



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL CON CHATBOT PARA EL APOYO AL AUTOMANEJO DE PACIENTES CON PIE DIABÉTICO

POR

Alexandra Montserrat Jego Villablanca

Informe Final Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de
Concepción para optar al grado académico de Ingeniero/a Civil Biomédica

Profesor(as) Guía
Rosa Figueroa Iturrieta
María Elena Lagos Garrido

Comisión
Esteban Pino Quiroga

Septiembre
Concepción
(Chile)

© 2024 Alexandra Montserrat Jego Villablanca

© 2024 Alexandra Montserrat Jego Villablanca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.



Resumen

En el presente informe se aborda el desarrollo de una aplicación móvil diseñada para asistir en el automanejo de pacientes con pie diabético y sus complicaciones asociadas, que requiere un seguimiento continuo y riguroso. La aplicación desarrollada en el entorno integrado Android Studio, y donde se incluyen varias funcionalidades claves como la capacidad de realizar un autoexamen basado en la escala de San Elián, mantener un perfil de usuario detallado y utilizar un ChatBot para obtener asistencia e información en el autocuidado. El proyecto abordó tanto los requerimientos funcionales, como la operatividad de las características ofrecidas, y los requerimientos no funcionales, como la seguridad y la compatibilidad con diversos dispositivos.

Para comprobar el cumplimiento de las funcionalidades previstas, la aplicación se testeó tanto en el emulador virtual de Android Studio, como en 3 dispositivos físicos para asegurar su compatibilidad. Estas pruebas permitieron identificar varias fortalezas de la aplicación, así como áreas que requieren mejoras. Se observaron desafíos relacionados con la implementación del ChatBot y con la seguridad de la comunicación entre el servidor y la aplicación.

El resultado es una herramienta integral que brinda información y acompañamiento constante para el seguimiento de las complicaciones generadas por la diabetes y el pie diabético, motivando al usuario a mantenerse diligente en su seguimiento de su tratamiento y recordando prácticas de cuidado diarias.

Abstract

This report addresses the development of a mobile application designed to assist in the self-management of patients with diabetic foot and its associated complications, which requires continuous and rigorous monitoring. The application was developed in the Android Studio integrated development environment, and includes several key functionalities such as the ability to perform a self-examination based on the San Elián scale, to maintain a detailed user profile, and use a ChatBot to obtain assistance and information in self-care. The project addressed both functional requirements, such as the operability of the features offered, and non-functional requirements, such as security and compatibility with various devices.

To verify the fulfillment of the intended functionalities, the application was tested both on the Android Studio virtual emulator and on three physical devices to ensure compatibility. These tests allowed us to identify several strengths of the application, as well as areas that require improvement. In particular, challenges related to the implementation of the ChatBot and the security of the communication between the server and the application were observed.

The result is a comprehensive tool that provides information and constant support for monitoring complications caused by diabetes and diabetic foot, motivating the user to remain diligent in following their treatment and reminding them of daily care practices.

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES	2
1.4. METODOLOGÍA	2
1.5. TEMARIO.....	3
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. INTRODUCCIÓN	5
2.2. DESCRIPCIÓN Y EPIDEMIOLOGÍA DEL PROBLEMA DE SALUD	5
2.2.1 <i>Diabetes mellitus</i>	5
2.2.2 <i>Pie diabético</i>	5
2.3. LA FISIOPATOLOGÍA DEL PIE DIABÉTICO	6
2.3.1 <i>Neuropatía</i>	7
2.3.2 <i>Enfermedad arterial periférica</i>	8
2.3.3 <i>Deformidad del pie diabético</i>	8
2.3.4 <i>Manejo integral del pie diabético: Escala San Elián</i>	9
2.4. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CHATBOTS COMO TECNOLOGÍAS DE ACOMPAÑAMIENTO	10
2.4.1 <i>Deep learning</i>	10
2.4.2 <i>Procesamiento del lenguaje natural</i>	11
2.4.3 <i>ChatBots</i>	12
2.4.4 <i>Tipos de tecnologías ChatBot</i>	12
2.4.5 <i>Arquitectura general de un ChatBot</i>	13
2.4.6 <i>Tipos de tecnologías ChatBot con aplicaciones utilizadas en salud</i>	14
2.5. DISCUSIÓN	15
CAPÍTULO 3. DISEÑO Y REQUERIMIENTOS	17
3.1. INTRODUCCIÓN	17
3.2. REQUERIMIENTOS DE LA APLICACIÓN	17
3.3. CONTENIDO DE LA APLICACIÓN	18
3.3.1 <i>Pantalla inicio</i>	18
3.3.2 <i>Pantalla menú principal</i>	19
3.3.3 <i>Pantalla perfil</i>	19
3.3.4 <i>Pantalla autoexamen</i>	19
3.3.5 <i>Pantalla ChatBot</i>	21
3.3.6 <i>Pantalla información</i>	22
3.4. DISCUSIÓN	22
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	23
4.1. INTRODUCCIÓN	23
4.2. CONFIGURACIÓN PREVIA	23
4.3. DESARROLLO DE LA INTERFAZ GENERAL	23
4.3.1 <i>Navegación</i>	24
4.3.2 <i>Pantalla de inicio, DataStore y menú principal</i>	24
4.3.3 <i>Pantalla de perfil</i>	25
4.3.4 <i>Pantalla de autoexamen e información</i>	26
4.4. DESARROLLO E INTEGRACIÓN DE CHATBOT	27
4.4.1 <i>Generación de base de datos</i>	28
4.4.2 <i>ChatBot</i>	29
4.4.3 <i>Integración de ChatBot en aplicación móvil</i>	30
4.5. DISCUSIÓN	31
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	33

5.1.	INTRODUCCIÓN	33
5.2.	EVALUACIÓN GENERAL FUNCIONAL DE LA APLICACIÓN	33
5.2.1	<i>Registro y acceso</i>	34
5.2.2	<i>Perfil usuario</i>	35
5.2.3	<i>Autoexamen</i>	36
5.2.4	<i>ChatBot</i>	37
5.2.5	<i>Sección de información</i>	41
5.3.	RESULTADOS	43
5.4.	DISCUSIÓN	44
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES		46
6.1.	DISCUSIÓN	46
6.2.	CONCLUSIÓN	47
6.3.	TRABAJOS FUTUROS	47
GLOSARIO		49
REFERENCIAS		50
ANEXO A. ESCALA DE SAN ELIÁN POR EL MINISTERIO DE SALUD DE CHILE		53
ANEXO B. COMPONENTES MENCIONADOS DE ANDROID STUDIO		54



Lista de Tablas

Tabla 2.1. Escala de San Elián	9
Tabla 3.1. Requerimientos Funcionales (FR) y Requerimientos No Funcionales (RNF) de la aplicación.	17
Tabla 5.1. Características de los dispositivos móviles y emulador.	33
Tabla 5.2. Valores de la escala	40
Tabla 5.3. Resultados evaluación de desempeño de dispositivo 1 y dispositivo 4	41
Tabla 5.4. Evaluación de las funcionalidades de la aplicación	44



Lista de Figuras

Figura 2.1. Progresión de la neuropatía diabética periférica [2]	7
Figura 2.2. Deformidad en pie diabético	9
Figura 2.3. Arquitectura general de un ChatBot	14
Figura 3.1. Diagrama de flujo general de la aplicación	18
Figura 3.2. Diagrama de flujo de autoexamen	20
Figura 3.3. Arquitectura de ChatBot híbrido.....	22
Figura 4.1. Captura de pantalla de emulador	25
Figura 4.2. Captura de pantalla de perfil en emulador virtual.....	26
Figura 4.3. Capturas de pantalla de Autoexamen e Información del emulador virtual.....	27
Figura 4.4. Fragmento del contenido de archivo "intents.json"	29
Figura 4.5. Funcionamiento del ChatBot en Google Colaboratory.....	30
Figura 4.6. Captura de pantalla de ChatBot en emulador virtual	31
Figura 5.1. Captura de pantalla de acceso y registro en dispositivo 2.	34
Figura 5.2. Captura de pantalla de perfil en dispositivo 2.....	35
Figura 5.3. Captura de pantalla de resultados en dispositivo 3	37
Figura 5.4. Captura de pantalla de ChatBot ejemplo 1.	38
Figura 5.5. Captura de pantalla de ChatBot ejemplo 2.	39
Figura 5.6. Captura de pantalla de información con preguntas en dispositivo 1.	42
Figura 5.7. Captura de pantalla de sección información con resultados en dispositivo 1.....	43

Capítulo 1. Introducción

1.1. Introducción General

En Chile, la prevalencia de la diabetes mellitus es alarmante, con un 12,3% de la población afectada y una cifra que va en un preocupante aumento [1]. Esta situación es motivo de gran inquietud, debido a las complicaciones asociadas a esta enfermedad. El manejo adecuado de la diabetes mellitus y la atención temprana a los problemas asociados es esencial para prevenir y controlar los efectos nocivos que pueden dejar en el paciente [2]. Según la Estrategia Nacional de Salud, la diabetes y sus complicaciones asociadas representan un problema prioritario a nivel nacional, con metas ambiciosas, como la reducción del 10% en egresos hospitalarios por amputaciones relacionadas con el pie diabético [3]. Actualmente, el enfoque se orienta hacia la reducción de la prevalencia de la diabetes mellitus y sus complicaciones asociadas.

