma tarea y con la ayuda de la herramienta Matlab, se propuso el registro de asistencia de los estudiantes mediante reconocimiento facial, apoyando al docente con la automatización de esta labor administrativa. Este trabajo ofreció una alternativa para las instituciones educativas con un elevado número de alumnos de diferentes niveles, realizando el registro de asistencia a clases de los estudiantes de una manera autónoma y sistematizada [6].

Con el fin de plasmar una tecnología institucional, móvil, económica y que brinde solución a situaciones como estas, el sistema propuesto en este trabajo tiene como intención brindar un mecanismo controlado y no susceptible a falsificación de identidad o suplantación de procesos

de asistencia, ya que se da por un procedimiento biométrico de huella digital, la cual es no transferible.

1.2. Planteamiento del problema

En una institución educativa en donde se exponen clases es necesario que el docente que imparte una asignatura lleve a cabo un registro de los estudiantes que asisten a la materia; esto con el fin de establecer una relación de la clase concurrida por el alumno, por consiguiente, el resultado de esta actividad de toma de asistencia determina al alumno tener derecho a evaluaciones parciales y finales.

Los métodos convencionales existentes usados por los docentes para la toma de asistencia se basan en su mayoría de forma manual o semi-automática. Cuando se lleva esta acción de forma manual lleva consigo a consumir un lapso de tiempo de la materia impartida, por lo que el estudiante debe estar atento durante dicha operación para poder señalar o plasmar su asistencia en la materia, ya sea utilizando un software de dicho índole o bien de forma más inestable, plasmando la asistencia en hojas de papel. En consecuencia, al realizar el pase de lista de forma manual se pueden generar anomalías, falsificaciones o suplantación de identidad por parte de los individuos que se encuentren involucrados en el tiempo de clase, perjudicando a cualquier alumno, poniendo en riesgo actividades y evaluaciones a realizar durante la clase. Por otro lado, métodos semi-automáticos para el pase de lista dentro de clases llevan a involucrar elementos para la identificación del estudiante. Así pues, estas técnicas pueden resultar un poco convencionales, tanto que se pueden presentar escasas anomalías en comparación con la acción de toma de asistencia de manera manual. Debido a esto se ocupa que el sistema permita automatizar de forma segura y responsable la toma de asistencias.

1.3. Justificación del problema

En la presente sección se detalla de forma breve la justificación que surge en cada apartado en el que se tiene impacto donde está involucrado el sistema de control de asistencias de estudiantes. En primera se genera por conveniencia, segundo por relevancia social y tercera por implicaciones prácticas.

1.3.1. Conveniencia

El sistema de control de asistencias escolares es pretendido para que el docente obtenga un registro factible basado en mecanismos biométricos sobre las asistencias de los estudiantes del cual debe ser tratado seriamente por todas las partes; en primera para tener el control de un tema tratado en clase, en segunda de tener estadísticas que permitan determinar patrones de desempeño con base a la asistencia a clases de los alumnos; y tercera, para evitar usurpación de identidad o alteración de alguna actividad escolar que se esté realizando durante el periodo de clases.

1.3.2. Relevancia Social

Se tiene antecedente de que la biometría forma parte de la persona en plena época, aportando seguridad social para identificación y autenticación de los interesados. El implementar biometría en el sistema para control de asistencia permite confirmar a un estudiante o docente ya sea por biometría dactilar o por su voz, no solo por temas de seguridad si no también por comodidad para los usuarios para establecer su asistencia. El tener implementados mecanismos biométricos para el pase de lista en el proyecto significa no exigir a un usuario algo físico-lógico que lo identifique, así evitar el uso de contraseñas y tarjetas magnéticas que pueden ser olvidadas o extraviadas con facilidad para realizar la actividad de pase de lista. Dichos mecanismos mencionados pueden carecer de inseguridad y usurpaciones de identidades de los usuarios involucrados.

1.3.3. Implicaciones Prácticas

El sistema de control de asistencias escolares contribuye a comprobar que los estudiantes estén cumpliendo con las asistencias en sus materias correspondientes, para que el docente a través de la aplicación de escritorio coteje los temas vistos en clase respecto a las asistencias que se generaron a través de mecanismos biométricos.

1.4. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de un sistema donde se implementen mecanismos biométricos que permitan automatizar la actividad de pase lista de los estudiantes dentro de una universidad.

1.4.1. Objetivos Particulares

1. Analizar con base a los requerimientos la funcionalidad de los módulos que conforman el sistema de asistencia.
2. Identificar las necesidades específicas de evolución que surgen en cada etapa de desarrollo sistema de control de asistencias.
3. Diseñar la base de datos con respecto a los usuarios y entidades involucradas para el desarrollo de cada una de las interfaces para el manejo de los datos.
4. Diseñar el módulo de toma de asistencias el cual llevará a cabo el control de la actividad con base a la biometría dactilar y voz.
5. Facilitar la captura de listas de alumnos mediante una aplicación de escritorio para el control de asistencia con la generación de registros de grupos de las diferentes materias impartidas por el docente, con los estados predeterminados: asistió, retardo, permiso y falta.
6. Gestionar la información generada con las interfaces de usuario, extrayendo datos para producir diferentes tipos de consultas que generen informes permitiendo determinar el nivel de asistencia del estudiante en una materia específica.
7. Evaluar los módulos desarrollados para la conformación del sistema de control de asistencia con base en los mecanismos biométricos utilizados para identificación de los usuarios.

1.5. Alcance

El alcance del sistema es el proceso de control de asistencias a través de la huella digital con sus respectivas ventanas de la aplicación de la administración en general del sistema. Como

un mecanismo biométrico en versión de prueba se optó por agregar una versión preliminar de pruebas de reconocimiento de voz.

1.6. Estructura de la tesis

Esta tesis está organizada de la siguiente manera:

El capítulo uno brinda los antecedentes de la investigación, la definición del problema definido, los objetivos, los objetivos específicos y el alcance del estudio.

En el capítulo dos se centró en comprender los detalles fundamentales sobre los antecedentes de los mecanismos biométricos, técnicas de identificación biométricas, áreas de aplicación de la biometría, parámetros, métodos y funcionamiento para desarrollar el sistema biométrico con base a las huellas digitales y voz.

El capítulo tres proporcionó un detallado sobre aplicaciones de sistemas biométricos en diferentes áreas, de mismo modo proporciona la importancia de implementar biometría dentro de una institución escolar, y finalmente se detalla los elementos y estructuras del sistema desarrollado.

El capítulo cuatro especifica la metodología, análisis y diseño de la arquitectura, los módulos y las interfaces del sistema de asistencias desarrollado.

En el capítulo cinco detalla los resultados obtenidos como formularios de entrada de datos, informes y rutinas de los módulos, mostrando de esta manera los resultados de estudio. Conjuntamente se realizó una discusión de los resultados obtenidos haciendo énfasis en la calidad y los cambios futuros del sistema.

En el capítulo seis proporcionó la conclusión a cerca del sistema de control de asistencias y recomendación para trabajos futuros en la implementación de biometría.

Capítulo 2. Mecanismos biométricos

En este capítulo revisaremos la información de fondo y examinaremos la historia de la biometría, enseguida se detallará en que consiste de forma breve los mecanismos biométricos, así como el funcionamiento general y áreas de aplicación de estas técnicas. Finalmente se describirá la huella digital y voz humana como medio de identificación de usuarios, así como los algoritmos involucrados.

2.1. Historia de técnicas biométricas

La biometría históricamente se puede remontar hasta el 500 a. C., partes del cuerpo y aspectos de comportamiento humano se han utilizado como un medio de identificación. La biometría automatizada tiene solo 40 años de historia. Como se sabe, hacer coincidir las imágenes de los dedos con los antecedentes penales siempre es una forma importante para que los agentes de la ley encuentren al criminal. Pero el proceso manual de emparejamiento es laborioso y utiliza demasiada mano de obra. A fines de la década de 1960, el FBI (Oficina Federal de Investigación) comenzó a verificar automáticamente las imágenes de los dedos y, a mediados de la década de 1970, se habían instalado varios sistemas automáticos de escaneo de dedos. Entre estos sistemas, Identimat es el primer comercial. Este sistema midió la forma de la mano y miró particularmente la longitud del dedo. Aunque la producción de Identimat cesó a fines de la década de 1980, su uso fue pionero en la aplicación de la geometría de la mano y estableció un camino para las tecnologías biométricas en su conjunto. Además del dedo y la mano, también se desarrollan algunas otras técnicas biométricas. El reconocimiento basado en retina, iris, voz evolucionó durante la década de 1970, mientras que la firma y la verificación facial son relativamente nuevas en este campo.

El papel de la biometría en la aplicación de la ley se ha multiplicado desde la década de 1960 y los sistemas automatizados de identificación de huellas digitales son utilizados por un número significativo de fuerzas policiales en todo el mundo ahora. Sobre la base del éxito en la aplicación de la ley, la biometría ahora está explorando una gama de mercados civiles. La seguridad de la red, el control de acceso a sitios físicos y varias aplicaciones de seguridad en la banca son mercados potenciales para la biometría.

Desde 1996, especialmente en 1998, se han otorgado más fondos para la investigación y el desarrollo de tecnología biométrica. Por lo tanto, la investigación en biometría se vuelve más activa y supera la etapa de investigación separada dispersa en reconocimiento de patrones, procesamiento de señales, procesamiento de imágenes, visión por computadora, seguridad informática y otros temas. Por sus características distinguidas como el escaneo en vivo, la probabilidad máxima de persona idéntica y la probabilidad mínima de persona diferente, la biometría se convirtió en un campo de investigación independiente. Las investigaciones biométricas actuales se concentran en el iris, huellas dactilares, huellas de palmas, cara, voz y firma manuscrita. Una serie de eventos destacados también muestran que la biometría está atrayendo mucha más atención tanto en la academia como en la industria.

Un fenómeno muy notable en la investigación biométrica es que las empresas, los gobiernos y las Universidades participan en el desarrollo de la tecnología biométrica. El número de empresas que ofrecen productos de seguridad basados en biometría o soluciones de seguridad de integridad está creciendo constantemente en los últimos años. Los productos varían desde dispositivos de captura de huellas dactilares, cámara especial para captura de imágenes de retina digital, hasta kits de herramientas de desarrollo de software y paquetes de software de solución total [7].

2.2. Técnicas de identificación biométrica

El estudio de este proyecto se centra en dos técnicas de identificación biométricas; huella dactilar que clasifica como biometría estática, y voz que se desempeña en el área de biometría dinámica. Pero es importante mencionar que existen diversos tipos de biometría, por ello es que la biometría permite realizar estudios de reconocimiento de humanos basados en rasgos conductuales o físicos intrínsecos y particulares de cada ser humano. Existen dos opciones de

autenticación, la identificación y la verificación. La identificación indica quién es la persona dependiendo de sus características físicas o de su conducta, y la verificación biométrica aclara si una persona es quien dice ser, partiendo de análisis biométricos y realizando comparaciones con otros posibles candidatos.

2.2.1. **Biometría estática**

La biometría estática, la cual define algo que el usuario es, un rasgo físico o anatómico, ya sea la huella dactilar, la cara, las líneas de la mano son rasgos característicos y únicos en cada ser humano [8].

2.2.1.1 *Sistema de Huella dactilar*

Las huellas digitales son crestas gráficas de flujo presentes en los dedos humanos (ver Figura 2.1). El uso de huellas dactilares como biometría es el modo más antiguo de identificación personal asistida por computadora y el más frecuente en la actualidad. Se espera que una combinación reciente de factores favorezca el uso de la huella digital para un mercado de autenticación personal mucho más grande. El sistema de huellas digitales se puede separar en dos categorías: verificación e identificación. La verificación es la comparación de una huella digital del reclamante con una huella digital del afiliado, donde la intención es que la huella digital del solicitante coincida con la huella digital del inscrito. Para prepararse para la verificación, una persona inicialmente registra su huella digital en el sistema de verificación. Una representación de esa huella digital se almacena en algún formato comprimido junto con el nombre de la persona para posteriormente realizar la autenticación del usuario [7], [9], [10].



Figura 2.1 Imagen de escaneo huella dactilar

2.2.1.2 Sistema de palma de mano

El reconocimiento palmar o de huellas palmares inherentemente implementa muchas de las características de emparejamiento que han permitido que el reconocimiento por huella dactilar sea uno de los más conocidos y el más publicitado método biométrico [7], [11]. Tanto la huella palmar como la huella dactilar son representadas a través de la información de la impresión de surcos de fricción. Esta información combina el flujo de surcos, las características de los surcos y la estructura de los surcos de la porción de la epidermis expuesta (ver Figura 2.2).



Figura 2.2 Imagen de escaneo de palma de mano

2.2.1.3 Sistema de iris ocular

El iris se puede utilizar como una firma biométrica, propuesta originalmente por los oftalmólogos. Según su investigación, cada iris tiene una textura única altamente compleja, que no ha cambiado durante décadas de vida. La textura del iris es como la huella digital, pero incluye más de seis veces características distintas que la huella digital. Las características observables incluyen surcos de contracción, estrías, hoyos, fibras colágenas, filamentos, criptas, vasculatura serpentina, anillos y pecas (ver Figura 2.3) [7], [12], [13].

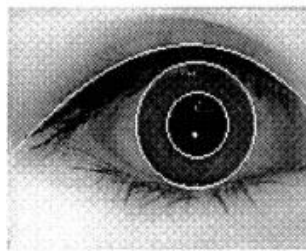


Figura 2.3 Iris ocular

2.2.1.4 Sistema facial

El reconocimiento facial de las imágenes tiene una singularidad menor que el reconocimiento de huellas dactilares y el reconocimiento del iris, mientras que proporciona una

forma de identificación más directa, amigable y conveniente y es más aceptable en comparación con las formas de identificación individual por otras características biométricas.

El sistema de reconocimiento facial contiene dos pasos clave, que son la detección y ubicación de caras junto con la extracción de características y el reconocimiento facial. El primer paso decide si las imágenes de entrada o las secuencias de imágenes incluyen caras y, si lo hacen, averiguar la posición de las caras y luego segmentar cada cara del fondo. El segundo paso busca las características faciales que distinguen a las personas y juzga si las personas en la imagen son la persona dada o si él o ella están en la base de datos (ver Figura 2.4) [6], [7], [14], [15].



Figura 2.4 Reconocimiento facial

2.2.1. Biometría de dinámica

La biometría dinámica la cual habla de la conducta o del comportamiento es aquella donde el ser humano hace, como su escritura, sus gestos, su forma de caminar, movimientos corporales, su firma o su propia voz [8].

2.2.1.1 Sistema de voz

El reconocimiento de locutor es el proceso de reconocer automáticamente quién está hablando mediante el uso de información específica del locutor incluida en las ondas de voz (ver Figura 2.5). El potencial para la aplicación del reconocimiento de locutor existe siempre que los hablantes sean desconocidos y sus identidades sean importantes. Se puede usar para verificar la identidad reclamada por las personas que acceden a los sistemas; es decir, permite el control de acceso de varios servicios por voz [7], [8], [16].

Existen dos ramas del reconocimiento del hablante: identificación del hablante y verificación del hablante.

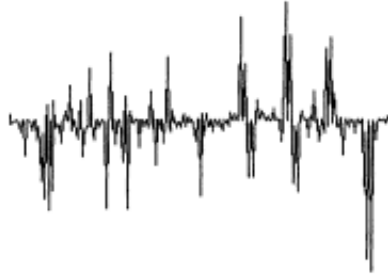


Figura 2.5 Ondas de voz

2.2.1.2 Sistema de firma

La verificación automática de firmas es una de las formas más prácticas de verificar la identidad humana. La firma no se puede perder, robar, ni olvidar, y la firma tiene una ventaja fundamental, ya que es la forma habitual de identificar a un individuo en las operaciones diarias.

Existen dos tipos de sistemas de verificación de firma: el sistema de verificación de firma en línea y el sistema de verificación de firma fuera de línea. En los sistemas fuera de línea (ver Figura 2.6), las personas escriben la firma en papel, la digitalizan a través de un escáner óptico o una cámara, y finalmente los sistemas determinan la autenticidad de la firma mediante el examen de las formas generales de las firmas. En los sistemas en línea (ver Figura 2.7), el rastro de la firma se adquiere en tiempo real con una tableta digitalizadora o un bolígrafo instrumentado u otro hardware especializado, estos dispositivos capturan la información estática y dinámica de la firma durante el proceso de firma [7].



Figura 2.6 Imagen de firma fuera de línea



Figura 2.7 Sistemas en línea

2.3. Funcionamiento general de un sistema biométrico

En general, todos los sistemas biométricos contienen dos partes, la parte de inscripción y la parte de identificación. La parte de inscripción funciona para tener una característica de

usuario registrada de modo que pueda usarse como criterio cuando se realiza la identificación; la parte de identificación proporciona la interfaz de usuario para capturar y verificar las características del usuario final. Para la parte de inscripción, el procedimiento consiste en la captura de muestras, extracción de características y almacenamiento; Para la parte de identificación, el procedimiento está formado por cuatro etapas: captura, extracción de características, comparación y decisión (ver Figura 2.8) [7], [16], [17].

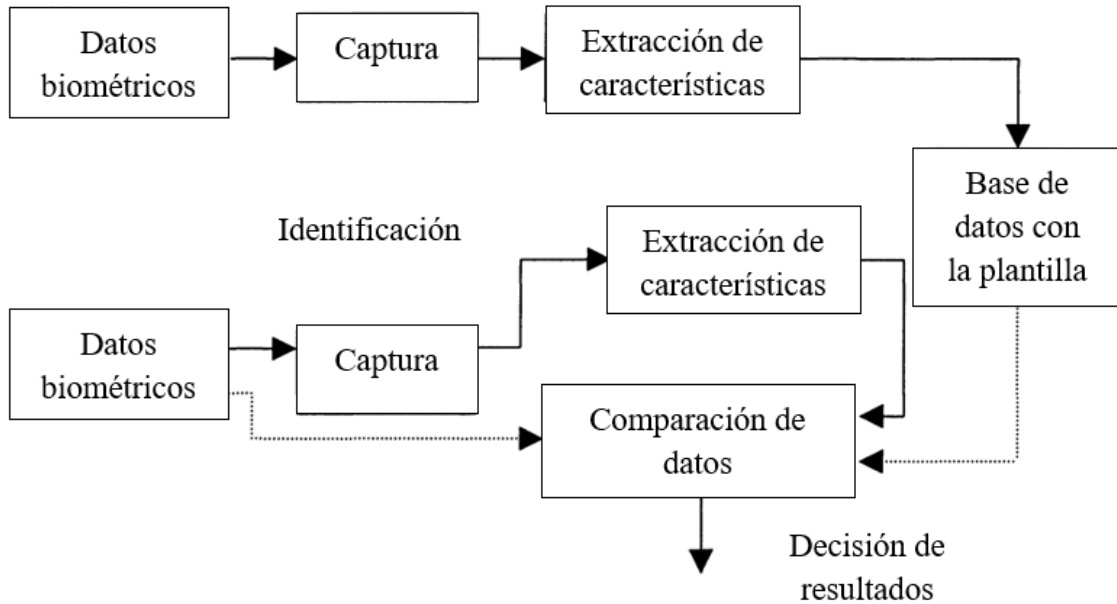


Figura 2.8 Procedimiento general de sistemas biométricos

Debido a que las etapas de captura y extracción de características en la parte de inscripción son las mismas que las dos primeras etapas en la parte de identificación, generalmente se considera que el procedimiento de función general de los sistemas biométricos cubre cuatro partes de procesamiento (ver Figura 2.9) [7].