Esta tendencia al alza es motivo de gran preocupación, debido a las complicaciones asociadas a esta enfermedad, como es el pie diabético. Cualquier agravamiento de las condiciones asociadas al pie diabético puede provocar amputaciones y un deterioro de la calidad de vida más rápido. Las complicaciones asociadas a la diabetes son evidentes al considerar que la frecuencia de amputaciones es de 10 a 20 veces mayor en personas con diabetes que en la población general [2]. De manera impactante, se estima que cada 30 segundos se pierde una extremidad inferior o parte de ella en algún lugar del mundo debido a complicaciones derivadas de la diabetes. La literatura respalda estos datos, al indicar que aproximadamente el 85% de las amputaciones son precedidas por úlceras, siendo el pie diabético responsable de la gran mayoría de las amputaciones no traumáticas [1]. Sin intervención profesional, el desarrollo de una úlcera suele progresar a infección y, posteriormente, a osteomielitis, culminando en amputación y/o muerte. El pie diabético se desarrolla debido al daño causado por niveles elevados de azúcar en sangre a los nervios y vasos sanguíneos en los pies, esto puede llevar a la pérdida de sensibilidad e incapacidad de detectar lesiones en los pies, lo que aumenta el riesgo de infección y amputación [4]. A pesar de que existen pautas para prevenir y controlar los síntomas del pie diabético, aún existe una necesidad de un control más regular y temprano para detectar complicaciones de manera precoz.

Luego, es importante el entregar a los pacientes de herramientas que le permitan conocer su enfermedad y las acciones para su control, con el fin de prevenir la progresión negativa de la enfermedad. Una de las maneras que la tecnología actual ha tenido éxito en diversos campos de la medicina contemporánea, es a través del diseño y el desarrollo de aplicaciones móviles, que brinden

información y sean un acompañamiento constantemente para el seguimiento de las complicaciones generadas por el pie diabético. Cuando se combina esta tecnología, con un ChatBot y una base de datos completa diseñada para los afectados, se abren un amplio conjunto de oportunidades para mejorar autocuidado y calidad de vida de los pacientes afectados.

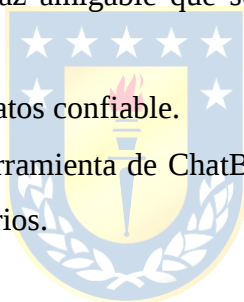
1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil que incorpore un ChatBot interactivo como herramienta informativa y educativa para pacientes con pie diabético, facilitando el avance en sus procesos de curación y rehabilitación.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar y desarrollar una interfaz amigable que sea capaz de acompañar a usuario en su autocuidado.
- Crear y almacenar una base de datos confiable.
- Desarrollar e implementar la herramienta de ChatBot en la aplicación que pueda responder preguntas frecuentes de los usuarios.



1.3. Alcances y Limitaciones

- i. La precisión en la información proporcionada por el ChatBot dependerá de la calidad de los algoritmos y base de datos utilizada.
- ii. Adaptación al plazo establecido por la Universidad para la ejecución de la Memoria de Título.
- iii. Configuración de ChatBot hecha solo para desarrollo y pruebas.
- iv. La aplicación no reemplaza la atención medica presencial de los pacientes, no debe ser considerado como un sustituto.

1.4. Metodología

En el desarrollo de esta memoria de título se utilizó como lenguajes de programación Kotlin y Python en su versión 3.11 (o en su defecto 3.10). La aplicación se desarrolló en el entorno integrado

de Android Studio Giraffe, versión 2022.3.1, mientras que el ChatBot se programó en conjunto con Spyder y Google Colaboratory.

Para iniciar, se realizó una revisión del material bibliográfico sobre el efecto del pie diabético, su fisiopatología y la utilidad de nuevas tecnologías para su control y tratamiento. Asimismo, se realizó una búsqueda bibliográfica acerca de proyectos previos que emplearon ChatBots como herramientas de apoyo en tratamientos, evaluando su efectividad y teniendo en cuenta los resultados y conclusiones obtenidos.

En cuanto al desarrollo de la aplicación, primeramente se conformó un base de datos utilizando contenido libre desde la web, a través de herramientas de webcrawling. Dado las características del proyecto, se buscaron páginas especializadas en diabetes y pie diabético, como por ejemplo, “ulceras.cl” y “MedlinePlus.gov”. Esta información se utilizó para estructurar una base de datos en un archivo tipo, denominado “intents” que consta con las propiedades: tag, patterns, responses y context para alimentar el ChatBot.

Con la base de datos creada, se programó un ChatBot utilizando una arquitectura que combina técnicas de procesamiento de lenguaje natural y redes neuronales recurrentes entrenadas con datos etiquetados para predecir la intención del usuario. Así, se seleccionó la respuesta predefinida asociada a la intención predicha.

En paralelo, se trabajó en el desarrollo de la aplicación que albergaría el ChatBot para que el usuario pudiera utilizarlo en una plataforma cómoda y amigable en el acompañamiento de tratamiento integrará el ChatBot, que le brindará al usuario una plataforma cómoda y amigable para el acompañamiento de su tratamiento del pie diabético. Para garantizar la eficacia y seguridad de la aplicación para el automanejo de pacientes con pie diabético, se llevó a cabo un proceso de evaluación exhaustivo, donde se realizaron pruebas de integración para asegurar que todos los módulos funcionen correctamente.

1.5. Temario

- (i) Capítulo 1: Se presenta la introducción al tema, que establece una visión general del proyecto, junto con los objetivos planteados. Se incluyen los alcances y limitaciones del proyecto, y se describe la metodología que se empleará para el desarrollo de éste.
- (ii) Capítulo 2: En esta sección se tiene el marco teórico, que contextualiza sobre el tema y las tecnologías desarrolladas en el área. Además, se tiene una discusión en la que se describe la información más relevante del análisis bibliográfico.

- (iii)Capítulo 3: Se ofrece una descripción del diseño actual de la aplicación y del ChatBot. Se establecen los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación.
- (iv)Capítulo 4: Este capítulo habla del desarrollo de la aplicación. Además, se detalla la implementación del ChatBot y sus especificaciones.
- (v) Capítulo 5: Se presenta la evaluación del proyecto, donde se muestran los resultados finales de la aplicación desarrollada y se detallan el contenido de cada sección con sus respectivas pantallas e interacciones.
- (vi)Capítulo 6: Se presenta las conclusiones generales y discusiones finales del proyecto. Además, se discuten las recomendaciones de trabajo a futuro que podrían potenciar la aplicación.



Capítulo 2. Marco Teórico

2.1. Introducción

En el presente capítulo se detalla la visión general sobre la diabetes mellitus y una revisión sobre la fisiopatología del pie diabético y la escala de manejo utilizada en Chile. Para enriquecer aún más la comprensión y mejorar el diseño de la aplicación, se lleva a cabo una investigación que incluye la búsqueda de información sobre la creación de un ChatBot especializado en el ámbito de la diabetes y sus principales componentes. Este enfoque integral busca incorporar las mejores prácticas y tecnologías disponibles para ofrecer una solución eficaz y dar respuesta a las necesidades de los pacientes con pie diabético.

2.2. Descripción y epidemiología del problema de salud

2.2.1 Diabetes mellitus

La diabetes es un trastorno metabólico multisistémico, que puede manifestarse por diferentes factores que provocan la ausencia de producción de la insulina, el mal funcionamiento en su acción o en la calidad de su secreción [4]. Estas dos últimas características son las que destacan a la diabetes mellitus tipo 2, donde la hiperglicemia crónica puede poner a una persona en riesgo de complicaciones macro y microvasculares específicas asociadas a la afección. Según la sexta edición del Atlas Mundial de la Diabetes, Chile lidera la prevalencia en la región, con un 9.5% de la población con diabetes mellitus [2]. Mientras que según la encuesta nacional de salud, el 12.3% de la población chilena tiene diabetes tipo 2, lo que equivale a casi 2 millones de personas en el país [1]. El aumento explosivo de la prevalencia de la diabetes conlleva que esta patología se convierta en una de las principales causas de pérdidas de extremidades inferiores, siendo el pie diabético la principal causa de amputación en el país, según la sociedad chilena de diabetes [1].

2.2.2 Pie diabético

La entidad clínica denominada como “Pie Diabético”, se desarrolla como una complicación tardía de la diabetes mellitus. En esta condición, el pie experimenta cambios en su funcionamiento y estructura anatómica, determinadas por anomalías neurológicas y variados grados de enfermedad vascular periférica en la extremidad inferior [4]. Estos factores conllevan a una mayor susceptibilidad de presentar infección, ulceración y/o destrucción de tejidos profundos. El pie diabético puede ocurrir

con el tiempo cuando los niveles altos de azúcar en sangre dañan los nervios y los vasos sanguíneos de los pies. El daño a los nervios puede provocar entumecimiento, hormigueo, dolor o pérdida de sensibilidad en los pies. Como no puede sentir dolor, es posible que no se dé cuenta si tiene una herida, ampolla o ulcera en el pie. Esta herida puede infectarse, y su recuperación puede ser más lenta debido al deficiente flujo sanguíneo provocado por los dañados vasos sanguíneos. Esto puede causar gangrena, que deriva a una amputación [5].

Las úlceras asociadas al pie diabético son lesiones crónicas y complejas que tienen un considerable efecto a largo plazo en la morbilidad, mortalidad y calidad de vida de los pacientes [6]. Las personas que desarrollan este tipo de úlceras, se le atribuyen un mayor riesgo de muerte prematura, infarto al miocardio y ataque cerebrovascular, con consecuencias fatales en comparación con aquellas personas que no presentan antecedentes de úlceras por pie diabético [7]. Sin embargo, las características de los pacientes que presentan úlceras por pie diabético son distintivas y fáciles de identificar. Estas características incluyen tener diabetes mellitus durante un periodo prolongado, con neuropatía, enfermedad arterial periférica, deformidad del pie, limitaciones del rango de movimiento de tobillo, altas presiones plantares y ulceraciones, o amputaciones previas. Es importante destacar que los principales factores que aumentan el riesgo de amputación en estos casos son la enfermedad arterial periférica y las infecciones, un buen control significaría una disminución considerable en el riesgo de pérdida de una extremidad inferior [4].

Revisar los pies diariamente, en busca de cortes, enrojecimiento y cualquier cambio de en la piel de un pie diabético es decisivo para el control de las úlceras por diabetes mellitus [5]. También se recomienda usar calzado que se ajuste adecuadamente y calcetines que eviten la sudoración del pie, teniendo siempre la precaución de una buena higiene y considerando un corte de uñas adecuado o con la asistencia de profesionales, como los podólogos [8]. Sin embargo, si bien existen maneras de proteger y controlar las heridas, es crucial que la frecuencia de evaluación de los pies sea regular, dependiendo del riesgo de ulceración obtenido controlar cada 3, 6 y 12 meses con los profesionales de salud adecuados [4].

2.3. La fisiopatología del pie diabético

Según la “Orientación Técnica para el Manejo Integral del Pie Diabético”, elaborado por el Ministerio de Salud [4], la progresión y el desarrollo de una úlcera en un paciente con pie diabético tiene un origen multifactorial, estas implican una serie de cambios y alteraciones en el cuerpo que ocurren debido a la diabetes mellitus, especialmente en aquellos pacientes con un control deficiente de

su enfermedad. A continuación, se describen los principales aspectos de la fisiopatología del pie diabético.

2.3.1 Neuropatía

El daño neurológico en personas con diabetes afecta las fibras motoras, sensitivas y autonómicas. Esta combinación de disfunción nerviosa puede causar un estrés inusual en los pies, lo que resulta en trauma. Además, la neuropatía autonómica simpática provoca cambios en la circulación y la sudoración, haciendo que los pies estén cálidos y secos, lo que aumenta el riesgo de heridas y afecta el flujo sanguíneo en los pequeños vasos [7]. Como el pie diabético neuropático no desarrolla úlceras de forma espontánea, estas se pueden asociar a la combinación de neuropatía, deformidades en los pies y traumatismos, como el uso de calzado inadecuado.

Por otro lado, la neuropatía periférica puede manifestarse como una incapacidad para detectar cambios de temperatura, vibraciones, propiocepción, presión y dolor. En algunos pacientes capta la forma de neuropatía sensorial dolorosa, donde incluye síntomas como dolor urente, disestesia y parestesia [4]. La neuropatía diabética también altera la respuesta al dolor, lo que provoca la dilatación de los vasos sanguíneos en respuesta a estímulos dolorosos, esto puede explicar por qué algunas úlceras en el pie diabético neuropático son lentas en cicatrizar, incluso después de restaurar adecuadamente el flujo sanguíneo [7].

Debido a esto se pueden realizar pruebas neurológicas que ayudan a la detección de estas neuropatías, como se muestra en la Figura 2.1, aunque en los pacientes con antecedentes de neuropatía crónica, no es necesario realizar pruebas de diagnóstico.



Figura 2.1. Progresión de la neuropatía diabética periférica [2]

2.3.2 Enfermedad arterial periférica

La enfermedad arterial periférica se caracteriza por la estenosis y oclusión arterial, es decir, una obstrucción causada por la acumulación de placas de aterosclerosis en los grandes vasos sanguíneos de las extremidades inferiores, como las arterias femorales, poplíteas, tibiales, peroneas y pedias en pacientes diabéticos. Los pacientes con diabetes y con la enfermedad arterial oclusiva tienen mayor riesgo a desarrollar úlceras isquémicas y a que no se sanen en su totalidad [4]. Por lo tanto, es crucial procedimientos de revascularización temprana en pacientes con úlceras en el pie diabético, ya que la enfermedad arterial periférica es la principal causa evitable de amputaciones [7].

La enfermedad arterial periférica se caracteriza por síntomas como la claudicación intermitente o dolor en reposo, aunque en la mayoría de los casos hay ausencia de síntomas. Para evaluar esta enfermedad es esencial realizar una entrevista al paciente y un examen físico en busca de cianosis, disminución de temperatura en la piel, alteración de fanéreos uñas hipertróficas y disminución capilar [4].

2.3.3 Deformidad del pie diabético

Se considera deformidad de pie diabético a aquellas contracturas que no pueden ser corregidas manualmente, como el hallux valgus, dedos en martillo, dedos en garra, prominencia de las cabezas metatarsales y la caída del arco plantar posterior. Estas deformidades aumentan la presión en la planta del pie y se relacionan con lesiones en la piel. Cuando se combinan con un calzado inapropiado, pueden desencadenar la formación de úlceras [4].

La neuro osteoartropatía de Charcot o pie de Charcot es un trastorno crónico y progresivo, en el que hay una severa neuropatía pero con pulsos presentes. Lo anterior, significa que ante una microfractura va a haber una gran irrigación de sangre, que se puede interpretar como una erisipela, esto se puede observar en la Figura 2.2. Los síntomas incluyen un pie inflamado con enrojecimiento y aumento de volumen, mas no hay dolor asociado pese a la inflamación [9]. A medida que la patología progresa, las articulaciones colapsan y el pie empieza a deformarse. Este tipo de deformidades es crucial que se detecten de forma precoz por los profesionales de salud, ya que se puede detener el proceso inflamatorio y evitar la deformación del pie [4].

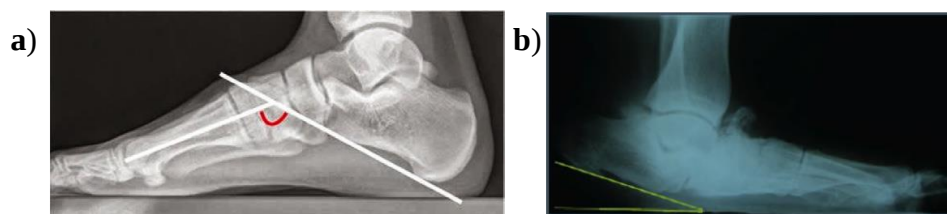


Figura 2.2. Deformidad en pie diabético

a) Radiografía de un pie normal. b) Radiografía de un pie con osteoartropatía de Charcot. [4]

2.3.4 Manejo integral del pie diabético: Escala de San Elián

La “Orientación Técnica para el Manejo Integral del Pie Diabético” establece que todo paciente que presente una UDP deberá ser valorado por la Escala de San Elián en cualquier establecimiento de salud en Chile, como se muestra en el Anexo A. Escala de San Elián por el Ministerio de Salud de Chile. Este es un sistema de clasificación desarrollado en México, considerado como una modificación del sistema PEDIS. Se incluyen 10 parámetros o variables agrupados en tres dominios: factores anatómicos, factores agravantes y afección tisular. Estas variables son las siguientes: localización de la herida primaria, aspecto o localización topográfica de la herida, número de zonas afectadas, isquemia, infección, existencia de edema, neuropatía, área de la herida, profundidad y etapa de cicatrización [10].