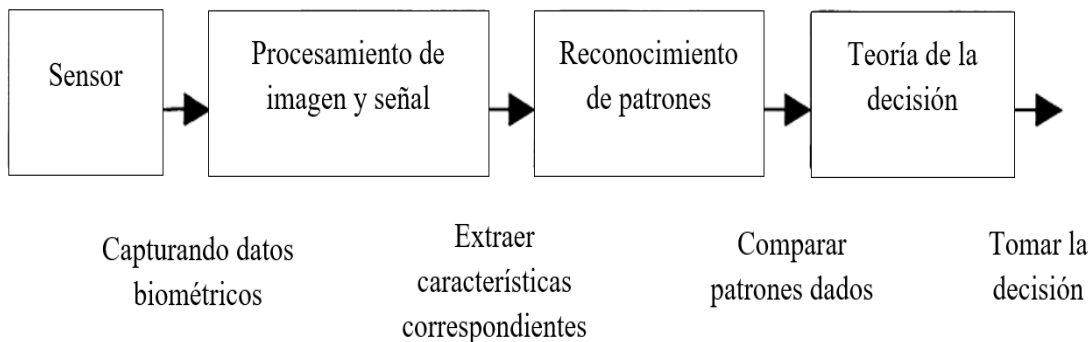


Figura 2.9 Procedimiento general de sistemas biométricos con cuatro etapas de procesamiento.

2.4. Áreas de aplicación de la tecnología biométrica

La tecnología biométrica se aplica básicamente a los servicios de seguridad. Algunas otras aplicaciones que usan biometría también son muy efectivas, es por ello que los sistemas biométricos se pueden dividir en cuatro categorías de aplicación [7]:

- Autenticación personal: podemos usar tecnología biométrica para identificar individuos.
- Diagnóstico médico: la lengua, el color de la cara, el latido del corazón y otros aspectos del cuerpo humano también pueden usarse como características biométricas para realizar un diagnóstico médico.
- Exploración etnológica: la medición de las características del cuerpo también se puede utilizar para decidir el origen étnico. Podemos usar esta tecnología biométrica para monitorear el desplazamiento de la población entre diferentes áreas.
- Expectativa: los especialistas pueden distinguir la personalidad y la dirección futura de una persona.

2.5. Mecanismo biométrico dactilar

En la actualidad, el reconocimiento de huellas digitales es una importante con la que cuenta cualquier usuario. En diferentes sistemas de información se usan escáneres biométricos para rastrear la asistencia y administrar su desempeño junto con los beneficios de seguridad que ofrece, reemplazando contraseñas, tarjetas de identificación y códigos de entrada. La huella dactilar es fácil ver por qué se ha convertido en la solución de seguridad biométrica más desarrollada y disponible en el mercado [7].

2.5.1. Antecedentes de biometría de huella dactilar

El estudio y la comprensión de las huellas digitales han ayudado principalmente a la ciencia forense a demostrar la presencia de alguien en un lugar. Esto se ha asociado principalmente con la escena del crimen y los procedimientos legales, hasta el siglo XXI,

cuando las huellas digitales comenzaron a jugar un papel importante no solo para la identificación de delincuentes, sino también en las necesidades de identificación cotidianas. Por ejemplo, en los sistemas de asistencia ahora son muy comunes en las oficinas y plantas industriales. Los institutos educativos como escuelas también han estado utilizando escáner de huellas digitales para asistencia y muchas otras aplicaciones [7].

Cuando las industrias y las instituciones comenzaron a adoptar tecnología para acelerar sus operaciones, la gestión de identidad permaneció en el modo tradicional, principalmente porque las organizaciones invirtieron en tecnología para sus funciones centrales e ignoraron la parte de gestión de identidad. Esto mantuvo la gestión de identidad en el modo tradicional, que siguió siendo un proceso que requería mucho tiempo incluso en entornos impulsados por la tecnología de ritmo rápido. Pero cuando se comenzaron a trabajar los métodos de gestión de identidad basados en la tecnología, las huellas digitales recibieron su debida atención. Con el aumento de la producción y la demanda inducida, las soluciones basadas en huellas digitales se volvieron baratas e hizo que las organizaciones consideraran reemplazar sus métodos tradicionales de identificación por uno basado en huellas digitales. Debido a la simplicidad y la buena historia con las ciencias forenses, las huellas digitales se convirtieron en el método de identificación ampliamente utilizado [7], [18], [19].

2.5.2. **Caracterización de una huella dactilar**

Las huellas digitales poseen patrones naturales únicos formados por la fricción en las crestas epidérmicas (elevadas) y los surcos (empotrados), que aparecen en las yemas de los dedos y los pulgares. Nunca se ha observado que se repita en ningún ser humano en la historia de la dactilografía [20]. Es por ello que las huellas digitales permitieron establecer tres principios fundamentales sobre ellas.

2.5.2.1 *Características individuales*

Este principio fundamental dice que las huellas dactilares describen su singularidad. De acuerdo con este principio, una huella digital es una característica individual y no se encuentra que dos dedos tengan patrones de cresta idénticos [7], [20], [21].

2.5.2.2 Permanece inalterable

Este principio fundamental establece que las huellas digitales, durante el tiempo de vida de un individuo, permanecen sin cambios. Esta es la característica más importante de las huellas digitales que las hace útiles para la gestión de identidad, autenticación y aplicaciones biométricas. Las huellas digitales nunca cambian por sí mismas, pero en algunos casos, debido al desgaste o daños pueden distorsionarse [7], [20], [21].

2.5.2.3 Patrones únicos

Las huellas digitales tienen patrones generales, lo que hace posible clasificarlas sistemáticamente, y este es el tercer principio fundamental de las huellas digitales [7], [20], [21].

- Bucles. Son impresiones que vuelven sobre sí mismas para formar una forma de bucle (ver Figura 2.10). Divididos en bucles radiales y bucles cubitales los bucles representan aproximadamente el 60 por ciento de los tipos de patrones.



Figura 2.10 Bucles de huella dactilar

- Espirales. Son patrones circulares o espirales (ver Figura 2.11). Hay cuatro grupos de espirales: liso (círculos concéntricos), bucle central de bolsillo (un bucle con una espiral en el extremo), doble bucle (dos bucles que crean un patrón tipo S) y bucle accidental (forma irregular). Las espirales constituyen aproximadamente el 35 por ciento de los tipos de patrones.



Figura 2.11 Espirales de huella dactilar

- Arcos. Son un patrón ondulado (ver Figura 2.12). Los arcos representan aproximadamente el cinco por ciento de todos los tipos de patrones [21].

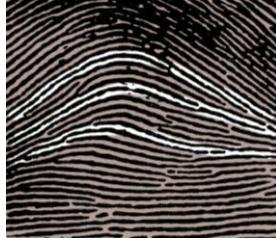


Figura 2.12 Arcos de huella dactilar

2.5.3. Algoritmo de extracción de características digitales de huellas dactilares

El algoritmo para la extracción de características de huella dactilar mediante la imagen capturada por medio de un sensor óptico se divide en diferentes etapas.

2.5.3.1 Normalización y segmentación

La normalización se utiliza para estandarizar los valores de intensidad en una imagen ajustando el rango de valores de nivel de gris para que se encuentre dentro del rango de valores deseado. El objetivo principal de la normalización es reducir la variación en los valores del nivel de gris a lo largo de las crestas y surcos, lo que facilita los pasos de procesamiento posteriores (ver Figura 2.13) [7], [22], [23].



Figura 2.13 Imagen de huella digital normalizada

2.5.3.2 Estimación de orientación

La orientación de la imagen representa una propiedad intrínseca de las imágenes de huellas dactilares y define coordenadas invariantes para surcos y surcos en un vecindario local. El campo de orientación de una imagen de huella digital representa la direccionalidad de las

crestas en la imagen de huella digital. La orientación del bloque podría determinarse a partir de las orientaciones de gradiente de píxeles (ver Figura 2.14) [7], [22], [23].

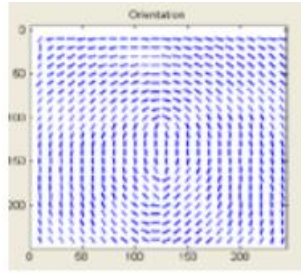


Figura 2.14 Campo de orientaciones

2.5.3.3 Segmentación y alisado de crestas

En este paso se redondeará la frecuencia obtenida para reducir el número de frecuencias distintas. Luego, el siguiente paso es generar los filtros correspondientes a estas frecuencias. Los filtros de referencia utilizados corresponden al rango de direcciones cuantificadas. Esta idea básica es que cuando movemos un píxel a lo largo del eje X, el número de píxeles a mover a lo largo del eje Y es $x \tan(\theta)$. El filtro de referencia se colocará en cada bloque de acuerdo con la dirección ortogonal a la dirección dominante del bloque. Una vez que se localizan las crestas, se aplica un suavizado direccional para suavizar las crestas [7], [22], [23].

2.5.3.4 Adelgazamiento

El adelgazamiento es una operación morfológica que desgasta sucesivamente los píxeles de primer plano hasta que tienen un ancho de un píxel. Se utiliza un algoritmo de adelgazamiento estándar. La aplicación del algoritmo de adelgazamiento a una imagen de huella dactilar conserva la conectividad de las estructuras de cresta al tiempo que forma una versión esquelética de la imagen binaria (ver Figura 2.15). Esta imagen esquelética se usa luego en la extracción posterior de minucias [7], [22], [23].



Figura 2.15 Adelgazamiento de minucias

2.5.3.5 Procesamiento de minucias

Esto es necesario para eliminar las minucias falsas de la imagen debido a factores como imágenes ruidosas y artefactos de imagen creados por el proceso de adelgazamiento. Por lo tanto, después de extraer las minucias, es necesario emplear una etapa de procesamiento posterior para validar las minucias (ver Figura 2.16). Un método conocido como cálculo de distancia que se basa en ciertas reglas heurísticas se utiliza para eliminar minucias dentro de cierta distancia umbral de cada minucia para minimizar el número de minucias falsas [7], [22], [23].

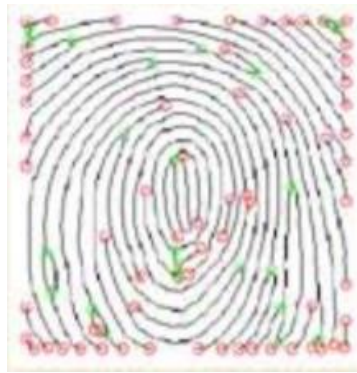


Figura 2.16 Detección de minucias

2.5.3.6 Región de interés

Se adoptan dos operaciones morfológicas llamadas "ABIERTO" y "ERROR". La operación "ABIERTO" puede expandir imágenes y eliminar picos introducidos por el ruido de fondo. El "ERROR" elimina los píxeles en los límites de los objetos. Los elementos estructurantes bidimensionales o planos consisten en una matriz de 0 y 1, generalmente mucho más pequeña que la imagen que se procesa. El píxel central del elemento estructurante, llamado origen, identifica el píxel de interés y el píxel que se procesa [7], [22], [23].

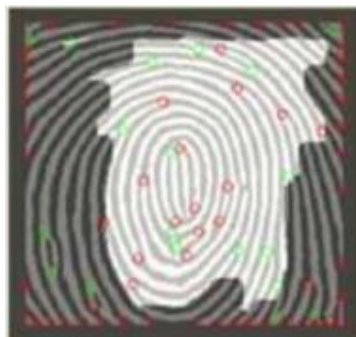


Figura 2.17 Región de interés

2.5.3.7 *Plantilla de características*

El último paso es guardar los detalles de las minucias de huella dactilar (ver Figura 2.18). Se genera un archivo para guardar los puntos de minucias calculados y el ángulo de los puntos de minucias. El concepto de número de cruce se utiliza para calcular la bifurcación y los puntos de terminación en la imagen de la huella digital. Luego, el segundo paso es calcular el ángulo de los puntos minuciosos. El ángulo del punto de minucias se calcula correspondiente a los píxeles vecinos. El punto de minucias calculado y los puntos de bifurcación se guardan en el archivo siendo este la plantilla que identificara a los usuarios [7], [22], [23].

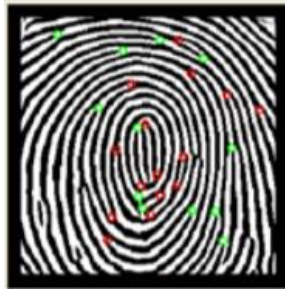


Figura 2.18 Plantilla de características de huella dactilar

2.5.4. **Factores generales del uso de huella dactilar como medio de identificación en sistemas de información**

El implementar en un sistema de información, como lo es en este proyecto implementando un mecanismo biométrico utilizando la huella dactilar para realizar la funcionalidad de pase de lista, implica analizar cada uno de los factores que benefician y de los que afectan al sistema para su funcionamiento.

2.5.4.1 *Ventajas de biometría dactilar en un sistema de información*

Las huellas digitales son mucho más difíciles de falsificar, también cambian muy poco a lo largo de la vida, por lo que los datos permanecen actualizados durante mucho tiempo por lo que unas de sus ventajas son [24]:

- Brinda seguridad.
- Facilidad de uso para el usuario son simples y fáciles de usar.
- Intransferible, las huellas digitales no son transferibles, descartando el intercambio de contraseñas o señalar a nombre de otra persona.

- El uso del reconocimiento de huellas digitales también proporciona un mayor nivel de responsabilidad en el trabajo.
- El reconocimiento de huellas digitales es ahora una solución de seguridad rentable.

2.5.4.2 Desventajas de biometría dactilar en un sistema de información

El uso de biometría dactilar en sistemas de información conlleva a tener una serie de factores que perjudican la eficacia y funcionalidad del sistema como [24]:

- Fallas del sistema, los escáneres están sujetos a las mismas fallas técnicas y limitaciones que todos los demás sistemas de identificación electrónica.
- Costo, es cierto que los sistemas de reconocimiento de huellas digitales son más rentables que nunca, pero para organizaciones más pequeñas el costo de implementación y mantenimiento puede ser una barrera para la implementación.
- Exclusiones, mientras las huellas digitales permanecen relativamente estables durante la vida de una persona, hay sectores de la población que serán excluidos del uso del sistema esto por el desgaste o daños de las huellas dactilares.

2.6. Mecanismo biométrico de voz

A continuación se repasan brevemente los avances producidos en el campo de biometría de voz, desde sus inicios, empezando por los sistemas que utilizan la tecnología hablada hasta llegar a los sistemas de verificación de locutor mediante la biometría de voz. Así mismo se continua con el estudio de las tecnologías necesarias para realizar este tipo de sistemas, pasando por cuál es el futuro para este tipo de tecnologías y definiendo los rasgos típicos biométricos que caracterizan una señal de voz.

2.6.1. Antecedentes de biometría de voz

La tecnología de biometría de voz facilita la verificación de identidad y casi en tiempo real, surgió por primera vez a fines de la década de 1990 y ha estado mejorando constantemente desde entonces. Pero el concepto de analizar los componentes estructurales de la voz con fines de autenticación en realidad se remonta a fines del siglo XIX. En 1867, por ejemplo, Alexander

Melville Bell (padre del inventor telefónico Alexander Graham Bell) sentó las bases para futuras investigaciones de biometría de voz inventando un lenguaje llamado Alfabéticos Universales. Usando este sistema, que replica la posición de una boca cuando habla un cierto patrón de habla, es posible transcribir no solo lo que una persona dice, sino cómo lo dice.

Los primeros casos de uso de verificación de identidad biométrica por voz surgieron durante la Segunda Guerra Mundial, cuando los soldados estadounidenses utilizaron máquinas llamadas espectrógrafos para interceptar las transmisiones de voz y rastrear los movimientos enemigos. La tecnología, sin embargo, era primitiva en ese momento y, por lo tanto, no proporcionaba resultados precisos. No fue sino hasta 1976 que Texas Instruments creó el primer motor moderno de biometría de voz capaz de registrar y determinar con precisión la huella de voz de un usuario final [16], [19], [25].

2.6.2. Tipos y métodos de identificación mediante biometría voz

Los sistemas automáticos de reconocimiento de voz se pueden clasificar según la modalidad de voz: dependiente del texto, independiente del texto o avisado por texto.

2.6.2.1 Identificación y reconocimiento de voz dependiente del texto

En el modo dependiente del texto se espera que el usuario diga un texto predeterminado tanto para el entrenamiento como para la prueba. Debido al conocimiento previo (contenido léxico) de la frase hablada, los sistemas dependientes del texto son generalmente más robustos y pueden lograr un buen rendimiento. Sin embargo, hay casos en que tales restricciones pueden ser imposibles de aplicar. Además, para los sistemas dependientes del texto, la capacidad contra el ataque de suplantación de identidad es muy débil. Una vez que los posibles impostores roben la información del texto, los sistemas se dividirán fácilmente [16].

2.6.2.2 Identificación y reconocimiento de voz independiente del texto

En el modo independiente del texto no hay restricciones en el texto. Por lo tanto, las declaraciones de inscripción y prueba pueden tener textos completamente diferentes. Para tales casos, es más conveniente para los usuarios operar. Desafortunadamente, dado que la información del contenido no se utiliza, existe una falta de coincidencia de distribución entre

la inscripción y la prueba debido a las variaciones de texto, lo que conduce a una degradación del rendimiento. Combinando las ventajas de los modos dependientes del texto e independiente del texto, nacen los sistemas de voz con mensajes de texto [16].

2.6.2.3 Identificación y reconocimiento de voz avisado por texto

En el modo de mensaje de texto, el texto para hablar no se fija cada vez que se usa, sino que el sistema lo solicita (al azar). Este tipo de sistema acepta un enunciado de entrada solo cuando juzga que fue hablado por el hablante reclamado y el contenido del mismo fue el mismo que el texto solicitado. Ambos son indispensables. Por otro lado, estos textos solicitados pueden ser dinámicos, y esta propiedad hace que tenga una buena capacidad de suplantación de identidad [16].