Tabla 2.1. Escala de San Elián

Factores anatómicos	Factores Agravantes	Afección tisular
Localización (1-3) 1. Falanges 2. Metatarsal 3. Tarsal	Isquemia (0-3) 0. No 1. Leve 2. Moderado 3. Grave	Profundidad (1-3) 1. Superficial 2. Parcial 3. Total
Localización topográficos (1-3) 1. Dorsal o plantar 2. Latera o medial 3. Dos o más	Infección (0-3) 0. No 1. Leve 2. Moderado 3. Grave	Área (1-3) 1. Pequeña (<10 cm ²) 2. Mediana (10 – 40 cm ²) 3. Grande (> 40 cm ²)
Zonas afectadas (1-3) 1. Una 2. Dos 3. Tres	Edema (0-3) 0. No 1. Localizado a la zona 2. Unilateral ascendente 3. Bilateral ascendente	Fase de cicatrización (1-3) 1. Epitelización 2. Granulación 3. Inflamación
	Neuropatía (0-3) 0. No 1. Sensibilidad protectora o vibratoria disminuida	

-
2. Pérdida de sensibilidad protectora o vibratoria
 3. Neuro-osteo-artropatía diabética de Charcot
-

Fuente: Información obtenida de [10].

Como se observa en la Tabla 2.1, cada una de estas variables recibe una puntuación de 0, 1, 2 o 3. En algunos criterios, la puntuación 0 se asigna en la ausencia del síntoma. Se establecen tres niveles de gravedad:

- Leve: con puntuaciones menores a 10 puntos.
- Moderado: con puntuaciones entre 11 a 20 puntos.
- Severo: con puntuaciones de 21 a 30 puntos.

La Escala de San Elián es un método eficaz y preciso para determinar la gravedad de las úlceras del pie diabético.

2.4. Inteligencia artificial y ChatBots como tecnologías de acompañamiento

Para un adecuado desarrollo de un acompañamiento virtual a los usuarios en estudio es importante comprender algunos conceptos claves que puedan facilitar el desarrollo de este proyecto. La inteligencia artificial (IA) es una disciplina que fusiona la informática y conjuntos de datos robustos con el propósito de la resolución de problemas, donde engloba subcampos como el aprendizaje automático (machine learning), el aprendizaje profundo (deep learning) o procesamiento del lenguaje natural. El uso de dichas disciplinas busca desarrollar sistemas expertos capaces de realizar predicciones o clasificaciones utilizando datos de entrada [11].

2.4.1 Deep learning

El Deep learning o aprendizaje profundo es una subdisciplina dentro de la inteligencia artificial. Este se compone en el entrenamiento por múltiples capas ocultas, incluyendo entrada y salida, que automatiza la extracción de las características de los datos, ya que las redes aprenden automáticamente las representaciones a partir de los datos sin procesar [11]. El Deep learning se distingue, a diferencia del machine learning, por su capacidad de optimización del proceso de aprendizaje, minimizando la necesidad constante de una intervención humana.

Una red neuronal utiliza los nodos o las neuronas interconectadas en una estructura de capas similares al cerebro humano, este crea un sistema adaptable donde se puede aprender de los errores y se mejora continuamente [12]. De aquí se desprenden distintos tipos de clasificaciones de redes

neuronales en torno al número de capas, tipos de conexiones o su grado de conexiones, siendo las principales:

A. Redes neuronales convolucionales

Las redes neuronales convolucionales (CNN) están diseñadas específicamente para el procesamiento y la clasificación de imágenes a través de los objetos que parecen en ellas [13]. Utilizan capas convolucionales para extraer características espaciales locales y capas de agrupación para reducir la dimensionalidad [14].

B. Redes neuronales recurrentes

Las redes neuronales recurrentes (RNN) están especializadas en el procesamiento de datos secuenciales o series temporales, es decir, que a partir de datos históricos puede ayudar en la elaboración de modelos predictivos. Una arquitectura común de RNN es la memoria a corto-largo plazo (LSTM) que está diseñada para aprender dependencias a largo plazo en datos de secuencia, donde se destaca por tener celdas en las capas ocultas de la red neuronal (de entrada, salida y de olvido), estas controlan el flujo de información que se necesita pronosticar la salida de la red [15].

2.4.2 Procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural (NLP) es una subdisciplina de la inteligencia artificial que se encarga en permitir a que las computadoras la capacidad de comprender, interpretar y generar lenguaje humano [16]. Tiene las principales componentes se incluyen:

- Un análisis morfológico o léxico, que consiste en el análisis interno de palabras que forman oraciones para extraer los lemas, rasgos flexivos, unidades léxica compuestas. Es esencial para la información básica: categoría sintáctica y significado léxico.
- Un análisis sintáctico, que consiste en el análisis de la estructura de las oraciones de acuerdo con el modelo gramatical empleado (lógico o estadístico).
- Un análisis semántico, que proporciona la interpretación de las oraciones, una vez eliminadas las ambigüedades morfosintácticas.
- Un análisis pragmático, que incorpora el análisis del contexto de uso a la interpretación final. Aquí se incluye el tratamiento del lenguaje figurado, metáforas o ironías, como el conocimiento del mundo específico necesario para entender un texto especializado [17].

2.4.3 ChatBots

En esencia, un ChatBot es un software que utiliza inteligencia artificial y técnicas del procesamiento natural del lenguaje para simular y procesar conversaciones humanas [18], de forma escrita u oral, permitiendo que las personas se comuniquen con los dispositivos digitales como si estuvieran interactuando con una persona real. Desde versiones simples que proporcionan respuestas de una línea a consultas básicas, hasta asistentes digitales más avanzados capaces de aprender y adaptarse para ofrecer niveles cada vez más personalizados a medida que recopilan y procesan información [19].

Actualmente, los ChatBot emplean la comprensión del lenguaje natural (CLN) para identificar las necesidades del usuario. Posteriormente, utilizan herramientas avanzadas de inteligencia artificial, apoyadas en el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo, para construir una base de conocimientos más elaborada a partir de las preguntas y respuestas generadas durante las interacciones de los usuarios. De esta manera, perfeccionan su capacidad para anticipar con precisión las necesidades del usuario y ofrecer respuestas acertadas a lo largo del tiempo [18].

El NLP descompone la entrada de usuario en oraciones y palabras, aplicando técnicas de estandarización como la conversión a minúsculas y la corrección de errores ortográficos antes de determinar si la palabra es un adjetivo o un verbo [20]. Por otro lado, CLN permite al ChatBot entender el mensaje del usuario mediante el uso de objetos lingüísticos, como léxicos y sinónimos, combinados con algoritmos para construir flujos de diálogos significativos. Finalmente, la generación de lenguaje natural (NLG) juega un papel crucial al proporcionar respuesta personalizadas y memorables, utilizando repositorios de datos para crear respuestas que van más allá de simples respuestas fabricadas, esto contribuye a que la experiencia sea más enriquecedora al usuario [21].

2.4.4 Tipos de tecnologías ChatBot

Como se mencionó, la mayoría de las herramientas de desarrollo de ChatBot son de tipo: basadas en modelos lingüísticos o las de aprendizaje automático.

A. ChatBots basados en modelos lingüísticos o en reglas:

Este tipo de ChatBot se fundamenta en el uso de modelos de procesamiento de lenguaje natural para comprender y generar respuestas en conversaciones simples, las cuales siguen rutas predeterminadas en el que el usuario elige entre las opciones explícitas para dirigir el curso del diálogo. Utiliza la lógica “if/else” para crear flujos de conversación, donde se crean condiciones

de lenguaje para examinar las palabras, su orden, sinónimos, formas comunes de formular una pregunta, con el fin de asegurar que las preguntas que se refieran a los mismo reciban la misma respuesta convencional [21]. Esto permite que se adapte a diferentes estilos de conversación y contextos, mejorando la calidad general de la interacción.

B. ChatBots con aprendizaje automático:

Los ChatBots con un software de aprendizaje automático son más complejos, sofisticados y personalizados, ya que son capaces de aprender patrones y características a partir de conjuntos de datos. Los ChatBots a medida que pasa el tiempo, se han vuelto capaces de aprovechar los avances en comprensión del lenguaje natural y algoritmos de inteligencia artificial para mejorar su desempeño y personalizar la experiencia del usuario. Al analizar y comprender patrones en el lenguaje y el comportamiento del usuario, mejoran su capacidad para anticipar necesidades, interpretar intenciones y proporcionar respuestas más personalizadas [21]. Sin embargo, esta herramienta requiere conjuntos de datos extensos y representativos para funcionar óptimamente [18].

C. Modelo híbrido:

Un ChatBot con un modelo híbrido combina y adopta las características de los modelos de aprendizaje lingüístico y automático, facilitando el desarrollo de ChatBots conversacionales de inteligencia artificial con mayor complejidad. Este método presenta varias ventajas por sobre las demás alternativas, ya que posibilita el desarrollo de soluciones sin la necesidad de datos y amplía la integración del aprendizaje automático más allá del uso de reglas lingüísticas. Esto permite abordar áreas donde la aplicación del enfoque lingüístico resultaría impracticable [21]. Además, la creación de aplicaciones utilizando exclusivamente aprendizaje automático o lingüístico, demanda considerables recursos e implica costos elevados.

2.4.5 Arquitectura general de un ChatBot

La arquitectura general de un ChatBot se puede dividir en tres capas principales, las cuales como se observan en la Figura 2.3 son brevemente descritas a continuación:

A. Interfaz del usuario

Responsable de recibir los mensajes del usuario, mostrar las respuestas del ChatBot y gestionar la interacción entre ambos. Es la parte que permite la interacción entre el usuario y el ChatBot, a través de voz o texto [22].

B. Capa de procesamiento

Responsable de entender los mensajes del usuario y generar respuestas adecuadas, utilizando técnicas de NLP (RNN). Para determinar la respuesta apropiada, esta debe estar basada en el contexto, por medio de árboles de decisión, reglas, etc. Por último, por medio de la NLG, se convierten las respuestas determinadas usando plantillas, modelos estadísticos, redes neuronales [23].

C. Base de conocimiento

Proporciona los datos necesarios para generar respuestas. Integra fuentes de datos como bases de conocimiento, etc. Aquí se puede agregar una capa de aprendizaje, que mejora el desempeño del ChatBot analizando las interacciones pasadas, usando aprendizaje supervisado y por refuerzo [23].

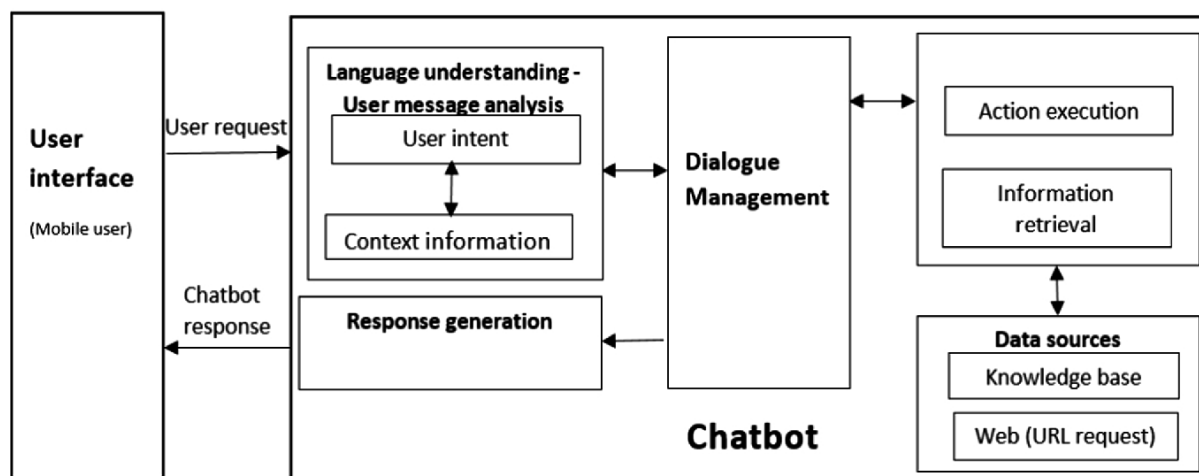


Figura 2.3. Arquitectura general de un ChatBot

Se observa la interfaz del usuario, que permite realizar una solicitud en formato de texto o voz, que es recibida por el ChatBot. A partir de ahí se podría recordar la información procesada o solicitar más detalles para su aclaración. Una vez comprendida la solicitud, se realizan las acciones solicitadas y los datos de interés se recuperan de la base de datos o de fuentes externas, conocida como base de conocimiento [24]

2.4.6 Tipos de tecnologías ChatBot con aplicaciones utilizadas en salud

“Mental Health Chatbot for Young Adults With Depressive Symptoms During the COVID-19 Pandemic: Single-Blind, Three-Arm Randomized Controlled Trial”, escrito por Yuhao He, et al. en 2022 [25], describe el estudio que evalúa la eficacia de un ChatBot de salud mental en jóvenes con síntomas depresivos durante la pandemia de COVID-19. Con una participación de 90 adultos jóvenes, los resultados mostraron una reducción significativamente mayor de los síntomas depresivos en el grupo de ChatBot de salud mental versus los otros grupos. También hubo mejorías en ansiedad y bienestar exclusivamente en este grupo. Este estudio destaca la viabilidad y atractivo del ChatBot de

salud mental basado en una terapia cognitivo-conductual como una opción autoguiada para adultos jóvenes con síntomas depresivos, aunque sugiere la necesidad de más investigaciones sobre resultados clínicos y no clínicos a largo plazo.

“Diabetes and conversational agents: the AIDA project case study”, de Francesca Alloatti, et al en 2021 [26], da a conocer en su proyecto AIDA, el uso de un agente conversacional inteligente diseñado para el cuidado de la diabetes. Aquí se presenta a AIDA ChatBot, que es el agente de texto, que proporciona de información sobre la diabetes a los usuarios, mientras que AIDA CookBot, es el agente de voz, que presenta recetas que se ajustan a la dieta de un paciente diabético. Los resultados preliminares de la usabilidad y aceptación del ChatBot en los pacientes son positivos y se espera realizar estudios clínicos rigurosos para evaluar el impacto en desenlaces relevantes de la diabetes en comparación al cuidado estándar. Actualmente, AIDA ChatBot y AIDA CookBot están disponibles gratuitamente y representan el primer ejemplo de agentes conversacionales en italiano para ayudar a los pacientes, médicos y cuidadores de diabetes.

“A Critical Review of ChatGPT as a Potential Substitute for Diabetes Educators”, de Samriddhi Sharma, et al. del año 2023 [27], es un artículo que analiza críticamente la capacidad de ChatGPT para reemplazar educadores en diabetes considerando sus fortalezas y debilidades actuales. Se reconocen ventajas como disponibilidad, personalización de respuestas, entrega rápida de contenidos y escalabilidad. También menciona limitaciones sobre credibilidad, sesgos, precisión científica, falta de juicio crítico y razonamiento causal. Adicionalmente, destaca que ChatGPT no tiene acceso al historial del paciente, no puede realizar exámenes físicos, no está integrado a dispositivos médicos ni percibe lenguaje corporal del usuario, limitando la individualización del cuidado. La principal preocupación es que ChatGPT puede proveer información potencialmente peligrosa si hace recomendaciones inadecuadas. También resalta la falta de supervisión humana y legitimidad como fuente médica autorizada. Concluye que, si bien ChatGPT no reemplaza educadores en diabetes, puede tener utilidad como herramienta complementaria para resolver dudas frecuentes y proveer apoyo emocional.

2.5. Discusión

Con la información recopilada en el análisis bibliográfico fue posible una revisión sobre los temas más relevantes para el desarrollo de este proyecto, donde se comprendió cómo se desarrolla y

progresar el pie diabético. Además, se describe brevemente la escala de San Elián, aunque no considera la neuropatía ni la perfusión, es un sistema muy sencillo, ya que se basa en la profundidad y la extensión de las úlceras, esto facilita su uso en el entorno clínico como se muestra en el Anexo A, como un afiche hecho por el Ministerio de Salud de Chile.

La inclusión de inteligencia artificial en el proyecto es esencial para mejorar la capacidad de procesamiento y toma de decisiones, tanto el aprendizaje automático como el aprendizaje profundo son fundamentales en este aspecto. Los ChatBots, al emplear inteligencia artificial y aprendizaje automático, no se limitan a solo proporcionar respuestas predefinidas de su base de datos. En cambio, pueden generar respuestas coherentes, concisas y relevantes que mejoran la calidad de la conversación. Estos ChatBots tienen la capacidad de interpretar al usuario y aprender de cada interacción, lo que les permite adaptarse y mejorar continuamente su desempeño. Por lo tanto, la integración de IA, aprendizaje automático, aprendizaje profundo y NLP en el proyecto proporcionará una base sólida para el desarrollo de una aplicación con ChatBot capaz de ofrecer apoyo efectivo en el automanejo de pacientes con pie diabético. Es útil mencionar, que las investigaciones revisadas sobre la incidencia del uso de ChatBots en apoyo al desarrollo de tratamientos clínicos son favorables a profundizar el uso de estas herramientas como acompañamiento, tomando en consideración que no son un reemplazo a las actividades de los especialistas.