2.6.3. Algoritmo de extracción y clasificación de características digitales de voz (MFCC – GMM)

El algoritmo propuesto consiste en la extracción de características seguida de métodos de clasificación. La señal analógica es primero convertida en forma digital. Las características de las señales de voz se calculan utilizando Coeficientes Cepstrales en las Frecuencias de Mel (o por siglas en inglés MFCC). La característica extraída se clasifica utilizando el modelo de mezcla gaussiana. El resultado final es calculado utilizando la función de máxima probabilidad de registro, la coincidencia más cercana será el resultado del reconocimiento.

2.6.3.1 Extracción de características MFCC

En el método propuesto, el primer paso es analizar las señales. Las señales de voz recibidas con la ayuda del micrófono están en forma analógica. No es posible extraer las características de la señal en forma analógica, tiene infinito número de puntos. Entonces, se convierte en forma de digitalización. Las señales digitales se utilizan para la extracción de características utilizando MFCC [25].

El primer paso en cualquier sistema de reconocimiento de voz es tomar la muestra de voz. Cuando un usuario habla, su voz se graba con una frecuencia de muestreo de 8 KHz. Y luego esta muestra se guarda como un archivo wav para usar en pasos adicionales. Después de tomar una muestra de voz, el siguiente paso es extraer las características requeridas de la voz. La

técnica de coeficientes cepstrales de frecuencia de Mel se utiliza para extraer características [26]. Los pasos involucrados en MFCC son los que se muestran en la Figura 2.19.

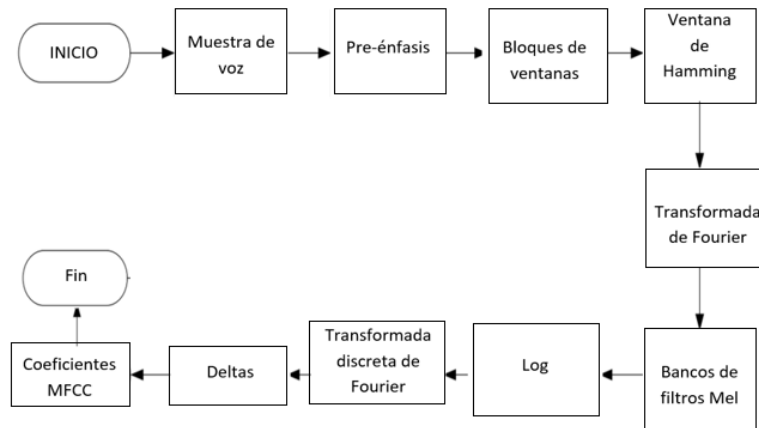


Figura 2.19 Extracción de MFCC de la señal de voz

A continuación, se detalla los pasos para la extracción de los coeficientes cepstrales de frecuencia de Mel [26]:

- El objetivo principal del pre-énfasis es recompensar la parte de alta frecuencia que se suprimió cuando el usuario produjo sonido. También se puede usar para aumentar la importancia de los formantes de alta frecuencia. La señal de voz se pasa al filtro de paso alto.
- El objetivo del bloque de ventanas es dividir la señal de voz en cuadros de 30 ~ 20 ms con una superposición opcional de 1/3 ~ 1/2 de tamaño de cuadro. Para hacer factible la señal para transformada de Fourier, el tamaño de la trama generalmente se toma como potencia de dos. Pero si no es el caso, el relleno cero se hace a la longitud de potencia más cercana de dos. El relleno cero consiste en extender una señal con ceros y aumentar su longitud N a M donde $M > N$.
- La señal de voz enmarcada se facilita con la ventana de Hamming para eliminar las discontinuidades en la señal.
- La transformada rápida de Fourier se usa para convertir la señal en el dominio de la frecuencia del dominio del tiempo y también para obtener la respuesta de frecuencia de magnitud de cada trama. Al hacerlo, se supone que la señal en cuadros es periódica y continua cuando se envuelve. En el caso opuesto de esto,

hay algunas discontinuidades en los puntos de inicio y final de los cuadros que causan efectos perjudiciales en la respuesta de frecuencia.

- En el filtro Mel, la magnitud de la respuesta de frecuencia se multiplica por el número 40 de filtros de paso de banda triangular para obtener la energía logarítmica del filtro de paso de banda triangular en la escala Mel.
- El ajuste de frecuencia Mel permite conservar solo la parte de información útil.
- La transformada discreta de Fourier transforma el log cepstrum de escala Mel del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo. Las características obtenidas se conocen como coeficientes cepstrales de frecuencia de Mel.
- El cálculo de una delta representa el cambio entre cuadros en la correspondiente función cepstral/energía, mientras que cada una las dobles delta representa el cambio entre cuadros en las características delta correspondientes.

2.6.3.2 Modelo de Mezcla Gaussiana

Cuando se obtienen los coeficientes cepstrales de frecuencia de mel, se aplica el algoritmo de Modelo de Mezcla Gaussiana. El modelo de mezcla Gaussiana se usa como clasificador para las características seleccionadas en el paso de extracción de características. Estos datos de entrenamiento y prueba se calculan por separado. Luego se compara la relación de probabilidad máxima para entrenamiento y prueba datos. El reconocimiento de GMM reconoce al hablante en función de la probabilidad de registro. Vuelve a calcular la probabilidad de registro del vector de voz y lo compara con el valor almacenado previamente. La probabilidad de registro igual al valor almacenado proporciona acceso a todo el hablante [16], [25], [27]–[29].

2.6.4. Factores generales del uso de voz como medio de identificación en sistemas de información

Durante el desarrollo del proyecto se deben tener en cuenta los factores estables con los que contará el sistema de control de asistencias con base a biometría, así como también los elementos que afectan directamente o indirectamente la funcionalidad y eficacia del uso de biometría de voz dentro del sistema de control de asistencia escolares.

2.6.4.1 Ventajas de biometría de voz en un sistema de información

La voz es la forma más natural de comunicación entre humanos. En este sentido, el uso del procesamiento de la voz como un modo de interacción con los sistemas o de acceso a ellos, ofrece innumerables ventajas respecto a los interfaces clásicos de comunicación con los sistemas los cuales son [8], [16], [30], [31]:

- Bajo costo.
- Fácil uso y aceptado por los usuarios.
- Concepto natural (cuando nos llaman por teléfono. El primer instinto es intentar reconocer a la persona).
- La voz se puede capturar y transmitir de una manera simple a través de dispositivos cotidianos como el teléfono fijo o móvil.
- La única biometría que permite identificar de forma remota.
- Aplicaciones de poco tamaño que pueden ser almacenadas en tarjetas SD, teléfonos, FPGAs, entre otras.

2.6.4.2 Desventajas de biometría de voz en un sistema de información

Este tipo de sistemas presenta una serie de inconvenientes y dificultades que pueden hacer no apropiada su utilización [8], [16], [30], [31]:

- No es la biometría más segura.
- La voz humana cambia constantemente (juventud, edad adulta, estados de ánimo, enfermedad).
- Susceptibilidad al canal de transmisión y las variaciones del micrófono y su ruido.
- Ruido de fondo.
- Falta de cobertura si se utiliza de forma remota.
- Problemas del usuario para hablar.
- Se necesita un modelo de voz claro y limpio.

La biometría de voz resulta muy interesante debido a que la señal la cual queremos analizar es muy fácil de capturar y su grabación no requiere demasiada molestia para el usuario. Aunque, por otro lado, hay que tener en cuenta que la señal se puede degradar fácilmente tanto voluntaria como involuntariamente. El usuario puede cambiar su tono de voz si quiere o puede verse degradada por ruido de fondo.

2.7. Conclusión

Este capítulo revisó una literatura existente para comprender el proceso de integración del sistema de autenticación de usuarios mediante mecanismo biométricos. Básicamente, los datos biométricos se revisaron con el fin de aprender el proceso de desarrollo de un sistema biométrico. Se resaltaron y revisaron los algoritmos para comprender la identificación de una persona mediante los datos biométricos de huella dactilar y voz.

Capítulo 3. Infraestructura del sistema biométrico para el control de asistencias

El presente capítulo proporciona un análisis sobre aplicaciones de sistemas biométricos en diferentes áreas, consecutivamente se proporciona la importancia de implementar biometría dentro de una institución escolar, y finalmente se detalla los elementos que conforman al sistema desde la parte de hardware y software.

3.1. Aplicaciones de sistemas biométricos

La tecnología biométrica ha ido avanzando a pasos agigantados ajustándose a las necesidades del mercado y nuevos usos, es por ello que la biometría se ha ido aplicando en diversas áreas para solucionar situaciones reales.

3.1.1. Cumplimiento de la ley

La comunidad de aplicación de la ley es quizás el mayor grupo de usuarios de biometría. Las fuerzas policiales de todo el mundo utilizan la tecnología biométrica para procesar sospechosos criminales, unir imágenes de dedos y llevar a los criminales culpables ante la justicia [7].

3.1.2. Bancario

Los bancos han estado evaluando una variedad de tecnologías biométricas durante muchos años. Los cajeros automáticos y las transacciones en el punto de venta son particularmente

vulnerables al fraude y pueden protegerse mediante biometría. Otros mercados emergentes como la banca telefónica y la banca por Internet también deben ser totalmente seguros tanto para los clientes bancarios como para los banqueros [7].

3.1.3. Sistemas informáticos

Las tecnologías biométricas están demostrando ser más que capaces de proteger las redes de computadoras. Esta área de mercado tiene un potencial fenomenal, especialmente si la industria biométrica puede migrar a aplicaciones de Internet a gran escala. A medida que los datos bancarios, la inteligencia empresarial, el número de tarjeta de crédito, la información médica y otros datos personales se convierten en el objetivo del ataque, las oportunidades para los proveedores de biometría están aumentando rápidamente [7].

3.1.4. Acceso físico

Las escuelas, las centrales nucleares, las instalaciones militares, los parques temáticos, los hospitales, las oficinas y los supermercados de todo el mundo emplean la biometría para minimizar las amenazas a la seguridad. A medida que la seguridad se vuelve cada vez más importante para los padres, empleadores, gobiernos y otros grupos, la biometría se considerará una herramienta más aceptable y, por lo tanto, esencial. Las aplicaciones potenciales son infinitas [7].

3.1.5. Sistemas de beneficios

Los sistemas de beneficios como el bienestar especialmente necesitan datos biométricos para luchar contra el fraude. La biometría está bien posicionada para capitalizar esta oportunidad de mercado fenomenal y los proveedores están construyendo sobre la sólida relación que actualmente disfruta con la comunidad de beneficios [7].

3.1.6. Inmigración

El terrorismo, el tráfico de drogas, la inmigración ilegal y el aumento de la producción de viajeros legítimos están presionando a las autoridades de inmigración de todo el mundo. Es esencial que estas autoridades puedan procesar de manera rápida y automática a los viajeros que andan descuidados e identificar a los infractores de la ley. La biometría se está empleando en varias aplicaciones diversas para que esto sea posible [7].

3.1.7. Identidad nacional

La biometría está comenzando a ayudar a los gobiernos a medida que registran el crecimiento de la población, identifican a los ciudadanos y evitan que ocurra fraude durante las elecciones locales y nacionales. A menudo esto implica almacenar una plantilla biométrica en una tarjeta que a su vez, actúa como un documento de identidad nacional [7].

3.1.8. Sistemas telefónicos

La comunicación global realmente se ha abierto en la última década. Mientras que las compañías telefónicas están bajo ataque por fraude. Una vez más, se solicita a la biometría que defienda este ataque. La identificación del orador obviamente se adapta bien al entorno telefónico y está haciendo caminos en estos mercados oportunos [7].

3.1.9. Tiempo, asistencia y supervisión

Reemplazar el proceso manual con datos biométricos evita cualquier abuso del sistema y se puede incorporar con el software de gestión del tiempo para producir informes de contabilidad y personal de gestión [7].

3.2. Sistemas biométricos implementados en ambientes educativos para la toma de asistencias

Los mecanismos biométricos en el área de la educación están cambiando actualmente la educación tradicional. Utilizando datos biométricos, los docentes pueden determinar qué estudiantes participan en las actividades del aula y en consecuencia hacer cambios para ayudar a mejorar su aprendizaje [32].

3.2.1. Usando el tiempo de forma eficientemente

La biometría en las escuelas se usa para automatizar tareas que requieren un lapso de tiempo de clase. El proceso tradicional generalmente toma un tiempo que de otra manera se usa para hacer algo valioso. El uso de datos biométricos también elimina errores y proporciona datos precisos sobre el tiempo que faltó un estudiante en particular para las actividades de seguimiento, ya que los maestros podrán decidir la cantidad de trabajo que debe repetirse [23], [32], [33].

3.2.2. Garantía de seguridad

El uso de biometría garantiza que los administradores de las instituciones educativas verificarán las identidades de los estudiantes para asegurarse de que no haya personas ajenas. Esta técnica de datos es infalible, lo que garantiza que solo hay estudiantes y maestros en las instalaciones de la escuela. Este tipo de datos ayuda a garantizar que solo aquellos que se supone que estén en el ambiente escolar estén realmente allí. Todos los detalles desde asistir a clases serán verificados e identificados por dispositivos biométricos, eliminando el riesgo de fraude de identidad [23], [32], [33].

3.2.3. Autenticación multimodal

La autenticación multimodal es una forma inteligente de verificar la identidad. Utilizando una combinación de varios tipos de mecanismos biométricos, se garantiza más seguridad en organizaciones, escuelas y universidades [23], [32], [33].

3.2.4. Evaluación

Uno de los principales beneficios de la biometría es evaluar el progreso de cada individuo. Con la ayuda de datos biométricos seguros, los maestros pueden evaluar el nivel académico de cada estudiante, evaluar sus problemas y personalizar los planes educativos para ayudarlos a alcanzar sus objetivos. El estudio biométrico ayuda a los docentes a llevar a cabo sus planes de enseñanza mientras minimizan las infracciones de seguridad [23], [32], [33].

3.3. Antecedentes tecnológicos

Las tecnologías utilizadas, han sido analizadas y elegidas principalmente por su condición ya que dejan amplias posibilidades para la realización de futuros proyectos tanto para su diseño como su distribución para obtener una escalabilidad. Es decir, podemos utilizar cada una de las tecnologías para la adaptación de nuevas funcionalidades para de esta forma ir solventado cada una de las necesidades que se tienen en el entorno [23], [32], [33].

3.3.1. Sistema de información de toma de asistencia biométrico

Un sistema de información se refiere a una colección de múltiples equipos involucrados en la difusión de información. El hardware, el software, las conexiones e información del sistema informático, los usuarios del sistema de información y la carcasa del sistema son parte de un sistema de información. El sistema de información involucra recursos para la información compartida o procesada, así como las personas que administran el sistema [2], [9], [34], [35].

El software de este proyecto funcionará mediante la extracción de características significativas conocidas como puntos de minucias de la huella digital, así como también la extracción de características voz. El escáner selecciona atributos como orientación, cambio de dirección de cresta, arcos, bucles y espirales en la impresión; y el micrófono se usará para capturar la señal de voz para extraer características mediante el algoritmo MFCC y modelar cada característica MFCC a través de modelo de mezcla Gaussiana. Luego, el software registra y almacena cada modelo de la huella dactilar y voz para verificar la identidad del usuario, además permitirá obtener un informe de asistencia de los alumnos ofreciendo al docente determinar el estado de desempeño de los estudiantes. De esta manera se puede tener el historial a través de los ciclos escolares de los estudiantes, obteniendo estadísticas y apoyo en proceso de evaluación a través de un panel de control del sistema. Finalmente, el sistema brindará funcionalidades de acceso a una base de datos, un módulo de control central de escritorio para el alta y modificación de registros de estudiantes y consultas de reportes, además de un módulo principal que lleva el registro en línea de las asistencias a sesiones de clases de alumnos.

3.3.2. Raspberry Pi

Consiste de un computador de placa reducida, capaz de correr distintos tipos de sistemas operativos incluyendo sistemas operativos embebidos (ver Figura 3.1); ofrece herramientas de programación de gran utilidad para este tipo de proyectos. El software es Open Source, siendo su sistema operativo oficial una versión adaptada de Debian, denominada Raspbian [36].



Figura 3.1 Tarjeta Raspberry Pi

3.3.3. Lenguaje de programación del sistema para control de asistencias escolares

Python fue creado por Guido Van Rossum en 1989 con el objetivo de enseñar a gente que desconocía los conceptos más complejos de la programación de ordenadores. Es el lenguaje

utilizado en este proyecto. Ha sido elegido por su condición de ser un lenguaje libre y por no ser un lenguaje complejo, tiene la filosofía de ser una sintaxis que favorezca un código legible y sencillo para el usuario. Es un lenguaje de alto nivel en claridad y simplicidad de expresión.

Python ha resultado ser un buen candidato para el desarrollo de este proyecto no solo por la simplicidad que comentamos sino también por las extensas librerías que aportan, su portabilidad y la habilidad para integrarse con otros lenguajes. Aporta portabilidad con escalabilidad, velocidad de desarrollo, lo que hacen que sea un lenguaje ideal tanto para pequeñas aplicaciones como para programas muy sofisticados. Es compatible con casi todas las plataformas de hardware, y soporta todos los sistemas operativos importantes (Unix, Windows y Mac OS) [8].

3.3.4. Lectores de huella dactilar

Para el desarrollo del sistema de control de asistencias escolares basado en mecanismos biométricos, es necesario abordar los diferentes tipos de escáneres de huella dactilar para generar la plantilla digital de huella dactilar que identificará y autenticará a cada usuario involucrado en el sistema, es por ello que se presenta tres tipos de tecnología en escáner como los son ópticos (siendo este el involucrado en el sistema), capacitivo y ultrasónico. El mencionar los tres tipos de tecnología en escáner son para que el sistema de control de asistencias tenga diferentes opciones de migrar a otra tecnología para futuros cambios [23], [37], [38].

3.3.4.1 Escáneres ópticos de huellas digitales

Un escáner óptico implica el uso de óptica para capturar y escanear huellas digitales en un dispositivo (ver Figura 3.2). Esencialmente, el escáner funciona capturando una fotografía digital de la huella dactilar y luego usando algoritmos para encontrar patrones únicos de líneas y crestas, distribuidas en las diferentes áreas más claras y oscuras de la imagen. Esta fotografía digital es una representación en 2D de los diferentes patrones de crestas y líneas presentes en el dedo. La calidad del sensor de imagen desempeña un papel crucial para obtener una imagen de alta definición y detallada de la huella digital, lo que facilitaría la extracción de más datos de la imagen, aumentando la seguridad [37].

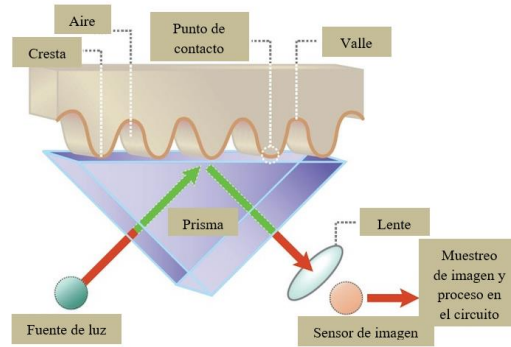


Figura 3.2 Escáner óptico de huella digital

3.3.4.2 Escáner capacitivo de huellas digitales

Los escáneres capacitivos capturan diferentes detalles de la huella digital utilizando solo las señales eléctricas. Para esto, utiliza una serie de pequeños circuitos de condensadores, dispuestos en una matriz, para almacenar datos de las huellas digitales capturadas. Durante el proceso de inscripción, el cambio en los patrones de huellas digitales (crestas y líneas) provoca un cambio en el proceso de registro, como la carga sería diferente para un dedo colocado sobre la placa capacitiva y diferente para el espacio de aire entre las crestas y las líneas (ver Figura 3.3). Este cambio, en la carga del condensador, se determina adicionalmente usando un amplificador operacional, y luego se registra con la ayuda de un convertidor analógico – digital.

Una vez que se captura una huella digital, todos sus datos relacionados se analizan más a fondo para obtener información única de huellas digitales y luego se guardan para compararlos en el momento de la autenticación del usuario [37].

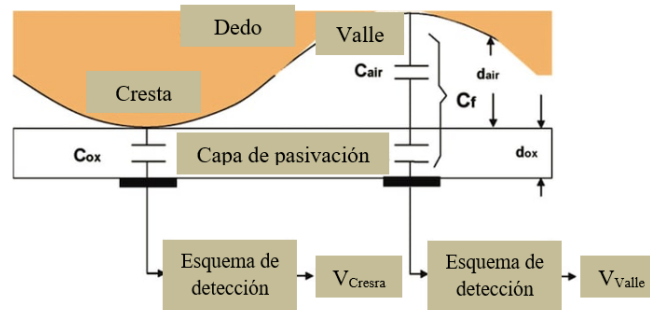


Figura 3.3 Escáner capacitivo de huella digitales

3.3.4.3 Escáneres ultrasónicos de huellas digitales

Es la tecnología de escaneo de huellas digitales más nueva, que recientemente ha comenzado a aparecer en los teléfonos inteligentes. Un escáner ultrasónico utiliza sonido ultrasónico de muy alta frecuencia. Además, también requiere el uso de una combinación de

un transmisor ultrasónico y un receptor ultrasónico. El proceso implica el uso de un pulso ultrasónico, que se envía a través del transmisor ultrasónico hacia el dedo que descansa sobre el escáner. Tan pronto como este pulso golpea el dedo, se transmite una parte, mientras que otra parte se refleja (ver Figura 3.4). Este pulso reflejado es luego recogido por un receptor ultrasónico que, dependiendo de la intensidad del pulso, captura una representación en 3D de la huella digital [37].

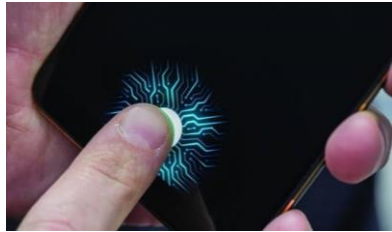


Figura 3.4 Escáner ultrasónico

3.3.5. Procesamiento de voz con micrófono

Los sistemas modernos para procesamiento de la señal de voz han recorrido un largo camino desde sus contrapartes antiguas. Pueden reconocer el habla de múltiples hablantes y tienen enormes vocabularios en numerosos idiomas. Por lo tanto, el primer componente de identificación de voz es, por supuesto el habla. La voz debe convertirse del sonido físico a una señal eléctrica con un micrófono, y luego a datos digitales con un convertidor analógico a digital (ver Figura 3.5). Una vez digitalizado, se pueden usar varios modelos para la extracción de características del audio generado, para posteriormente mediante algoritmos crear una plantilla de características para identificación y autenticación personas [27].

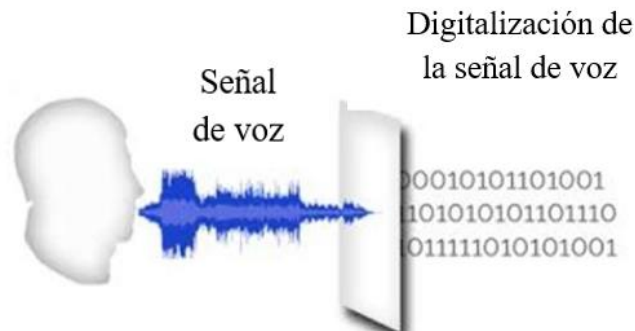


Figura 3.5 Procesamiento de señal voz

3.4. Conclusión

En este capítulo se discutió los enfoques de investigación de las técnicas biométricas utilizados para este estudio. Estos enfoques incluyen las aplicaciones que tiene un sistema biometría en diferentes áreas, la implementación de biometría dentro de una institución educativa, así como la recolección de información y el análisis de la infraestructura para el desarrollo del sistema. Además, el capítulo detalla los materiales y sus especificaciones para el proyecto del sistema de control de asistencias escolares usando los mecanismos biométricos.

Capítulo 4. Análisis y diseño del sistema de control de asistencias biométrico

El presente capítulo aborda dos etapas; análisis y diseño del sistema de control de asistencias biométrico. La etapa de análisis se determina los requisitos, la metodología, las estructuras del sistema, así como la integración con otros sistemas. Posteriormente en la etapa de diseño se define la arquitectura, los componentes, los módulos, las interfaces y los datos para que un sistema satisfaga requisitos específicos.

4.1. Metodología Prototyping

Para el desarrollo de este sistema se optó por una metodología ágil conocida como Prototyping. Esta metodología se define como un método de desarrollo de sistemas en el que un prototipo (una aproximación temprana de un sistema final o producto) es construido, probado y luego reinventado según sea necesario. El proceso continua hasta que finalmente se logre un prototipo aceptable a partir del cual el sistema o producto completo puede ser ahora desarrollado [39].

Este modelo de prototipo permite obtener feedback de algunos de los interesados en el sistema en etapas tempranas, haciendo que funcionalidades del sistema fueran descartadas o suprimidas mientras que nuevas funcionalidades y necesidades fueran agregadas conforme van siendo requeridas. El prototipo es una versión preliminar, intencionalmente incompleta o reducida de un sistema. El uso de prototipos es una herramienta útil para aplicarse en casi todas las actividades de diseño y creación de software.

Para el caso de las cuestiones tácticas del presente trabajo, el prototipo diseñado se basa en las especificaciones de los requerimientos bajo los supuestos de:

- Obtención de requerimientos del usuario.
- Validación de los requerimientos a través de la funcionalidad del producto.

El enfoque Prototyping sigue un proceso que se repite en cada iteración (ver Figura 4.1) [39], [40]. Durante el establecimiento de los objetivos del prototipo, el fin es el seleccionar una de las funcionalidades a desarrollar y definir hasta donde llegaría el prototipo en etapa de evaluación. Esta tarea requiere de la selección cuidadosa de características que requieran ser evaluadas por el usuario final para su aprobación o desecho. Cada uno de estos pasos nos permite mejorar el sistema, incluso antes de que esté finalizado.

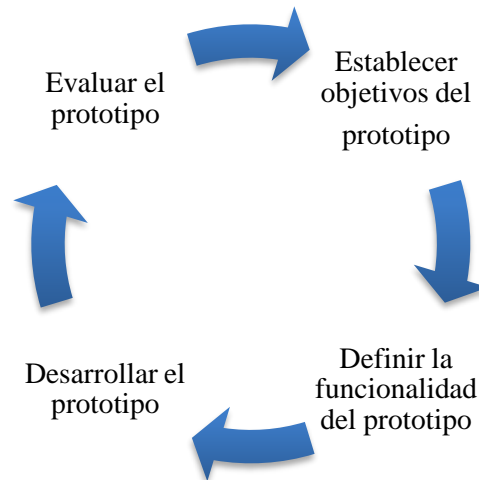


Figura 4.1 Ciclo de vida del prototipo

4.2. Establecimiento de objetivos del prototipo

El sistema de registro de asistencias por medio de los mecanismos biométricos se basa en las necesidades presentadas por parte de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Por lo que fue de vital importancia realizar un listado de requerimientos que permitieran cumplir con las expectativas solicitadas. Para ello, inicialmente se dispuso llevar a cabo los siguientes requerimientos:

- Sistema único con la finalidad de evitar problemas futuros al incorporarlo como parte de otros sistemas que actualmente se están desarrollando.
- El sistema debe ser escalable para llevar a cabo más funcionalidades dentro de la institución.

- Los módulos del sistema deben ser adaptables a los posibles cambios que se proyectan dentro del sistema de gestor de contenidos académicos.
- La aplicación total debe ser amigable para los usuarios finales.
- El sistema debe permitir dar de alta alumnos, así como sus huellas digitales y su voz.
- El sistema debe tener la funcionalidad de dar de alta maestros, asimismo sus huellas digitales y voz.
- Que el sistema permita verificar su asistencia por medio de una interfaz.
- El sistema debe tener la función de mostrar reportes de asistencias en el instante que se requieran.
- Se debe poder dar seguimiento a las asistencias y faltas del alumnado, generando un reporte día a día de las sesiones de las clases registradas.

4.3. Definición de la funcionalidad del prototipo

4.3.1. Módulo de servidores

Se debe disponer de un servidor de base de datos Oracle, este debe alojar la información de un gestor de contenidos de aprendizaje: datos de alumnos, profesores, horarios, ciclos escolares, materias, trabajos y calificaciones. Específicamente para el módulo abordado se debe hacer énfasis en los datos escolares del alumno y la relación con el historial de asistencias, conjuntamente se debe instalar de un servidor de correo para el envío de reportes de asistencias de los alumnos generados por cada materia.

4.3.2. Módulo de aplicación de escritorio

La aplicación debe ofrecer un panel de control para que los docentes tengan la facilidad de gestionar las asistencias del alumno. Donde la funcionalidad principal es proporcionar cuatro tipos de operaciones crear, leer, actualizar y eliminar datos. Además, debe permitir realizar un seguimiento de los alumnos inscritos en cada clase, generando de esta forma reportes grupales o individuales de los alumnos y sus asistencias.

4.3.3. Módulo de toma de asistencias

Este módulo debe estar diseñado y desarrollado para funcionar bajo la Raspberry Pi haciendo uso de un lector de huella dactilar y un micrófono para identificación del usuario. Esta minicomputadora de bajo costo y de tamaño compacto permite ser ideal para interactuar con el alumno. La importancia de usar este tipo de arquitectura permite flexibilizar la movilidad y portabilidad del módulo desarrollado, al mismo tiempo que se brinda escalabilidad.

4.3.4. Documento SRS (Requerimientos desde el punto de vista del usuario)

4.3.4.1 Introducción

El sistema de gestión de estudiantes se ha convertido en factores importantes en el campo de la educación moderna. Este sistema debe ayudar a la institución a racionalizar la tarea administrativa y proporcionar acceso en tiempo real a los datos. Construir este sistema en una interfaz proporcionará al docente los alumnos que se encuentren inscritos en su clase, proporcionando el estado de asistencia del estudiante. Los resultados del estudio permiten la definición del enunciado del problema del proyecto, sus objetivos, alcances y ventajas del sistema de gestión del estudiante.

4.3.4.2 Propósito

El propósito de este documento es presentar una descripción detallada del sistema de control de asistencias de estudiantes usando los mecanismos biométricos. Se explica el propósito y las características del software, las interfaces del software, lo que hará el software, las restricciones bajo las cuales debe operar y cómo reacciona el software ante estímulos externos. Este documento está destinado tanto a los usuarios finales como a los desarrolladores del software.

4.3.4.3 Alcances

El alcance del sistema es tener un entorno de tecnología biométrica (biometría de huella dactilar y voz) en la comunidad universitaria. Eso significa que, mediante el uso del sistema de asistencia automática se podrá administrar la asistencia de los cursos que tienen en todo el

semestre un alumno. Este sistema agregará algunas funciones en el sistema de asistencia automática al módulo de toma de asistencias mediante el uso de dispositivos de huellas digitales y voz en cada área donde se imparten clases en la institución educativa.

Esto ayuda a la comunidad a usar la tecnología de manera efectiva:

1. Hacer que el proceso del asistente sea más fácil y efectivo.
2. Ayudar al docente en el proceso de asistencia cada sesión de clase.
3. Gestionar y organizar a través de la interfaz de escritorio la asistencia del alumnado generando los reportes pertinentes.

4.3.4.4 Definiciones y acrónimos

En la Tabla 4.1 se muestra una lista de los diferentes acrónimos y su definición que se utiliza en el documento SRS.

Tabla 4.1 Definiciones y acrónimos

Abreviación	Definición
CU.	Caso de Uso.
RN.	Regla de Negocio.
AC.	Atributo de Calidad.
RF.	Requerimiento Funcional.
FN.	Flujo Normal.
FA.	Flujo Alternativo.
FE.	Flujo Excepción.

4.3.4.5 Descripción general

Perspectiva del producto

El sistema de control de asistencia ayudará al personal docente a realizar la actividad de pase de lista de manera fácil. El alcance principal de este proyecto es hacer que el proceso de asistencia sea más organizado en cada sesión de clase. Este proyecto proporciona ayuda a los docentes a tomar la asistencia automáticamente mediante mecanismos biométricos el cual solo consumirá un poco de tiempo durante la clase evitando de esta forma anomalías durante la sesión de clases. Además, el sistema proporcionará al profesor que alumnos se encuentran

presentes en la sesión de clases. También hay beneficios para los estudiantes; pueden administrar su asistencia, retardos, ausencias y justificaciones al solicitar por medio del módulo biométrico su estado asistencias, generando el reporte pertinente, haciendo que sea más fácil tener una idea clara de la asistencia de cada estudiante durante el ciclo escolar. Los instructores tienen el panel de control para administración de asistencias por cada materia que imparten.

Plan de proyecto

Este proyecto tiene cuatro fases establecidas bajo la metodología Prototyping para completarse dentro de la línea de tiempo. Estas etapas son: establecer los objetivos del prototipo, definición de la funcionalidad del prototipo, desarrollo del prototipo y evaluación del prototipo. El tiempo esperado para el proyecto tomará alrededor de 10 meses.

Funcionalidad del producto

El primer paso de este proceso es tener un dispositivo de captura de huellas digitales y un dispositivo para grabar la señal de voz. Eso hará los siguientes pasos:

1. Los estudiantes ingresan su huella digital mediante un lector, así como la señal de voz a través del micrófono.
2. Cada huella digital y voz tiene asociado la matrícula del alumno. La matrícula da el otro paso para hacer posteriores verificaciones a través de los mecanismos biométricos propuestos.
3. El sistema almacena las plantillas de datos de la huella digital y voz y la almacenan en un servidor de la base de datos.
4. El docente puede inscribir alumnos a un grupo en específico.
5. Módulo de toma de asistencias verifica si los datos del estudiante están inscritos en una clase en particular.
6. Los estudiantes pueden verificar y conocer su grado de asistencia dentro de materia a través del envío de reportes utilizando mecanismos biométricos.
7. A través de reportes de asistencia de los estudiantes el docente determinara quién asistió y quién no.
8. También hay otro proceso para este proyecto que, si un estudiante se perdió una clase, el sistema tomaría una decisión. El objetivo de este proceso es contener el

estado de cada estudiante y asegurarse de que ya se haya tomado la asistencia de todos los estudiantes.

9. El sistema verifica quién falta a la clase y hará una lista de ellos. Todos los estudiantes de esta lista recibirán un mensaje que les preguntará por la razón de la falta de la clase. En este paso, el sistema esperará a recibir una respuesta de cada estudiante por separado.
10. El docente tiene todo el derecho de aceptar la excusa o no. Si un estudiante no tiene una razón para la clase perdida, y verifica que no, el sistema contará la clase perdida y enviará un informe.

Características de los usuarios

Este software da acceso a dos tipos de usuarios tales como se mencionan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2 Características de usuarios

Usuario	Función
Administrador	El personal y el administrador de la Universidad tendrán acceso de administrador para eliminar y modificar la información almacenada en la base de datos.
Usuario autorizado	El personal docente tendrá acceso para ver solo los datos almacenados en la base de datos y puede ver el estado de asistencia del alumno en forma de reportes.

Suposiciones y dependencias

- Suponemos que el personal docente realiza toda la entrada de datos y los valores correctos obtenidos de los formularios y registros.
- Suponemos que las computadoras y dispositivos que usarán el software serán parte de la red LAN de la Universidad.
- Los usuarios con acceso de administrador deben tener cuidado al eliminar o modificar cualquier información, lo que conducirá a una inconsistencia de la base de datos.
- Se supone que los usuarios finales de este software tienen un nivel básico de conocimiento informático.

4.3.4.6 Requisitos específicos

Requisitos comunes de ambiente de desarrollo

Software:

- Python.
- Java.
- Oracle 11g Express Edition.

Hardware:

- Servidor Dedicado.
- Raspberry PI.
- Computadora Personal.

Requisitos Funcionales

En la Tabla 4.3 se detalla los requerimientos funcionales que contiene el sistema para el control de asistencias.

Tabla 4.3 Requisitos funcionales

Requerimiento	Prioridad	Actores	Caso de Uso	Descripción
Administración	Alta	Docentes	CU-01.	El administrador ingresa la información requerida para cada entidad involucrada para que sea añadido a la base de datos.
Gestionar usuarios en grupos de clase	Alta	Docentes.	CU-02.	Se deben ingresar los grupos correspondientes a la carga de materias de un docente, para posteriormente sean agregados alumnos a un grupo específico y además se especifican las políticas de sesión de clase (No. De sesiones, tiempo para retardo, retardos por falta).
Gestionar horarios	Media	Docentes	CU-03.	El administrador ingresa la información de horarios de los grupos para que sean añadidos a la base de datos del sistema.

Gestionar reportes	Alta	Docentes.	CU-04.	El docente puede visualizar diferentes tipos de reportes (reporte por día, grupal e individual de los alumnos).
Gestionar registro de asistencias	Alta	Alumnos	CU_05	El usuario alumno debe registrar su asistencia (al inicio y final de sesión) a través de los mecanismos biométricos.
Solicitar reporte de asistencia	Alta	Docentes y alumnos	CU_06	Los usuarios alumno y docente puede consultar reporte de asistencias. Durante una sesión de clase el alumno solicita su reporte con un mecanismo biométrico, en el caso del docente puede consultar el historial del estudiante en cualquier momento.

4.3.4.7 Casos de Uso

Los casos de uso describen el proceso funcional de software, como el de administración, registros de asistencias, el historial del control de asistencia de entrada y salida de una sesión de clase y la generación de reportes.

Catálogo de Casos de Uso

En la Tabla 4.4 se enlista los casos de uso del sistema para el control de asistencias, donde la primera columna muestra el identificador y la segunda muestra el nombre del caso de uso.