Por último, se proporciona una visión completa y detallada de los aspectos clave relacionados con los ChatBots, desde sus tecnologías subyacentes hasta su arquitectura y la importancia de una base de datos bien estructurada. Esto crea una base contundente para el desarrollo del ChatBot y abre paso al siguiente capítulo de este proyecto.

Capítulo 3. Diseño y requerimientos

3.1. Introducción

El presente capítulo explica la planificación previa al desarrollo e implementación de la aplicación. Se expone una visión general de la aplicación, definiendo su estructura mediante la elaboración de diagramas y se detallan sus requerimientos funcionales y no funcionales.

3.2. Requerimientos de la aplicación

Para el diseño de la aplicación se consideraron dos tipos de requerimientos, los requerimientos funcionales (RF), que indican las necesidades básicas para integrar y hacer funcionar la aplicación, y los requerimientos no funcionales (RNF), que describen las características específicas que se deben considerar, como su diseño e implementación [28]. Ambos tipos de requerimientos se detallan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Requerimientos Funcionales (FR) y Requerimientos No Funcionales (RNF) de la aplicación.

Requerimiento	Descripción de requerimiento
RF1	Registro e inicio de sesión del usuario.
RF2	Perfil de usuario personalizable, para el registro diario de síntomas y progreso.
RF3	El ChatBot es interactivo con capacidad de responder preguntas generales sobre el pie diabético y sus complicaciones asociadas.
RF4	El ChatBot permite una conversación fluida dando respuestas coherentes a lo preguntado.
RF5	Módulo educativo y explicativo sobre el autoexamen.
RF6	Base de conocimientos actualizable sobre tratamientos y cuidados.
RF7	Sistema de gamificación para motivar el autocuidado y la adherencia al tratamiento.
RNF1	La interfaz debe ser intuitiva y amigable para el usuario.
RNF2	La aplicación será desarrollada para plataformas Android.
RNF3	Tiempo de respuesta de ChatBot rápido.
RNF4	Necesaria la conexión a la terminal para su funcionamiento.

3.3. Contenido de la aplicación

Para el diseño de la aplicación se consideró que el principal objetivo es informativo y educativo, la idea principal de este proyecto es acompañar al paciente con pie diabético en su rehabilitación. A continuación, se detallan los principales procesos que engloba la aplicación, como se observan en el diagrama de flujo en la Figura 3.1.

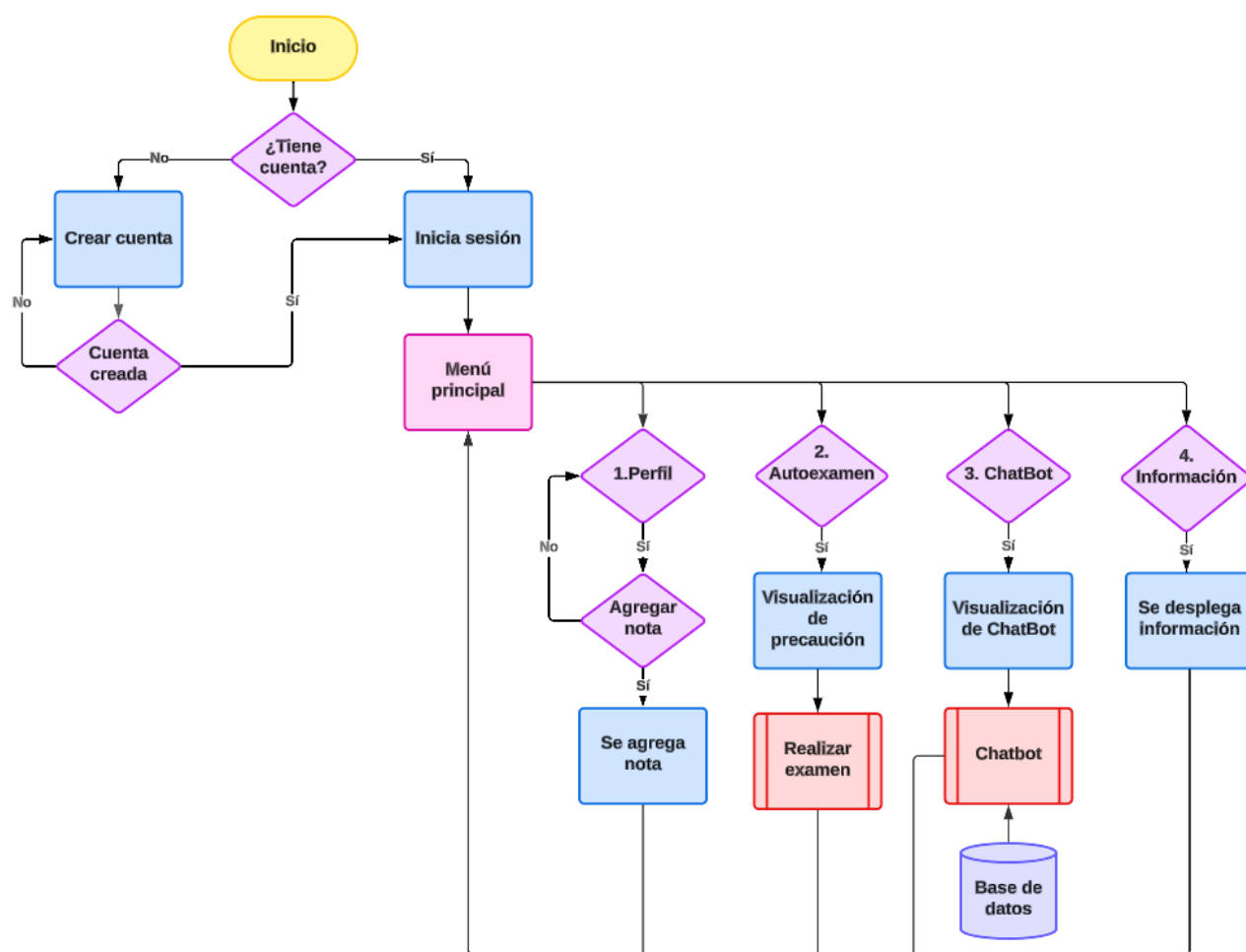


Figura 3.1. Diagrama de flujo general de la aplicación

3.3.1 Pantalla inicio

Para poder acceder a la aplicación, se deberá tener una cuenta registrada con los datos de usuario, como su nombre, apellido, correo electrónico y su contraseña. Cumple con la opción de crear cuenta y guardar datos.

3.3.2 Pantalla menú principal

Desde el menú principal se podrá acceder a tres principales funcionalidades, estas son la sección de perfil, de autoexamen, ChatBot y de información.

3.3.3 Pantalla perfil

Desde el perfil se accederá a los datos personales guardados previamente, como el nombre y apellido del usuario. Además, presentará un recuadro con la opción de guardar notas, para apuntar alguna anomalía o avance en su rehabilitación, que brindará un registro detallado con fecha y hora.

3.3.4 Pantalla autoexamen

Desde la sección de autoexamen se encuentra un sistema de gamificación, un examen basado en la escala de San Elián para registrar el seguimiento de la patología del pie diabético, que ayuda a interiorizar el cuestionario en los usuarios.

Para el desarrollo del autoexamen, se plantea una lógica con asignación de puntaje de acuerdo con la opción elegida en base a la escala de San Elián, como se ejemplifica en la Figura 3.2. Esta escala contempla 10 preguntas y tres alternativas. Dependiendo de la alternativa elegida se le asigna un puntaje, donde la primera opción será siempre con el menor puntaje de 1 punto, mientras que la tercera alternativa tendrá el mayor puntaje de 3 puntos. También se considera que en algunas preguntas se encuentra la opción de cero puntos. Una vez completadas las 10 preguntas, se informará la clasificación preliminar, donde si su suma es menor o igual a 10 será considerado leve, si es entre 11 a 20 puntos será considerado moderado y si es de 21 a 30 puntos es severo. Siempre recordando e informando al usuario que la aplicación no reemplaza la atención médica presencial de los pacientes, y que solo es para mantener el registro del avance de su patología.