Tabla 4.4 Casos de uso

ID	Nombre
CU_01.	Administración
CU_02.	Gestionar usuarios en grupos de clase
CU_03.	Gestionar horarios
CU_04.	Gestionar reportes
CU_05	Gestionar registro de asistencias
CU_06	Solicitar reporte de asistencia

Diagramas de casos de uso

Caso de uso: Administración, en la Figura 4.2 muestra la relación de funcionalidad de los usuarios. El docente gestiona a los usuarios, grupos y horarios de clase, estado de asistencia y reportes de asistencia. El usuario alumno registrara su asistencia mediante un mecanismo biométrico y podrá solicitar su reporte de asistencias.

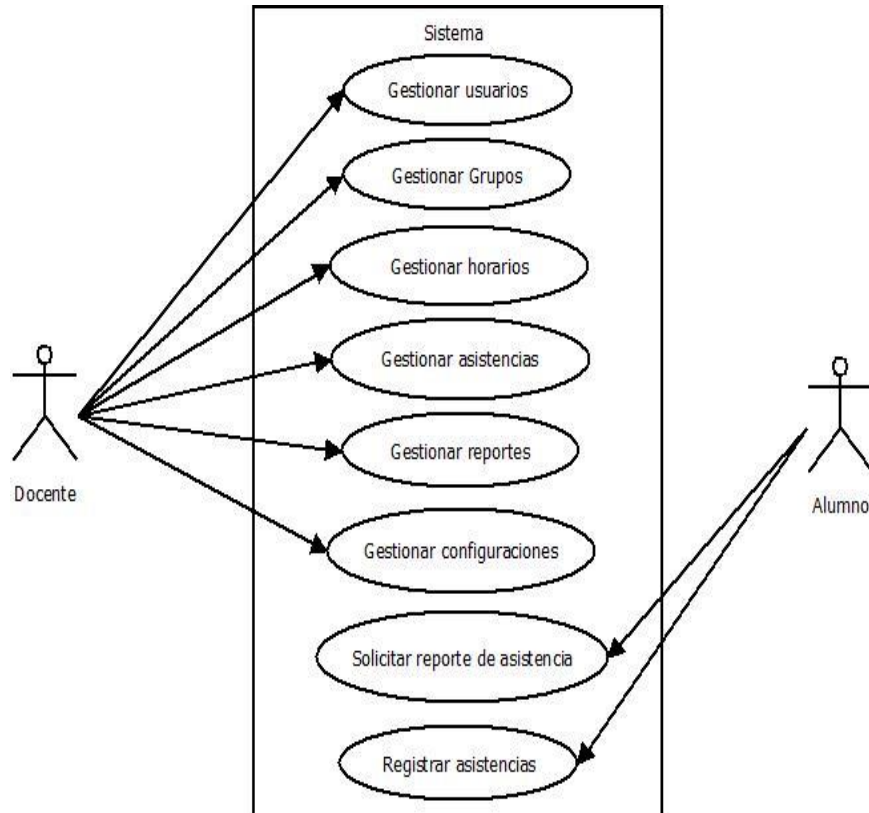


Figura 4.2 Administración

Caso de uso: Gestión de usuarios, en la Figura 4.3 se especifica que el docente puede crear, visualizar, modificar y eliminar los datos de los usuarios.

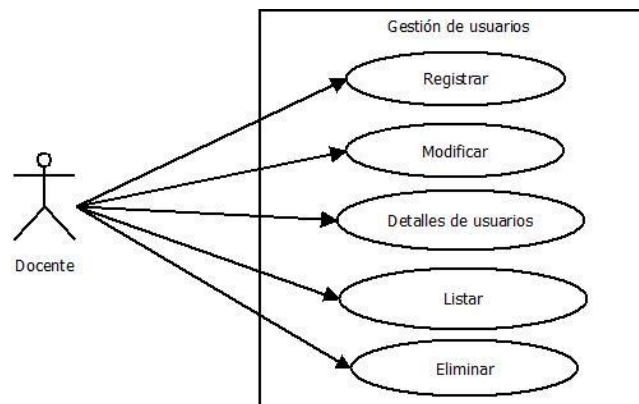


Figura 4.3 Gestión de usuarios

Caso de uso: Gestión de horarios, en la Figura 4.4 se especifica que solo los usuarios docentes pueden gestionar los horarios para una clase en particular.

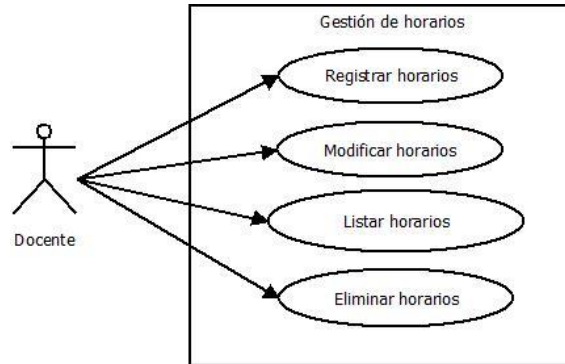


Figura 4.4 Gestión de horarios

Caso de uso: Gestión de grupos, en la Figura 4.5 se define que el usuario docente administrara los grupos de clase, cuyas funciones son inscribir, búsqueda y dar de baja a un alumno del grupo, así como de manera opcional la administración de políticas de sesiones (tiempo).

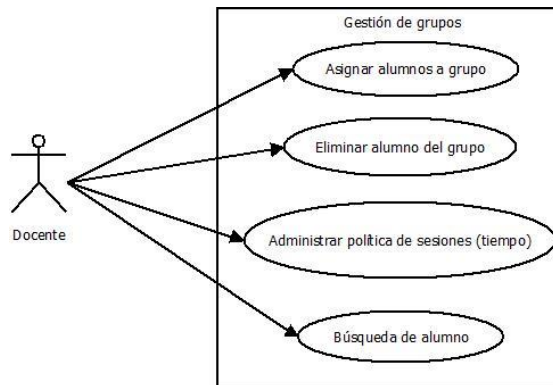


Figura 4.5 Gestión de grupos

Caso de uso: Gestión de registro de asistencias (ver Figura 4.6), solo el alumno a través de sus datos biométricos podrá realizar su registro de asistencia a clase.

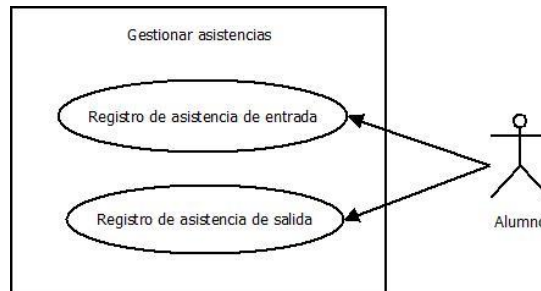


Figura 4.6 Gestión de asistencias

Caso de uso: Solicitud de reportes de asistencia (ver Figura 4.7), los usuarios docente y alumno podrán solicitar reportes de asistencia.



Figura 4.7 Solicitud de reportes de asistencia

Especificaciones de casos de uso

Caso de Uso: Administración (ver especificaciones de la Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Administración

ID:	CU_01		
Nombre:	Administración.		
Creado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez	Actualizado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez
Fecha de Creación:	03/03/2019	Fecha de Última Actualización:	03/03/2019
Actor(es) Primarios:	Docentes		
Descripción:	El administrador ingresa la información requerida para cada entidad involucrada para que sea añadido a la base de datos.		
Pre-Condiciones:	Los usuarios deben estar registrados en la base de datos principalmente sus datos biométricos de huella dactilar y voz.		
Post-Condiciones:	El acceso para el docente al módulo de panel de control de escritorio debe autenticarse con nombre y clave. El uso del módulo de toma de asistencias realizara la actividad solo para los usuarios registrados y asignados a sus respectivos roles.		
Prioridad:	Alta		
Flujo Normal:	El docente tendrá acceso al panel de control si se autentica con sus respectivos datos. Se le muestra en pantalla el panel de control correspondiente.		

	A través de las interfaces de la aplicación de escritorio podrá manipular la información referente a la gestión de asistencias de los alumnos.
Flujos Alternativos:	<p>Se puede escoger registrar un nuevo estudiante o docente a la base de datos además de actualizar datos biométricos o personales del estudiante.</p> <p>Se pueden generar mensajes de error por datos incorrectos que no se rigen a las reglas preestablecidas al momento de guardar la información.</p>
Flujos de Excepción:	Error de autenticación de usuarios y/o error de comunicación hacia la base de datos.

Caso de Uso: Gestionar usuarios en grupo de clase (ver especificaciones de la Tabla 4.6).

Tabla 4.6 Gestionar usuarios en grupos de clase

ID:	CU_02		
Nombre:	Gestionar usuarios en grupos de clase.		
Creado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez	Actualizado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez
Fecha de Creación:	03/03/2019	Fecha de Última Actualización:	03/03/2019
Actor(es) Primarios:	Docentes		
Descripción:	Se deben ingresar los grupos correspondientes a la carga de materias de un docente, para posteriormente sean agregados alumnos a un grupo específico y además se especifican las políticas de sesión de clase.		
Pre-Condiciones:	Haber ingresado a la interfaz de grupos de clase a través del menú de la ventana principal.		
Post-Condiciones:	Formulario de asignación de alumnos a grupos.		
Prioridad:	Alta		
Flujo Normal:	<p>El docente hace clic en el menú buscando la pestaña respectiva del registro que desea verificar.</p> <p>Se le muestra en pantalla el formulario correspondiente a la selección hecha.</p>		

	<p>Realiza la asignación de alumnos a un grupo mediante los botones de agregar o eliminar según sea el caso.</p> <p>El grupo debe tener un numero de sesiones que se impartirán durante un ciclo escolar.</p> <p>Una vez que se gestione la asignación de alumno a grupos puede retornar al panel principal.</p>
Flujos Alternativos:	Puede escoger aplicar políticas de retardos para generación de faltas al grupo de estudiantes para las sesiones de clase.
Flujos de Excepción:	Puede ocurrir un error en la conexión de la base de datos.

Caso de Uso: Gestionar horarios (ver especificaciones de la Tabla 4.7).

Tabla 4.7 Gestionar horarios

ID:	CU_03		
Nombre:	Gestionar horarios.		
Creado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez	Actualizado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez
Fecha de Creación:	03/03/2019	Fecha de Última Actualización:	03/03/2019
Actor(es) Primarios:	Docentes		
Descripción:	El administrador ingresa la información de horarios de los grupos para que sean añadidos a la base de datos del sistema.		
Pre-Condiciones:	El docente debe ingresar al menú principal y elegir el apartado de horarios de clase.		
Post-Condiciones:	El formato de horario se encuentra y debe fijar en el formato de 24 horas.		
Prioridad:	Media		
Flujo Normal:	<p>El docente debe fijar el horario grupal de inicio y fin de la sesión de clase en un día específico.</p> <p>Una vez que se establezca el horario se debe almacenar en la base de datos.</p>		

Flujos Alternativos:	Para eliminar un horario de un grupo en un día en específico, basta con elegir quitar horario y en automático se eliminará el registro de la base de datos.
Flujos de Excepción:	Puede ocurrir un error en la conexión de la base de datos.

Caso de Uso: Gestionar reportes (ver especificaciones de la Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Gestionar reportes

ID:	CU_04		
Nombre:	Gestionar reportes.		
Creado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez	Actualizado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez
Fecha de Creación:	03/03/2019.	Fecha de Última Actualización:	03/03/2019.
Actor(es) Primarios:	Docentes		
Descripción:	El docente puede visualizar diferentes tipos de reportes (reporte por día, grupal e individual de los alumnos).		
Pre-Condiciones:	El docente debe ingresar al formulario de reportes y debe elegir un grupo al que imparte clases en un ciclo escolar determinado.		
Post-Condiciones:	Formulario de listado de asistencias de los alumnos.		
Prioridad:	Alta		
Flujo Normal:	El docente elige un grupo de clase en un determinado ciclo escolar. Se listará los alumnos del grupo mostrando el estado de asistencia en el día actual. Si se requiere consultar el estado de asistencia de los alumnos en diferentes fechas, el docente elige la fecha.		
Flujos Alternativos:	Se pueden generar mensajes de error por conexión hacia la base de datos o por datos incorrectos que no se rigen a las reglas preestablecidas al momento de generar el reporte.		
Flujos de Excepción:	Puede ocurrir un error en la conexión de la base de datos.		

Caso de Uso: Gestionar registro de asistencias (ver especificaciones de la Tabla 4.9).

Tabla 4.9 Gestionar registro de asistencias

ID:	CU_05		
Nombre:	Gestionar registro de asistencias.		
Creado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez	Actualizado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez
Fecha de Creación:	03/03/2019.	Fecha de Última Actualización:	03/03/2019.
Actor(es) Primarios:	Docentes y alumnos.		
Descripción:	El usuario alumno debe registrar su asistencia (al inicio y final de sesión) a través de los mecanismos biométricos.		
Pre-Condiciones:	El módulo de toma de asistencias debe estar en uso para el docente.		
Post-Condiciones:	Los alumnos deben registrar su asistencia (entrada y salida) mediante el módulo de toma de asistencias.		
Prioridad:	Alta		
Flujo Normal:	Un docente debe autenticarse mediante sus datos biométricos para tomar asistencia a los alumnos. El alumno registra su fecha y hora de entrada y salida a una sesión de clase en el que está inscrito. Se le muestra al alumno en pantalla el estado de asistencia.		
Flujos Alternativos:	Puede justificar una asistencia en una fecha determinada. Se pueden generar mensajes de error por conexión hacia la base de datos o por datos incorrectos que no se rigen a las reglas preestablecidas al momento de generar el reporte.		
Flujos de Excepción:	Tomar en cuenta que la asistencia del alumno debe haber registrado la fecha y hora de entrada y salida, ya que al faltar el registro de salida se tomara como falta a la sesión de clase.		
Observaciones:	Tomar en cuenta el control de horarios ya que la toma de asistencias del alumno solo se realiza durante el horario estipulado de la clase.		

Caso de Uso: Gestionar registro de asistencias (ver especificaciones de la Tabla 4.10).

Tabla 4.10 Solicitar reporte de asistencia

ID:	CU_06		
Nombre:	Solicitar reporte de asistencia.		
Creado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez	Actualizado Por:	Emmanuel de Jesús Velásquez Martínez
Fecha de Creación:	03/03/2019.	Fecha de Última Actualización:	03/03/2019.
Actor(es) Primarios:	Primer respondiente.		
Descripción:	<p>Los usuarios alumno y docente puede consultar reporte de asistencias. Durante una sesión de clase el alumno solicita su reporte con un mecanismo biométrico, en el caso del docente puede consultar el historial del estudiante en cualquier momento.</p>		
Pre-Condiciones:	<p>Haber ingresado al menú principal e ir al submenú de generar reportes de asistencias.</p> <p>A través del módulo de toma de asistencias durante una sesión de clase, el alumno con sus datos biométricos puede consultar su reporte de asistencias.</p>		
Post-Condiciones:	<p>Formulario de historial de asistencias del alumno para consulta o envió del mismo a través de correo electrónico del estudiante.</p>		
Prioridad:	Alta		
Flujo Normal:	<p>El docente hace clic en el menú buscando la pestaña respectiva al reporte.</p> <p>Se le muestra en pantalla el formulario correspondiente a selección hecha.</p> <p>Una vez que se selecciona al estudiante se proporciona una vista previa del historial de asistencias.</p> <p>En el caso de que se solicite que el reporte de asistencias se envíe al correo electrónico, este debe enviarse siempre y cuando se tenga el email.</p>		
Flujos Alternativos:	<p>El alumno puede generar su reporte de asistencias a través del módulo de toma de asistencias durante una sesión de clase.</p>		

	Se pueden generar mensajes de error por conexión hacia la base de datos o por datos incorrectos que no se rigen a las reglas preestablecidas al momento de generar el reporte.
Flujos de Excepción:	En el caso de envío de reportes de asistencia al alumno requiere previamente tener un correo electrónico que proporcione el estudiante.

4.4. Desarrollo del prototipo

Para el desarrollo del prototipo se especifican los elementos principales de cada uno de los módulos requeridos en la funcionalidad definida en el proyecto. Los módulos que están involucrados para el sistema de control de asistencia se conforma de un módulo de servidores, un módulo de aplicación y por último un módulo de toma de asistencias a través de biometría.

4.4.1. Esquema general propuesto para el sistema de control de asistencias

En la Figura 4.8 se observan los componentes principales: el servidor de base de datos y correo, el módulo de control de asistencias vía escritorio, y el módulo de registro de asistencias. Cabe señalar que estos componentes se comunican entre ellos a través de la red local. El flujo de datos inicia con el alta de los datos personales generales del alumno (paso 1 y 2); así como su huella dactilar y voz, que se usará como base para la comparación en procesos subsecuentes. En esta misma etapa se dan de alta las asignaturas y grupos en los que el alumno quedará registrado (incluyendo horarios). En el paso 3 se dispone del módulo que permite realizar el registro de asistencia de manera interactiva por parte del alumno ante el subsistema montado en la Raspberry Pi, conjuntamente el alumno a través de este subsistema puede solicitar su historial de asistencias donde a través del servidor SMTP se envía el archivo PDF con los datos de asistencia del alumno en específico. Este proceso continúa con la validación (paso 4) de que el alumno se encuentre dado de alta en un grupo en ese horario y que cumpla con los lineamientos de asistencia o retardo. Si no existe error, el proceso cumple la cometido de almacenar que se cumple con la estancia correspondiente en la sesión de clase, tanto al inicio

como al fin de dicha situación. En el paso 5 se permite que el profesor pueda realizar consultas sobre las asistencias individuales o grupales de los cursos que imparte. En el pasó 6 y 7 se extrae la información y se proporciona la vista de los datos solicitados.

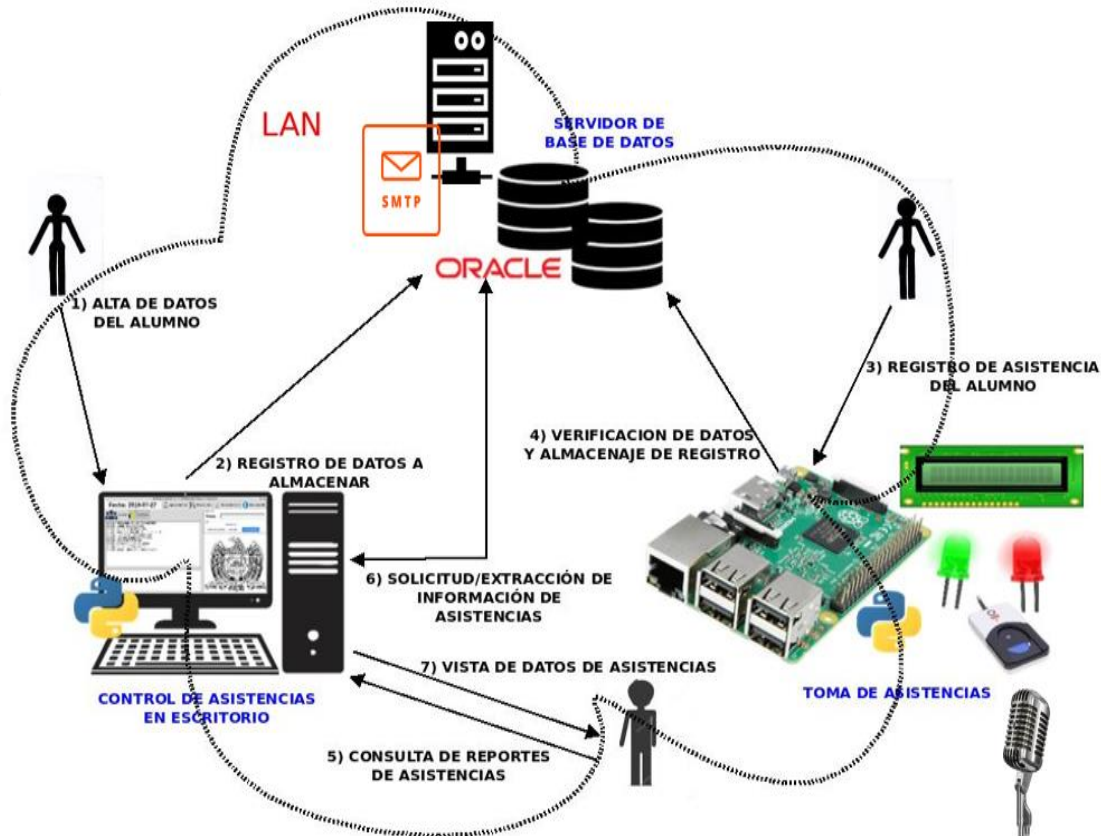


Figura 4.8 Diseño de la arquitectura general del sistema para el control de asistencias

4.4.2. Módulo de servidores

El servidor de base de datos montado es Oracle Database 11g Enterprise Edition [41]. Es una base de datos que contiene las respectivas tablas relacionadas para el sistema final. Este gestor es utilizado para la funcionalidad de otros módulos de un sistema global de contenidos de aprendizaje. Sin embargo, para fines de este trabajo, sólo se estará utilizando la estructura de las tablas necesarias para el alojamiento de datos de alumnos, materias, profesores, ciclos escolares, horarios, grupos y asistencias (ver Figura 4.9). Se puede apreciar que una asignatura propensa a recibir asistencias de alumnos pertenece a un ciclo escolar. Estas asignaturas son

cargadas por un determinado alumno y a un grupo específico abierto de esa materia. Dicho grupo tiene un horario definido y que es impartido por cierto profesor.

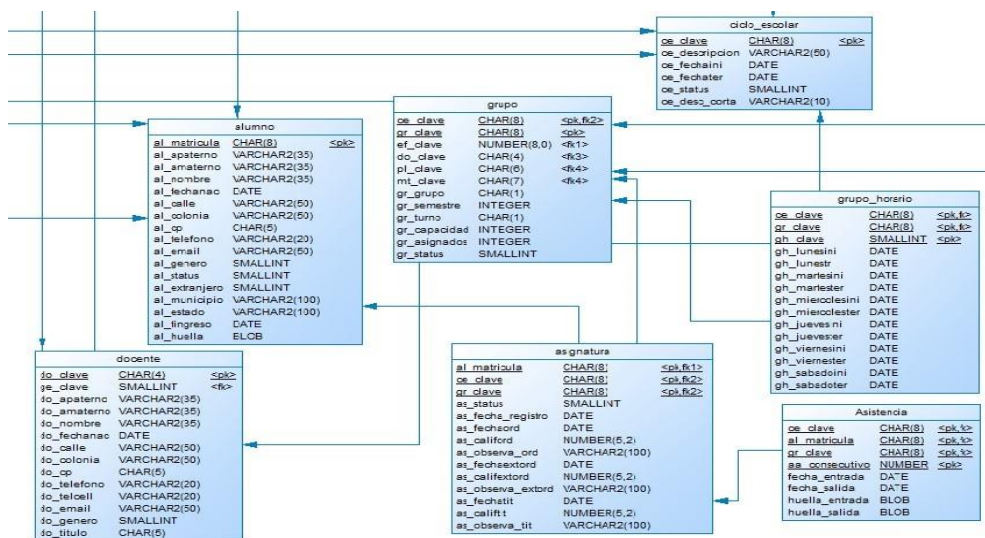


Figura 4.9 Esquema relacional de la sección de la base de datos usada en el prototipo

El módulo desarrollado utiliza JDBC, la cual es una interfaz de programa de aplicación (API) empaquetada con la edición de Java SE y que hace posible estandarizar y simplificar el proceso de conexión de aplicaciones Java a sistemas de gestión de bases de datos relacionales externos [42]. Adicionalmente se emplea Python y los componentes `cx_oracle` [41], el cual es un módulo de extensión de Python que permite el acceso a la base de datos Oracle. Este es usado para la interfaz de usuario y `Jpype` [43] para la conexión en el manejo de la información hacia la base de datos donde este componente es utilizado para el sistema de toma de asistencias montado en la Raspberry Pi, el uso de esta librería es por las incompatibilidades con el módulo `cx_oracle`. Para el envío de reportes de asistencias a los alumnos se dispone de la utilería `smtplib` el cual define un objeto de sesión de cliente SMTP que se puede usar para enviar correo a cualquier máquina de Internet con un demonio de escucha SMTP o ESMTP.

4.4.3. Módulo de panel de control de la aplicación de escritorio

El módulo perteneciente a la aplicación de escritorio se encuentra desarrollado en Python 2.7.16. La interfaz gráfica de usuario (GUI) está desarrollada con el módulo Tkinter, para

Python 2.x. [44], [45]. El uso de la biblioteca Tkinter permite crear cada una de las ventanas correspondientes a los requerimientos y funcionalidad de la aplicación, además de brindar mecanismos de manejo de los datos.

4.4.4. Módulo de toma de asistencias

El módulo para la toma de asistencia montado desde la tarjeta Raspberry Pi cuenta con una pantalla táctil de 3.5 pulgadas, un lector biométrico Digital Persona U ARE U 4500 [46], un micrófono con adaptador USB, cuatro botones. La funcionalidad programada en Python incluye las consideraciones de manipulación de una determinada tarea que permita al usuario tenerlo en un contexto de los posibles errores y advertencias, tales como la conexión hacia la base de datos, desconexión del lector de huellas digitales o micrófono, invalidez de los registros de asistencias, entre otros. Así como también se puede mostrar en la pantalla un mensaje del pase de lista dado por el lector biométrico o micrófono.

4.5. Evaluación del prototipo

En esta fase de evaluación del prototipo se dictamino qué elementos se pueden considerar aceptables y qué elementos se pueden considerar para ser sometidos a una nueva iteración de acuerdo al modelo de Prototyping. En el sistema desarrollado se estuvieron haciendo varias pruebas en los diversos módulos, el subsistema que presentó más complicaciones y que tuvo que ser sujeto a diversas iteraciones fue el que realiza la toma de asistencia (ver Figura 4.10). Se hicieron diversas pruebas sobre el uso de Java y Python. En este mismo sentido se modificó la interfaz de usuario original del módulo de control de asistencias y reportes. Este subsistema fue modificado para ir agregando los diversos componentes de reportes a través de las interfaces de usuario de Tkinter. Finalmente, después de varias iteraciones, el prototipo alcanzo un nivel de madurez con una funcionalidad mostrada en los resultados del presente trabajo.

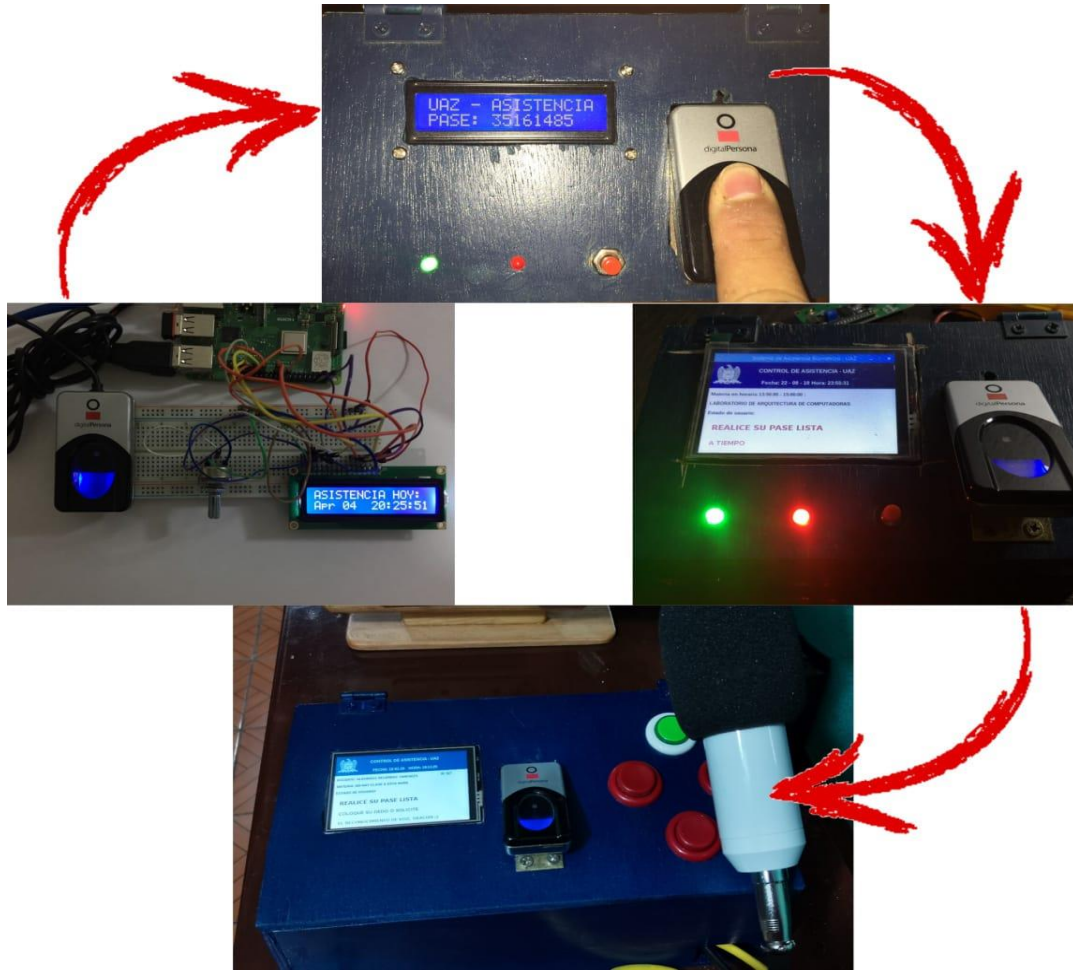


Figura 4.10 Evaluación del módulo de toma de asistencias

4.6. Conclusión

El análisis y diseño del sistema de control de asistencias biométrico incluyó el estudio de procedimientos para identificar las metas y requisitos que se desean implementar en el sistema. En el capítulo se diseñó la arquitectura, los componentes, los módulos y las interfaces del sistema desarrollado. Este capítulo involucró la transformación de los requisitos especificados en el diseño del producto que describe las estructuras y el comportamiento del sistema.

Capítulo 5. Resultados y discusión

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos del sistema de asistencias con base a mecanismos biométricos. En primer lugar, se detalla el funcionamiento de los módulos que conforman al sistema de asistencias (“Módulo panel de control de asistencias” y “Módulo para la toma de asistencias”), posteriormente se explica cómo intervienen los mecanismos biométricos con el fin de realizar el pase de lista a los alumnos; y finalmente se puntualiza las utilerías implementadas en el proyecto.

5.1. Módulo de panel de control (Aplicación de escritorio)

En la Figura 5.1 se muestra el panel de control principal de la aplicación de escritorio para el usuario (docente), la cual está dividida en tres secciones. La primera sección (parte superior de la ventana) está compuesta por cinco botones de funcionalidad. El botón “Registrar alumno” tiene la tarea de mostrar una ventana con el formulario correspondiente a los datos del alumno; el segundo botón “Registrar docente” se encarga de registrar con base a un formulario los datos del docente; el tercer botón “Asignar alumno a grupo” consiste en inscribir a los alumnos registrados a sus respectivos grupos de clases; el cuarto botón “Establecer horarios” permite definir los horarios grupales que se le tienen asignado al maestro; el quinto botón “Reportes de asistencia” permite realizar los reportes de historial de asistencia de forma individual o grupal de los alumnos.

Figura 5.1 Panel de control de la aplicación de escritorio

En la sección 2 (parte izquierda de la ventana de la Figura 5.1) se muestra un listado de los alumnos con los que cuenta el docente en el ciclo escolar actual. La lista de alumnos funge dos funciones; la primera función del listado es mostrar de forma breve los detalles del alumno, esto seleccionando solamente el nombre del alumno; la segunda función es que mediante un doble clic sobre el nombre del alumno desplegará una ventana que contiene una serie de componentes que realizan la acción de editar datos; en esta sección además cuenta con un listado de docentes que realizan tareas similares a las funcionalidades mencionadas de los alumnos. La sección 3 (parte derecha de la ventana de la Figura 5.1), se tiene un panel para búsqueda y ordenamiento según sea el caso. En el componente de búsqueda se puede localizar el estudiante tecleando en el cuadro de texto la matrícula o nombre y en automático en listado de la sección 2 empezará a mostrar coincidencias del alumno. En el componente final se puede seleccionar datos históricos de los alumnos a través de un ciclo escolar determinado a los que el docente imparte clases.

Las Figura 5.2 y Figura 5.3 muestran una interfaz por cada figura, esta contiene un formulario para compilar cada uno de los datos representativos de estudiantes y docentes. Cada campo de las interfaces está validado mediante el uso de expresiones regulares. Python posee un módulo de manejo de expresiones regulares que proporcionan operaciones de coincidencia,

las funciones en este módulo permiten verificar si una cadena particular coincide con una expresión regular dada. Para este caso se validó que tanto la matrícula del alumno como la clave docente fuera un número, que los nombre(s) y apellido(s) en ambos formularios tengan solamente letras, que el email sea válido en ambos casos, etcétera. Para capturar la huella es necesario usar elementos como un lector de huellas digitales, así como el proyecto fprintd. Para la toma de huella digital del estudiante se implementó el uso de las librerías libfprint (este comunica con dispositivos de lectura de huellas digitales y procesa datos de huellas digitales) y fprintd (proporciona la funcionalidad de escaneo de huellas digitales a través de D-Bus) [47]. Otro elemento usado para la captura de la huella dactilar es el módulo Pyfprint, este posee varios componentes que permiten digitalizar y verificar la huella capturada, además de poder identificar una huella específica. El módulo Pyfprint necesita que la persona a registrar coloque un total de cinco veces su dedo [48]. Posteriormente se realizan dos verificaciones de la huella.

Para obtener la plantilla de características de voz es necesario utilizar python_speech_features (proporciona las características de voz como las energías MFCC y de banco de filtros [49]) y sklearn.mixture.GaussianMixture (provee la representación de una distribución de probabilidad del modelo de mezcla Gaussiana utilizando MFCC [50]). Para obtener el modelo de voz es necesario grabar muestras de voz del orador a través de un micrófono, para cada muestra se extraen los MFCC y se realiza el modelado a través de mezcla Gaussiana. Este modelo es la base para determinar la mayor probabilidad de que el orador sea identificado además que el usuario que se está autenticando pertenezca al conjunto cerrado de modelos registrados en la base de datos.

Figura 5.2 Formulario para el registro de estudiantes

REGISTRO DE DOCENTES - UAZ

(*) **Clave:** (*) **Genéro:** ☒ Hombre ☐ Mujer (*) **DATOS OBLIGATORIOS**

(*) **G. Escolar:** 1-LICENCIATURA **Nacimiento:** 31 Febrero 1985

(*) **A. Paterno:** **Captura de huella**

A. Materno:

(*) **Nombre:**

Calle:

Colonia:

C.P.:

Teléfono: **Captura de voz** **No. de muestras a capturar:** 5 **Muestra de audio a capturar:** 1

Teléfono C.:

E-Mail:

Título:

Figura 5.3 Formulario para el registro de docentes

En las Figura 5.4 y Figura 5.5 se visualiza las interfaces para editar un registro de los usuarios alumno y docente respectivamente, la característica primordial es proveer la actualización de las platillas de características de huella dactilar y voz por parte de los usuarios involucrados.

EDITAR DATOS DE ESTUDIANTE - UAZ

Matrícula: 66666666 **Genéro:** ☐ Hombre ☒ Mujer

A. Paterno: SHANTAL **Status:** ☒ Activo ☐ Desactivo

A. Materno: **Extranjero:** ☒ Extranjero ☐ Nacional

Nombre: KIMBERLY **Nacimiento:** 31 Febrero 1985

Calle: **Ingreso:** 31 Febrero 1985

Colonia: **Huella dactilar** **Plantilla de voz** **No. de muestras a capturar:** 5

C.P.: **Muestras de audio** **Muestra de audio a capturar:** 1

Teléfono:

E-Mail:

Municipio:

Estado:

Figura 5.4 Ventana de edición del registro de alumno

EDITAR DATOS DE DOCENTE - UAZ

Clave: 1111

A. Paterno: BECERRA

A. Materno: SANCHEZ

Nombre: ALDONSO

Calle: velino

Colonia: vega

C.P.: 98835

Teléfono: 49612547

T. Celular: 778787

E-Mail: a7donso@gmail.com

Título:

Genéro: ☒ Hombre ☐ Mujer

G. Escolar: 3-DOCTORADO

Nacimiento: 31 Febrero 1985

Huella dactilar

Plantilla de voz

Muestras de audio

No. de muestras a capturar 5

Muestra de audio a capturar 1

Actualizar docente

Editar Huella

Editar Voz

Grabar muestra

Salir

Figura 5.5 Ventana de edición del registro de docente

En la Figura 5.6 se muestra una interfaz cuyo trabajo es el manejo de asignación de estudiantes en un grupo de clase, para realizar esta función el docente debe elegir el ciclo escolar, conjuntamente se debe seleccionar un grupo de los que tiene asignado el docente; al mismo tiempo la ventana está compuesta por un motor de búsqueda para encontrar coincidencias en el listado de la parte izquierda de dicha figura. Esta lista contiene todos los alumnos que han sido registrados en la base de datos. Un estudiante para ser agregado a un grupo específico es mediante el botón “Agregar”, reflejando de esta forma la inscripción del alumno en la segunda lista de la parte derecha de la Figura 5.6, esta contiene la relación de alumnos inscritos al grupo. Para el caso de dar de baja a un estudiante del grupo, la interfaz proporciona un botón “Eliminar”, el cual realiza la baja del registro del alumno en el grupo al que está inscrito.