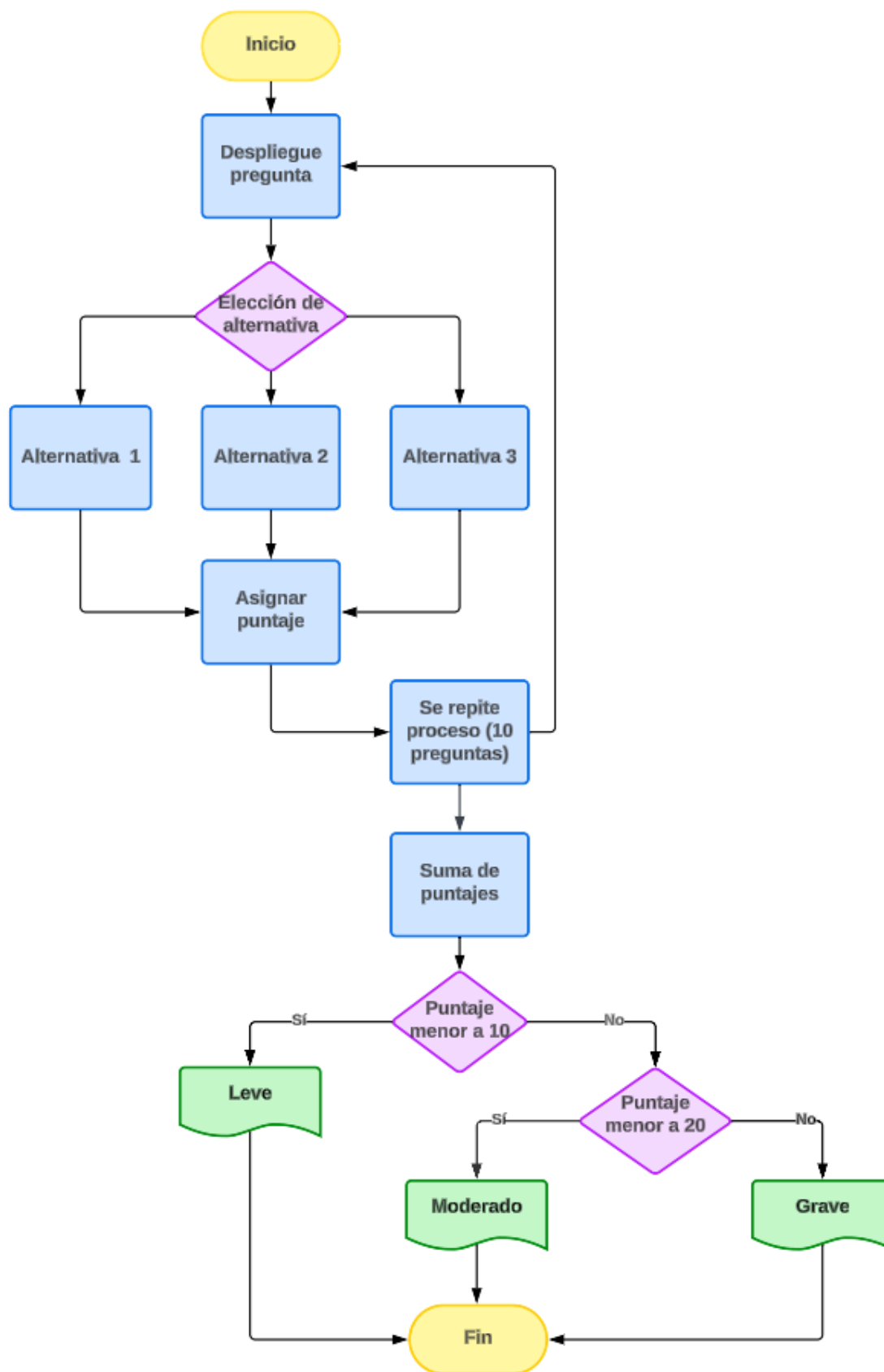


Figura 3.2. Diagrama de flujo de autoexamen

3.3.5 Pantalla ChatBot

Desde esta sección de la aplicación se desplegará el ChatBot para que los usuarios puedan interactuar resolviendo las preguntas relacionadas con temas más generales como la definición de la diabetes mellitus, qué es el pie diabético, entre otros temas menos específicos.

Para la realización del ChatBot, se empleó una lógica basada en reglas y aprendizaje automático, donde el razonamiento se basa en un modelo de redes neuronales recurrentes que clasifica las intenciones del usuario (“intents”). Este modelo se entrena con un conjunto de datos etiquetados se relacionan las preguntas de los usuarios con respuestas asociadas. En lugar de reglas predefinidas, el modelo aprende automáticamente a asociar patrones de entrada con su intención y respuesta correspondiente, utilizando el conocimiento adquirido durante el entrenamiento. Esto permitiría sostener conversaciones en lenguaje natural con el usuario para resolver dudas que este pueda tener respecto a la diabetes y a l pie diabético.

Por lo tanto, la arquitectura propuesta para el diseño del ChatBot, representada en la Figura 3.3, quedaría como:

- *Interfaz del usuario*: recibe las preguntas en formato de lenguaje natural (texto libre) y las dirige a la capa de procesamiento.
- *Módulo de procesamiento*: el submódulo de NLP se encarga del preprocesamiento del texto y submódulo de aprendizaje prepara los datos de entrenamiento y construye el modelo de red neuronal.
- *Base de conocimiento*: base de datos estructurada desde el archivo JSON “intents” con toda la información relevante del pie diabético, como síntomas, causas, factores de riesgo, tratamiento, cuidados, etc.
- *Módulo de respuesta*: encargado de generar la respuesta final al usuario.

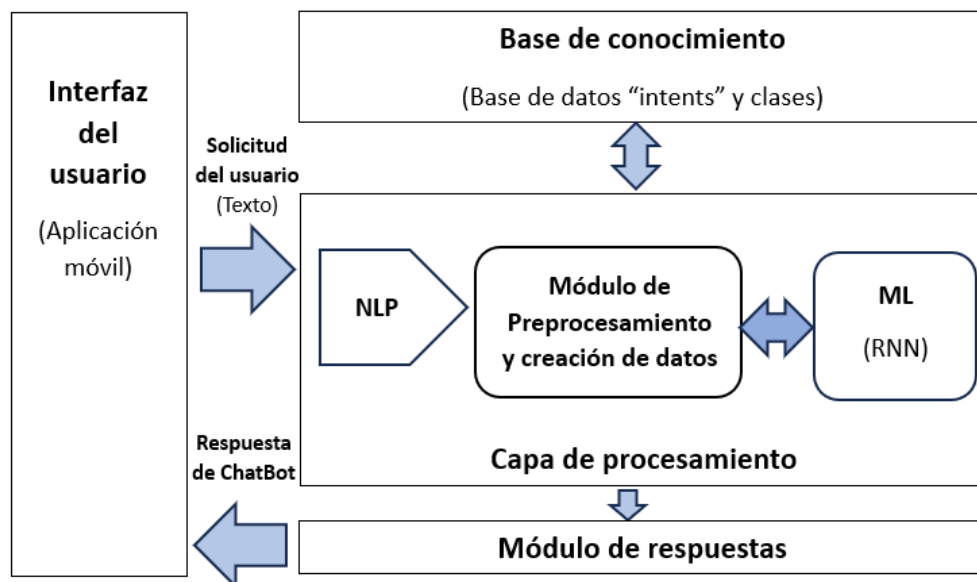


Figura 3.3. Arquitectura de ChatBot híbrido

3.3.6 Pantalla información

Desde la sección de información se podrá acceder a la información relevante para el cuidado de los pies, detalles específicos que revisar basados en las 10 preguntas de la escala de San Elián y sus resultados. Dentro de la pantalla, se podrá deslizar en pantalla una breve explicación de cada pregunta, así como la definición de conceptos claves relacionadas con ellas y una imagen de acompañamiento si se considera necesario.

3.4. Discusión

En el diseño de la interfaz se priorizó las necesidades principales de los usuarios que padecen de diabetes y de pie diabético. El enfoque está centrado en el usuario, donde se consideran las necesidades en la salud y el bienestar de una persona con esta enfermedad, contemplando un punto de vista educativo y un seguimiento personalizado. La aplicación busca integrar varias funcionalidades importantes como un perfil de usuario personalizable, un ChatBot interactivo, un módulo educativo sobre un autoexamen y un sistema de gamificación. Estas características abordan diferentes aspectos del manejo del pie diabético, desde la educación hasta la motivación para el autocuidado. La combinación de estas funciones podría proporcionar un apoyo integral a los pacientes.

En conclusión, el diseño propuesto es una herramienta prometedora para el apoyo en el manejo del pie diabético, debido a que combina tecnologías avanzadas con principios de diseño centrados en el usuario, lo que podría resultar en una herramienta efectiva para el autocuidado.

Capítulo 4. Desarrollo de la aplicación

4.1. Introducción

En el presente capítulo se detalla el desarrollo de la aplicación móvil programada Android Studio con el lenguaje de programación Kotlin. Para la interfaz de usuario, se implementa Jetpack Compose, una herramienta declarativa de Android que simplifica y acelera el desarrollo de la interfaz.

4.2. Configuración previa

Para el desarrollo de la aplicación se consideró que el software más idóneo es Android Studio, que es un entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para la plataforma Android. Es una herramienta potente y versátil que permite simplificar el proceso de desarrollo y permite la creación de aplicaciones de alta calidad y de manera eficiente, facilitando la navegación y el desarrollo de aplicaciones mediante el lenguaje de programación Kotlin y otros.