La interfaz maneja además tres funciones de asignación de tiempo de las sesiones de clase, la primera función es elegir el número de sesiones que se impartirán durante el curso, este dato es básico para realizar el cálculo de porcentaje total asistido para el historial de asistencias; las siguientes dos funcionalidades son opcionales eso dependerá de las políticas que aplique el docente. La segunda funcionalidad opcional es el tiempo en minutos para generar retardos por cada sesión de clase. La tercera función, se maneja en conjunto con la anterior, se utiliza para asignar faltas al historial del estudiante a partir del total de retardos generados durante el curso de la materia. Estas dos opciones en el caso de ser aplicables por el docente, se reflejará el dato en un apartado del reporte de asistencias del estudiante.

ENROLAR ALUMNO A GRUPO

ASIGNACIÓN DE ALUMNOS A GRUPOS DE CLASE

Buscar: CE: AGO-DIC 19 No. De sesiones: 70 Tiempo de ratardo: 4 Retardos para falta: 4

Grupos: BASE DE DATOS I - A

11223344 - PEDRO ALEJANDRO BENITEZ
11111111 - ARTURO ELIAS AYUB SLIM
33333333 - CARLOS BREMER
22334455 - MANUEL FARIAS GARCIA
44444444 - KEVIN KAARL MORENO
22222222 - BENITO MOLINA
88775544 - ISRAEL MUÑOZ VELÁSQUEZ
55555555 - CARMEN MUÑOZ
22119988 - JESÚS NUÑES DE LA CRUZ FABRITZIO
77777777 - LIZBETH RODRIGUEZ
88888888 - PEDRO SEGOVIA
66666666 - KIMBERLY SHANTAL
35161459 - EMMANUEL DE JESUS VELÁSQUEZ MARTINEZ
35161479 - EMMANUEL DE JESUS VELÁSQUEZ MARTINEZ

AGREGAR >>

< ELIMINAR

Salir

11111111 - ARTURO ELIAS AYUB SLIM
33333333 - CARLOS BREMER
22222222 - BENITO MOLINA
55555555 - CARMEN MUÑOZ
77777777 - LIZBETH RODRIGUEZ
88888888 - PEDRO SEGOVIA
35161479 - EMMANUEL DE JESUS VELÁSQUEZ MARTINEZ

Figura 5.6 Ventana para la asignación de los alumnos a un grupo

La Figura 5.7 muestra una ventana cuya función es establecer los horarios de un grupo en específico de los que tiene asignado un docente. Esta función de horarios se inicia seleccionando un grupo dentro de un ciclo escolar, y en automático se mostrará por cada día de la semana el intervalo de tiempo de la clase. Para cada sesión (lunes a sábado), el formato de tiempo está dado en 24 horas; para aplicar o cancelar un horario se colocaron dos botones por cada día de la semana, el botón de nombre “Sin horario” elimina de la base de datos el rango de tiempo que tenía establecido para el día en concreto, para el caso de establecer un horario se tiene el botón “Aplicar”, donde valida la hora de inicio y termino de la sesión.

HORARIOS DE GRUPO

Horarios de grupos

Ciclo escolar: AGO-DIC 19 Grupos: BASE DE DATOS I - A

Horario Lunes
Inicia: 07:30:00
Termina: 09:30:00
Sin horario Aplicar

Horario Martes
Inicia: : :
Termina: : :
Sin horario Aplicar

Horario Miércoles
Inicia: 07:30:00
Termina: 09:30:00
Sin horario Aplicar

Horario Jueves
Inicia: : :
Termina: : :
Sin horario Aplicar

Horario Viernes
Inicia: 09:00:00
Termina: 10:00:00
Sin horario Aplicar

Horario Sábado
Inicia: : :
Termina: : :
Sin horario Aplicar

Salir

Figura 5.7 Interfaz para establecimiento de horarios

La Figura 5.8 muestra la interfaz correspondiente a la generación de reportes de los estudiantes. Esta interfaz permite al docente obtener un listado de los alumnos que se encuentran inscritos en una materia determinada en un ciclo escolar. En la lista se visualiza la matrícula, nombre(s), apellido(s), fecha y hora de entrada y salida de la clase y el estado de la sesión para el día en específico, al mismo tiempo el docente tiene la opción de usar el botón “Consulta asistencia por fecha” para listar la asistencia de los alumnos de una fecha específica del curso, visualizando de esta manera el estado de asistencia (“Asistió” o “No Asistió”). Para el caso de “Justificación” de una sesión, el docente pedirá al alumno identificarse mediante el uso biometría dactilar para justificar la asistencia y finalmente el estado de “Retardo” donde este se aplica según las políticas del grupo del docente.

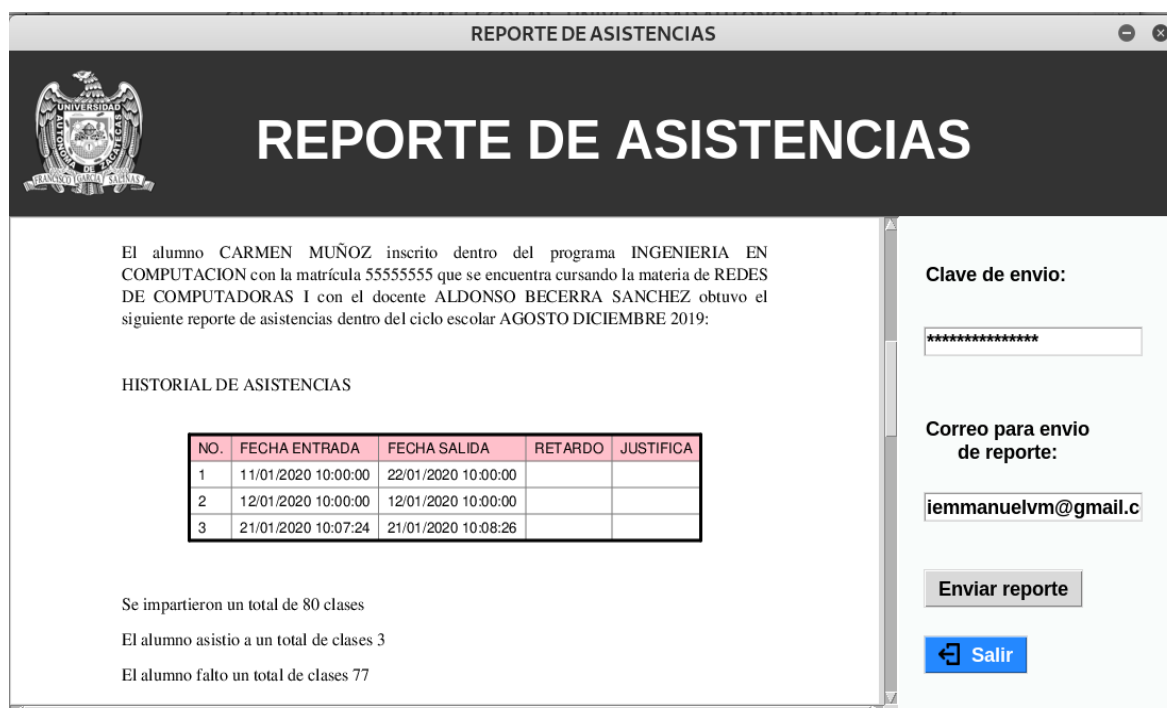
El reporte de asistencia de un alumno se genera seleccionando el alumno y presionar el botón de “Reporte global de asistencias”. El reporte está basado en ReportLab, el cual es un motor de código abierto, robusto y que permite crear documentos PDF complejos y basados en datos y gráficos vectoriales personalizados [51]. Al generar el reporte se abrirá una ventana en donde se visualizará el historial de asistencia del alumno.

Matrícula	Nombre	Apellido P.	Apellido M.	Entrada	Salida	Status
11111111	ARTURO ELIAS	AYUB	SLIM			NO ASISTIO
33333333	CARLOS	BREMER				NO ASISTIO
44444444	KEVIN	KAARL	MORENO			NO ASISTIO
22222222	BENITO	MOLINA				NO ASISTIO
55555555	CARMEN	MUÑOZ		2020-01-21 10:07:24	2020-01-21 10:08:26	ASISTIO
77777777	LIZBETH	RODRIGUEZ				NO ASISTIO
88888888	PEDRO	SEGOVIA				NO ASISTIO
66666666	KIMBERLY	SHANTAL				NO ASISTIO

Figura 5.8 Interfaz de gestión de asistencias

A continuación en la Figura 5.9 se muestra una interfaz, la función es proveer al docente una vista previa del historial de asistencias global de un estudiante en específico; conjuntamente

cuenta con la opción de enviar el reporte de asistencias en el formato PDF al email del estudiante. Por default el campo de texto con la etiqueta de correo consulta el email con el que fue registrado en un inicio, en el caso de que alumno solicite el envío de su historial de asistencias a otro email, el docente debe ingresar el correo del alumno en el campo de texto. El envío del archivo adjunto se logra con la funcionalidad que proporciona Python a través de la librería smtplib. Finalmente el docente, para enviar el archivo de asistencias adjunto, basta con seleccionar el botón “Enviar reporte” y en automático el alumno recibe el correo con el reporte global de asistencias.



REPORTE DE ASISTENCIAS

El alumno CARMEN MUÑOZ inscrito dentro del programa INGENIERIA EN COMPUTACION con la matrícula 55555555 que se encuentra cursando la materia de REDES DE COMPUTADORAS I con el docente ALDONSO BECERRA SANCHEZ obtuvo el siguiente reporte de asistencias dentro del ciclo escolar AGOSTO DICIEMBRE 2019:

HISTORIAL DE ASISTENCIAS

NO.	FECHA ENTRADA	FECHA SALIDA	RETARDO	JUSTIFICA
1	11/01/2020 10:00:00	22/01/2020 10:00:00		
2	12/01/2020 10:00:00	12/01/2020 10:00:00		
3	21/01/2020 10:07:24	21/01/2020 10:08:26		

Se impartieron un total de 80 clases
 El alumno asistio a un total de clases 3
 El alumno faltó un total de clases 77

Clave de envío:

Correo para envío de reporte:
 iemmanuelvm@gmail.c

Enviar reporte

Salir

Figura 5.9 Ventana de vista previa para reporte de asistencias

El reporte generado de asistencias que se muestra en la Figura 5.10 tiene datos del estudiante como el nombre completo del alumno, programa académico al que está inscrito, matrícula, materia de la clase, nombre del docente, ciclo escolar, historial de sesiones de clase, clases totales, clases asistidas por el alumno, faltas totales y finalmente, el porcentaje total de asistencias obtenido por el alumno, así como la fecha de expedición del reporte.

BENÉMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS

"Fracisco García Salinas"



El alumno CARMEN MUÑOZ inscrito dentro del programa INGENIERIA EN COMPUTACION con la matrícula 55555555 que se encuentra cursando la materia de BASE DE DATOS I con el docente GUSTAVO ZEPEDA VALLES obtuvo el siguiente reporte de asistencias dentro del ciclo escolar AGOSTO DICIEMBRE 2019:

HISTORIAL DE ASISTENCIAS

NO.	FECHA ENTRADA	FECHA SALIDA	RETARDO	JUSTIFICA
1	25/02/2020 12:08:22			

Se impartieron un total de 70 clases

El alumno asistio a un total de clases 0

El alumno faltó un total de clases 70

El porcentaje final de asistencia del alumno CARMEN MUÑOZ con matrícula 55555555 durante el curso de BASE DE DATOS I fue del 0 porciento.

2020-02-25 18:05:01.153520, Zacatecas, Zacatecas, México

Figura 5.10 Reporte generado por Reportlab para las asistencias de un alumno a clase

5.2. Módulo de toma de asistencias

El prototipo que se muestran en la Figura 5.11 cuenta con un lector óptico para escanear las huellas dactilares y un micrófono para la captura de señal de voz, esto con el objetivo de obtener las características biométricas para validar los usuarios (alumnos y docentes). Conjuntamente se tiene una pantalla táctil de 3.5 pulgadas, donde proporciona una interfaz para mostrar mensajes de validación de asistencia, así como errores de funcionamiento del módulo. El módulo como primera opción de autenticación de usuarios ejecuta el mecanismo biométrico de huella dactilar y como segunda alternativa el mecanismo biométrico de voz. Adicionalmente el prototipo tiene un tablero con cuatro botones, en donde tres botones son para uso del

mecanismo biométrico de voz. El botón colocado en la parte inferior del prototipo tiene la función de grabar la señal de voz para identificar un orador registrado en la base de datos. La validación del usuario con este mecanismo biométrico se realiza con el uso de los botones ubicados a los costados del prototipo, el usuario toma la decisión “SI” o “NO” para validar su pase de lista. El botón ubicado en la parte superior genera y envía reportes de asistencias a los alumnos durante una sesión de clase utilizando los datos biométricos de los alumnos.



Figura 5.11 Módulo de toma de asistencias

En la Figura 5.12 se observan dos estados iniciales del módulo de toma de asistencia, en ambos casos se visualiza un mensaje indicando que el módulo se encuentra funcionando correctamente (respecto a la conexión a la base de datos y los componentes electrónicos que componen al prototipo).

En las interfaces se especifican datos como la fecha y hora para cada sesión, adicionalmente se muestra el nombre del docente que está haciendo uso del prototipo de toma de asistencias. Un usuario docente registrado en la base de datos puede hacer uso del módulo, para ello es necesario que se autentique usando un mecanismo biométrico y enseguida respecto a la carga de materias del docente, así como la fecha y hora. Se visualizará el nombre de la materia seguido del grupo como se muestra en la Figura 5.12 (b), caso contrario se desplegarán los datos anteriores, a excepción de un grupo para la hora señalada como se aprecia en la Figura 5.12 (a). Además si el docente aplicó la política de retardo “R”, se mostrará dicho tiempo expresado en minutos tal como se expone en la Figura 5.12 (b).

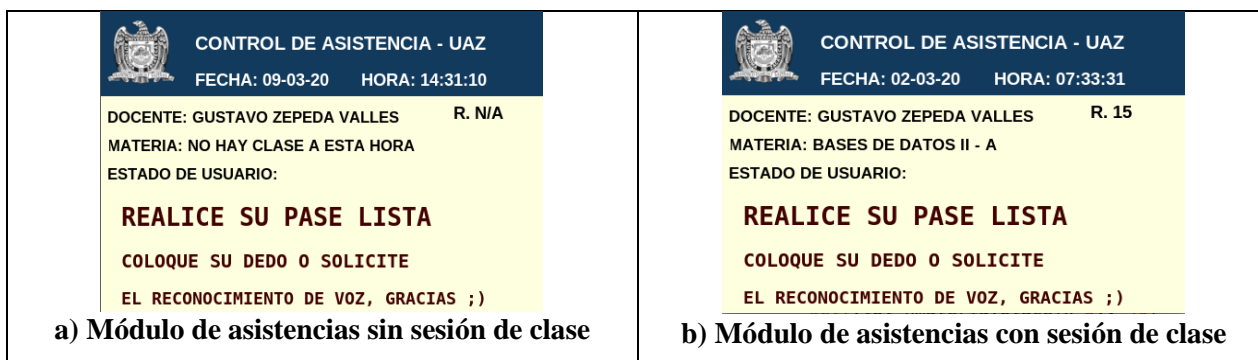


Figura 5.12 Mensaje de inicio para la toma de asistencias

5.2.1. Toma de asistencias mediante biometría dactilar

En la Figura 5.13 se evidencian tres estados para la tarea del pase de lista de un alumno en específico donde este llega y coloca su dedo con el que se coteja al registrado en un inicio. Para este paso se recomienda dejar el dedo que contiene la huella dactilar del usuario en el lector hasta que se arroje un mensaje en la pantalla táctil con su matrícula, nombre y estado de pase de lista; o en caso contrario un mensaje de error.

Para marcar la asistencia de un estudiante debe realizar el registro tanto de entrada como de salida, en el rango de horario establecido para ese grupo. En la Figura 5.13 (a) se presenta un mensaje mostrando los datos del alumno, conjuntamente el estado de asistencia indicando la entrada. Posteriormente en la Figura 5.13 (b) se evidencia un mensaje para registrar el término de la sesión, para ello se muestra los datos del alumno y el estado de termino de clase. Finalmente en la Figura 5.13 (c) se observa un mensaje notificando que el estudiante ya ha registrado asistencia para la sesión de clase. En la Figura 5.13 para el grupo no aplica la regla de retardo indicando en la interfaz “R. N/A”, el cual esta política de retardo se descarta al solicitar el historial de asistencias.

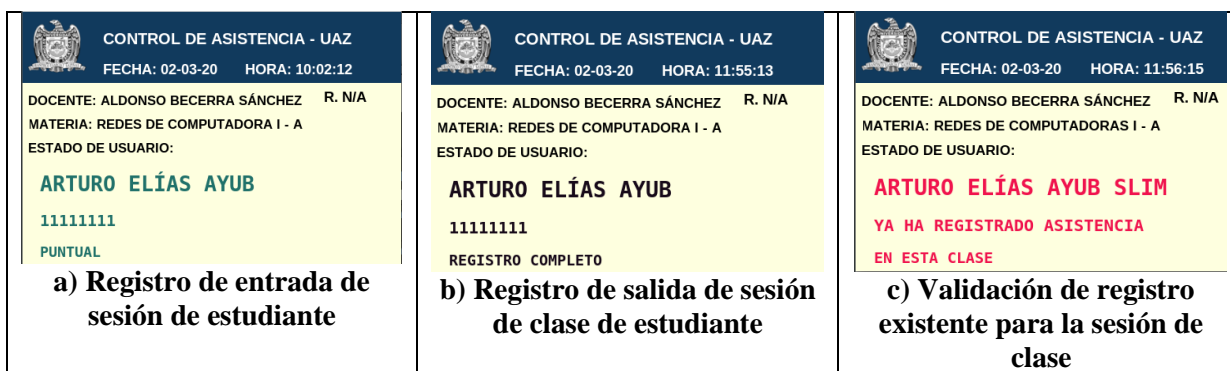


Figura 5.13 Toma de asistencia y mensajes de validación

En la Figura 5.14 se presenta el mensaje para la aplicación de la política de retardo de un alumno, notificando al usuario que generó un retardo en la sesión correspondiente. La aplicación de esta política es considerada por el docente asignando un tiempo de tolerancia para la entrada de sesión de clase, cuyo parámetro se especifica desde el panel de control y será reflejada en la interfaz del módulo de toma de asistencias cuyo apartado se encuentra como “R. M” siendo “M” los minutos de tolerancia para una sesión de clase. Esta política en el caso de ser aplicada se reflejará en el historial de asistencias del estudiante.

CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ	
FECHA: 06-03-20	HORA: 07:47:10
DOCENTE: GUSTAVO ZEPEDA VALLES	R. 15
MATERIA: BASES DE DATOS II - A	
ESTADO DE USUARIO:	
CARMEN MUÑOZ	
55555555	
RETARDO	

Figura 5.14 Caso de aplicación de la política retardo

En caso que se muestre el mensaje “SIN COINCIDENCIAS INTENTE DE NUEVO” (ver Figura 5.15), se puede deber a dos circunstancias: i) el estudiante no se encuentra inscrito en el curso, ii) la huella dactilar de la persona se encuentra sucia.

CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ	
FECHA: 09-03-20	HORA: 10:02:12
DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ	R. N/A
MATERIA: REDES DE COMPUTADORA I - A	
ESTADO DE USUARIO:	
SIN COINCIDENCIAS	
INTENTE DE NUEVO	

Figura 5.15 Mensaje de error indicando no coincidencias

5.2.2. Toma de asistencias usando biometría de voz

En la interfaz que se muestra en la Figura 5.16 se tiene un mensaje indicando la solicitud para identificar un usuario con biometría de voz, como siguiente paso el usuario a través del micrófono debe realizar una grabación de su voz por 5 segundos, esto para obtener las características de la voz y así obtener al usuario con la compatibilidad más alta de características.

CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ	
FECHA: 02-03-20	HORA: 10:09:10
DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A	
MATERIA: REDES DE COMPUTADORAS I - A	
ESTADO DE USUARIO:	
SOLICITO RECONOCIMIENTO	
DE VOZ	
GRABANDO AUDIO...	

Figura 5.16 Mensaje de solicitud para uso de biometría de voz

En la Figura 5.17 se muestran dos mensajes en donde se indica en la sección de estado de usuario una pregunta para validar al usuario a través del reconocimiento de voz. Se realiza una pregunta ya que los modelos de voz (GMM) de los usuarios se trataron como un conjunto cerrado, por ende, se muestra un usuario con la probabilidad más alta de compatibilidad de voz. La autenticación de usuarios con biometría de voz se realiza a través de los botones de los módulos que se especificaron en la Figura 5.11, y dependiendo del tipo de usuario realiza el pase de lista del alumno o el módulo cambia para el uso específico por parte de otro docente.

CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ	CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ
FECHA: 09-03-20 HORA: 10:02:12	FECHA: 09-03-20 HORA: 10:02:12
DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A	DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A
MATERIA: REDES DE COMPUTADORA I - A	MATERIA: REDES DE COMPUTADORA I - A
ESTADO DE USUARIO:	ESTADO DE USUARIO:
¿USTED ES EL ALUMNO	¿USTED ES EL DOCENTE
CON MATRÍCULA: 33333333?	CON CLAVE: 7777?
REALICE LA CONFIRMACIÓN	REALICE LA CONFIRMACIÓN
a) Identificación de orador alumno	b) Identificación de orador docente

Figura 5.17 Validación de usuarios con biometría de voz

5.2.3. Solicitud de historial de asistencia del alumno

La Figura 5.18 muestra tres mensajes referentes a la solicitud de reportes de asistencias durante una sesión de clase usando los mecanismos biométricos. El caso a) indica que el alumno solicitó su reporte de asistencias hasta la fecha actual. El caso b) señala un error refiriéndose a la no disponibilidad de una sesión de clase para realizar la solicitud. El caso c) especifica que se ha enviado el reporte de asistencias en formato PDF al email del estudiante.

 CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ FECHA: 02-03-20 HORA: 11:38:45 DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A MATERIA: REDES DE COMPUTADORAS I - A ESTADO DE USUARIO: SOLICITANDO REPORTE DE ASISTENCIAS DEL ALUMNO CON MATRÍCULA: 44444444	 CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ FECHA: 02-03-20 HORA: 11:40:14 DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A MATERIA: NO HAY CLASE A ESTA HORA ESTADO DE USUARIO: USTED NO PUEDE SOLICITAR EL REPORTE DE ASISTENCIAS EN ESTE MOMENTO	 CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ FECHA: 09-03-20 HORA: 10:02:12 DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A MATERIA: REDES DE COMPUTADORA I - A ESTADO DE USUARIO: SE ENVIO EL REPORTE DE ASISTENCIAS AL ALUMNO CON MATRÍCULA: 33333333 SATISFACTORIAMENTE
a) Solicitud de reporte de asistencias	b) Error de generacion de historial de asistencias	c) Mensaje de envio de reporte con exito

Figura 5.18 Mensajes de solicitud de reportes

5.2.4. Manejo de errores en el módulo de toma de asistencias biométrico

Finalmente, en la Figura 5.19 se muestran cuatro posibles errores que pudieran ocurrir durante el uso del módulo de la toma de asistencia: a) no se puede establecer la comunicación hacia la base de datos, realizando de manera automática un reintento de enlace; b) el lector no está conectado o se encuentra dañado; c) el micrófono se encuentra desconectado del puerto USB de la tarjeta Raspberry Pi y d) el historial de asistencias no se generó o envió.





 CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ FECHA: 02-03-20 HORA: 10:35:01 DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A MATERIA: REDES DE COMPUTADORAS I - A ESTADO DE USUARIO: ERROR DB SIN CONEXIÓN	 CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ FECHA: 02-03-20 HORA: 10:55:54 DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A MATERIA: REDES DE COMPUTADORAS I - A ESTADO DE USUARIO: ERROR LECTOR DESCONECTADO
a) Error de comunicación con la base de datos	b) Error de conexión de lector óptico
 CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ FECHA: 02-03-20 HORA: 11:01:36 DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A MATERIA: REDES DE COMPUTADORAS I - A ESTADO DE USUARIO: ERROR MICRÓFONO DESCONECTADO	 CONTROL DE ASISTENCIA - UAZ FECHA: 02-03-20 HORA: 11:20:57 DOCENTE: ALDONSO BECERRA SÁNCHEZ R. N/A MATERIA: REDES DE COMPUTADORAS I - A ESTADO DE USUARIO: SUCEDIO UN ERROR INESPERADO AL GENERAR/ENVIAR EL REPORTE
c) Error de conexión de micrófono	d) Mensaje de error al generar el reporte

Figura 5.19 Casos de error en módulo biométrico de toma de asistencias

5.3. Discusión de resultados

Bajo el marco de trabajo de la funcionalidad del prototipo de este trabajo, se debe recordar y tomar en cuenta la probabilidad y consideraciones de cambios futuros en cualquier diseño y desarrollo de software, que se ilustran a través de la Tabla 5.1 Probabilidad de cambios futuros en el software usando elementos de diseño. Las “interfaces” representan los elementos gráficos, la “funcionalidad” son las reglas del negocio (requisitos del usuario), los “datos” y “funciones” equivalen a los componentes internos que se usan para describir a los “objetos”. En tanto que la “información” representa el dominio del problema en una aplicación. Cabe resaltar que la arquitectura del sistema debe distinguir entre elementos con mayor y menor probabilidad de cambios. De igual manera, el desarrollo del sistema de software propuesto debe contemplar un modelo de procesos en el que los componentes de mayor probabilidad de cambio no “arrestren” a los más estables. El catálogo de funcionamientos y herramientas proporcionadas por el prototipo propuesto propician un cambio constante en su diseño para adecuarse a los momentos cambiantes del enfoque educativo.

Tabla 5.1 Probabilidad de cambios futuros en el software usando elementos de diseño

Elemento	Probabilidad de cambio
Interfaces	Alta
Funcionalidades	Alta
Datos	Mediana
Funciones	Mediana
Objetos	Baja
Información	Baja

5.4. Conclusión

Este capítulo describió los resultados de cada uno de los componentes que conforma al sistema de control de asistencias, además se evaluó el sistema desarrollado basado en los requerimientos de los usuarios, así como la usabilidad de los módulos desarrollados hacia los usuarios.

Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro

En el presente trabajo se desarrolló un sistema para el registro de asistencias de alumnos en un ambiente universitario. El sistema desarrollado ofrece funcionalidades de acceso a una base de datos Oracle, un módulo de control central de escritorio para el manejo de registros, además del módulo principal que lleva el registro en línea de las asistencias a sesiones de clases de alumnos usando los mecanismos biométricos. Los módulos tienen como objetivo ayudar al maestro en el aula a gestionar y registrar la presencia de los estudiantes a través de los mecanismos biométricos automatizando tiempo y esfuerzo. El sistema puede analizar los datos y muestra estadísticas sobre las ausencias de alumnos de un grupo o un alumno en específico, imprimiendo informes sobre porcentajes de ausencia de los alumnos para el período especificado. El alumno puede solicitar su informe el cual es enviado a su correo electrónico. Este mismo sistema permite que se lleve un control eficiente sobre los registros falsos de asistencia que comúnmente se pueden llevar a cabo por otros medios manuales.

El caso de prueba de la aplicación reveló que el sistema funciona de manera efectiva y está listo para usar para administrar a los estudiantes que asisten a una universidad. Dado que el sistema es modular, puede acoplarse sin esfuerzo a otros sistemas. Puede gestionar y controlar los estudiantes para maximizar su rendimiento.

Para trabajo futuro se plantea mejorar el sistema de mecanismo biométrico de voz, ya que la adaptación de este mecanismo al sistema presente solo llegó a una etapa a nivel de prototipo, además de implementar otros tipos de mecanismos de procesamiento de voz, principalmente los enfocados en aprendizaje profundo.

La gestión de asistencia es importante para todas las instituciones educativas. Se espera que en poco tiempo el sistema sufra un crecimiento de uso y aceptación en la comunidad, además que en un futuro el sistema pueda administrar y registrar la asistencia del personal educativo de la Universidad.

Referencias

- [1] Moodle, “Moodle - Open-source learning platform | Moodle.org.” [Online]. Available: <https://moodle.org/>. [Accessed: 01-Sep-2019].
- [2] M. Luz, E. Márquez, I. Yesid, N. Abdo, I. Fernando, and J. Ángulo, “Prototipo de control de acceso a aulas y registro automático de asistencia,” pp. 41–47, 2015.
- [3] G. Gabriel, J. Bazán, L. Norberto, and U. Román, “Sistema web de control de asistencia basado en web services y la biometría de huella dactilar para las instituciones educativas,” 2018.
- [4] Luis Sepúlveda Herazo and Yeiny Coavas Almentero, “Desarrollar una plataforma web para el control de asistencia de estudiantes, docentes y administrativos de la Universidad de Córdoba sede Loricá mediante el uso de tarjetas inteligentes, dispositivos móviles y SMS.”
- [5] V. Calle, “Control de asistencia a clase mediante un lector de huella digital.”
- [6] G. B. Pérez, L. Gerardo, and M. Jiménez, “Reconocimiento facial aplicado a la toma de asistencia,” vol. 38, no. 122, pp. 57–68, 2016.
- [7] Kai-Yuan Cai, *Automated biometrics technologies and systems*, vol. 1, no. 4. 200AD.
- [8] M. A. Z. Agustín, “Estudio de verificación biométrica de voz,” 2015.
- [9] N. I. Zainal, K. A. Sidek, T. S. Gunawan, H. Manser, and M. Kartiwi, “Design and development of portable classroom attendance system based on Arduino and fingerprint biometric,” *2014 5th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. Muslim World, ICT4M 2014*, pp. 3–6, 2014.
- [10] B. K. P. Mohamed and C. V. Raghu, “Fingerprint attendance system for classroom needs,” *2012 Annu. IEEE India Conf. INDICON 2012*, pp. 433–438, 2012.
- [11] Z. Sun, S. Shan, H. Sang, J. Zhou, Y. Wang, and W. Yuan, “Biometric recognition,” 2014.
- [12] S. C. Hoo and H. Ibrahim, “Biometric-based attendance tracking system for education sectors: A literature survey on hardware requirements,” *J. Sensors*, vol. 2019, 2019.
- [13] K. O. Okokpujie, E. Noma-Osaghae, O. J. Okesola, S. N. John, and O. Robert, “Design and implementation of a student attendance system using iris biometric recognition,” *Proc. - 2017 Int. Conf. Comput. Sci. Comput. Intell. CSCI 2017*, pp. 563–567, 2018.

- [14] A. K. Jain, *Biometric recognition*, vol. 449, no. 7158. 2007.
- [15] G. Goos, J. Hartmanis, and J. van Leeuwen, “Biometric recognition,” 2007.
- [16] T. F. Zheng and L. Li, *Robustness-Related issues in speaker recognition*. 2017.
- [17] Daniel Jurafsky and James H. Martin, *Speech and language processing*. .
- [18] Softschools, “History of fingerprinting timeline.” [Online]. Available: http://www.softschools.com/timelines/history_of_fingerprinting_timeline/287/. [Accessed: 19-Nov-2019].
- [19] Verint Voicevault, “A brief history of voice biometrics - verint VoiceVault voice Authentication.” [Online]. Available: <https://voicevault.com/a-brief-history-of-voice-biometrics/>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [20] Bayometric, “3 Fundamental principles of fingerprints.” [Online]. Available: <https://www.bayometric.com/3-fundamental-principles-fingerprints/>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [21] “Fingerprint analysis: Principles.” [Online]. Available: <http://www.forensicsciencesimplified.org/prints/principles.html>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [22] P. Gnanasivam and S. Muttan, “An efficient algorithm for fingerprint preprocessing and feature extraction,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 2, no. 2009, pp. 133–142, 2010.
- [23] J. Chandramohan, R. Nagarajan, M. A. Kumar, T. Dineshkumar, G. Kannan, and R. Prakash, “Attendance monitoring system of students based on biometric and GPS tracking system,” *Int. J. Adv. Eng. Manag. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 241–246, 2017.
- [24] Nec, “Advantages and disadvantages of fingerprint recognition - NEC NZ.” [Online]. Available: <https://www.nec.co.nz/market-leadership/publications-media/advantages-and-disadvantages-of-fingerprint-recognition/>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [25] H. Beigi, *Fundamentals of speaker recognition*. 2011.
- [26] T. Mahboob, M. Khanum, M. Sikandar, H. Khiyal, and R. Bibi, “Speaker identification using GMM with MFCC,” *IJCSI Int. J. Comput. Sci. Issues ISSN ISSN*, vol. 12, no. 2, pp. 1694–814, 2015.
- [27] A. Parab, “Speaker recognition using MFCC and GMM,” *J. Res. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 17–20, 2014.
- [28] C. Vaquero, A. Casco, J. V. López, A. O. Giménez, and E. L. Solano, “Speaker

- verification on Summed-Channel conditions with confidence measures,” *Comput. y Sist.*, vol. 15, no. 1, pp. 27–37, 2011.
- [29] A. Maurya, D. Kumar, and R. K. Agarwal, “Speaker recognition for Hindi speech signal using MFCC-GMM approach,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 125, pp. 880–887, 2018.
- [30] S. Dey *et al.*, “Speech biometric based attendance system,” *2014 20th Natl. Conf. Commun. NCC 2014*, 2014.
- [31] J. N. Flores, “Speaker verification in different database scenarios,” *Comput. y Sist.*, vol. 15, no. 1, pp. 17–26, 2011.
- [32] FasTrak, “Why go for biometric systems in schools? - FasTrak.” [Online]. Available: <https://fastrak.co.uk/main-news/2018/why-go-for-biometric-systems-in-schools/>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [33] V. O. Adeniji, M. S. Scott, and N. Phumzile, “Development of an online biometric-enabled class attendance register system,” *2016 IST-Africa Conf. IST-Africa 2016*, pp. 1–8, 2016.
- [34] M. A. Kaium Khan, T. A. Shaem, M. Rahman, A. Z. Khan, and M. S. Alamgir, “A portable and less time consuming wireless biometric attendance system for academic purpose using NodeMCU microcontroller,” *2018 21st Int. Conf. Comput. Inf. Technol. ICCIT 2018*, pp. 1–6, 2019.
- [35] Techopedia, “What is an information system? - Definition from Techopedia.” [Online]. Available: <https://www.techopedia.com/definition/24142/information-system-is>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [36] E. D. J. Velásquez Martínez and A. Becerra Sanchez, “Sistema de registro de asistencias por medio de un reconocedor biométrico,” 2019.
- [37] Techpp, “Explained: Different types of fingerprint scanners.” [Online]. Available: <https://techpp.com/2019/03/26/types-of-fingerprint-scanners-explained/>. [Accessed: 19-Nov-2019].
- [38] A. Purohit, K. Gaurav, C. Bhati, and A. Oak, “Smart attendance,” *Proc. Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 415–419, 2017.
- [39] I. Sommerville, *Software engineering. Boston: Addison-Wesley*, vol. 10, no. 5. 2012.

- [40] A. Becerra, “Aplicación gestora de contenidos de aprendizaje personalizados para un ambiente híbrido de tipo virtual-presencial,” *Acad. Journals Morelia*, pp. 0–50, 2018.
- [41] Oracle, “Welcome to cx_Oracle’s documentation! — cx_Oracle 7.3.0-dev documentation.” [Online]. Available: <https://cx-oracle.readthedocs.io/en/latest/>. [Accessed: 27-Oct-2019].
- [42] Oracle, “Introducing JDBC.” [Online]. Available: https://docs.oracle.com/cd/E18283_01/java.112/e16548/overvw.htm. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [43] L. N. and others Steve Menard, “Installation — JPype 0.7.0 documentation.” [Online]. Available: <https://jpype.readthedocs.io/en/latest/install.html>. [Accessed: 27-Oct-2019].
- [44] Python, “24.1. Tkinter — Python interface to Tcl/Tk — Python 2.7.17 documentation.” [Online]. Available: <https://docs.python.org/2/library/tkinter.html>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [45] J. E. Grayson, *Python and Tkinter programming*. Manning, 2000.
- [46] P. T. Identities, “DigitalPersona U.are.U 4500 | Crossmatch, part of HID Global.” [Online]. Available: <https://www.crossmatch.com/biometric-identity-solutions/products/hardware/single-finger-readers/attachment/digitalpersona-u-are-u-4500/>. [Accessed: 26-Nov-2019].
- [47] T. fprintd Authors, “Fingerprint reader support.” [Online]. Available: <https://fprint.freedesktop.org/>. [Accessed: 27-Nov-2019].
- [48] L. Sandström, “GitHub - luksan/pyfprint: Python bindings for the fprint fingerprint scanner library.” [Online]. Available: <https://github.com/luksan/pyfprint>. [Accessed: 27-Nov-2019].
- [49] J. Lyons, “Welcome to python_speech_features’s documentation! — python_speech_features 0.1.0 documentation.” [Online]. Available: <https://python-speech-features.readthedocs.io/en/latest/>. [Accessed: 16-Apr-2020].
- [50] Scikit-Learn, “sklearn.mixture.GaussianMixture — scikit-learn 0.22.2 documentation.” [Online]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.mixture.GaussianMixture.html>. [Accessed: 16-Apr-2020].
- [51] ReportLab, “Open source - ReportLab.com.” [Online]. Available:

<https://www.reportlab.com/opensource/>. [Accessed: 27-Nov-2019].