Por lo tanto, se descargó la versión 2022.3.1 de “Android Studio Giraffe”, como se recomienda en la página oficial [29]. Se realizaron todas las instalaciones necesarias para el desarrollo de la aplicación, como la configuración del emulador y se creó con un nuevo proyecto como una “Composable Empty Activity”. El emulador se configuró considerando un celular modelo Samsung Galaxy A8 plus año 2018, con el nivel de API 27 de Android, el cual corresponde a la versión 8.1 Oreo.

4.3. Desarrollo de la interfaz general

Para el desarrollo de la interfaz general se utilizó el lenguaje de programación Kotlin, mediante la implementación de Jetpack Compose. Antes de iniciar con el desarrollo de la interfaz, se actualizó el build.gradle de la aplicación. Se elevó el compileSdk a 34 para garantizar la compatibilidad con Jetpack Compose y permitir la visualización inmediata de los cambios en el código. Los componentes mencionados a continuación que permiten la funcionalidad de la aplicación se describen en el Anexo B. Componentes mencionados de Android Studio. Es necesario mencionar que la temática de la aplicación en general se mantiene en colores azules y blancos, esto observándose en cada una de las pantallas independiente de la función que se realice en ella.

4.3.1 Navegación

La navegación general entre las nueve pantallas de la aplicación se empleó con el componente *Navigation* de Jetpack Compose. Se definió una *sealed class* que representa cada pantalla y se asocia una ruta única a cada una. Utilizando el componente *Navigation*, se configuró el *NavHost* para gestionar las transiciones entre estas pantallas. Cada pantalla se representa como un destino *composable*, y el *NavController* permite navegar entre ellos de manera fluida. Por ejemplo, desde la pantalla de inicio (“usuario”), se puede navegar a la pantalla de registro de usuario (“crearUsuario”). La *MainActivity* de la aplicación está vinculada a *AppNavigation*, donde la primera pantalla que se puede ver es la de inicio.

4.3.2 Pantalla de inicio, DataStore y menú principal

Para la pantalla de inicio de sesión, se empleó una funcionalidad básica y cautivadora, con autenticación y la opción de registro de usuario. Con un *Box* como contenedor principal y bajo un título de texto “Bienvenido”, se puede identificar los campos de textos para el email y contraseña del usuario, bajo estos un botón que permite mostrar y ocultar la contraseña, y un botón “Entrar” para iniciar sesión. En la parte inferior, se añadió un texto y un botón para crear una nueva cuenta. Al presionar el botón de entrar, se verifica el email y la contraseña con los datos almacenados en el *DataStore*.

El *DataStore* permite manejar los datos del usuario localmente en el dispositivo, con un enfoque seguro y eficiente. Se creó una clase que maneja el almacenamiento y recuperación de datos del usuario usando *DataStore*. Se define una instancia única y se definen claves para los diferentes datos de usuario, como el email, nombre, apellido y la contraseña. Los datos se guardan en una función suspendida. En la pantalla de inicio se verifican las credenciales del usuario dentro de una *coroutine* lanzada cuando se presiona el botón “Entrar”.

La pantalla de registro de usuario (“crearUsuario”), se obtiene el contexto, un *Scope* para la *coroutine* y se inicializa el *DataStore*. En un *Box* como contenedor principal y una *Column* se crean los estados para el email, apellido, contraseña y la contraseña. Debajo de dichos campos de textos, se incluyen dos botones, uno para “Guardar” y otro para volver a la pantalla de inicio de sesión, denominado como “Listo”, este procedimiento se observa en la Figura 4.1 a y b.

En la pantalla de menú principal, se crean cuatro botones que permite navegar a las diferentes secciones de la aplicación: Perfil, Autoexamen, ChatBot e Información (Figura 4.1 c). Se consideró que esta debía ser visualmente atractiva y de fácil uso.

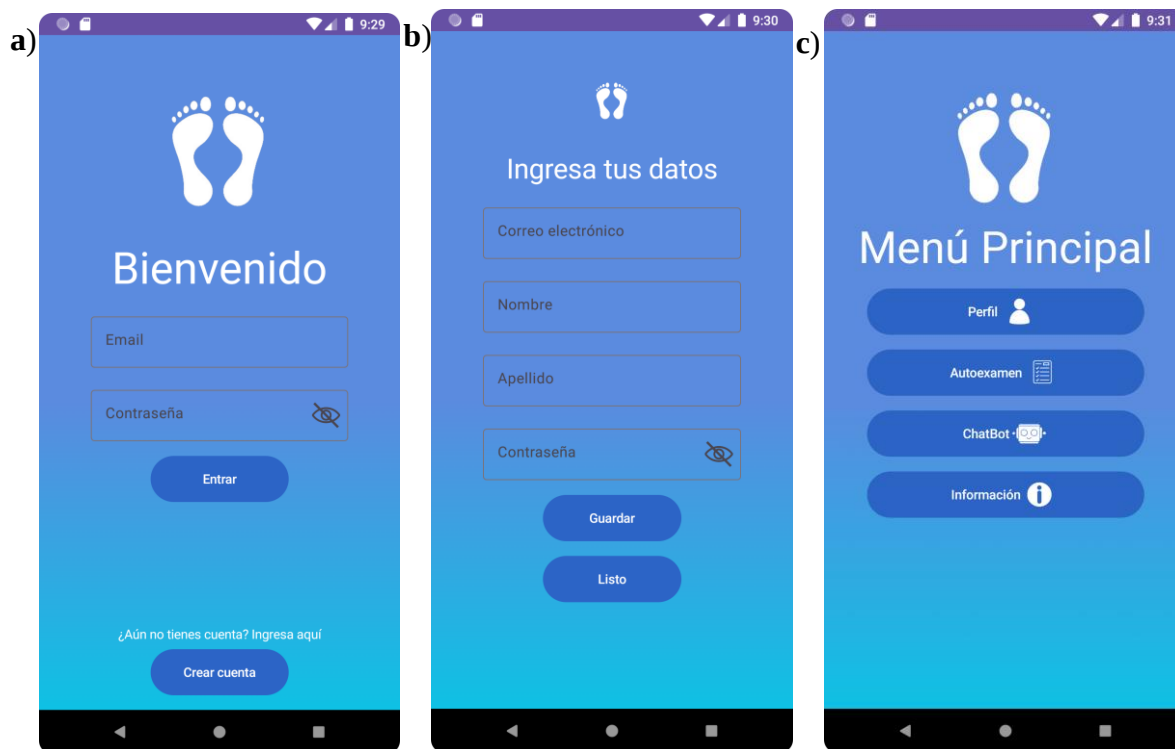


Figura 4.1. Captura de pantalla de emulador

a) Pantalla que muestra la pantalla de inicio, que indica ingresar tu usuario y contraseña, y si el usuario no tiene cuenta otorga la opción de crear una. b) Pantalla que muestra la pantalla de registro de usuario. c) Pantalla que muestra el menú principal de la aplicación, donde se encuentra el perfil, una sección de autoexamen, una sección de información y el ChatBot.

4.3.3 Pantalla de perfil

Para el desarrollo de la pantalla de perfil, se centra en qué la aplicación debe ser practica y cómo una forma de acompañamiento para el usuario. Se establece una arquitectura Model-View-ViewModel (MVVM) e integrando una base de datos a través de *Room*, un *DAO* y una capa de repositorio para gestionar las consultas.

Se parte modificando en el build.gradle del proyecto el bloque de buildsript, donde se define la dependencia y se añadió el plugin de Gradle para *Hilt*, versión 2.44. Mientras que en el buil.gradle de la aplicación se añaden al plugin de Gradle de *Kapt*, que permite usar procesadores de anotaciones Java con código Kotlin y el plugin *Hilt*, para la inyección de dependencias de Android. Luego se agregaron las dependencias de *Room* y *Hilt*, que en conjunto facilitan la creación y gestión de la base de datos local y la inyección de dependencias, como se mencionaba anteriormente.

Se manejan estados en inputs con “remember” y “mutableStateOf”, visualizando notas en una *LazyColumn*. Se define la clase *Nota* y se implementan funciones para crear, leer y borrar en *NotasViewModel*. La integración con *Room* incluye la configuración de la entidad *Nota*, la interfaz DAO, y la creación de la *class NotasDatabase*. El repositorio maneja las operaciones de datos con funciones suspendidas y flujos. La inyección de dependencias se realizó con *Hilt*, adaptando el *ViewModel* para un manejo reactivo del estado mediante *MutableStateFlow*. Finalmente, se agregó el formato de fecha con convertidores, logrando que se guarden la nota con la fecha y hora del dispositivo. Además, se presentó la opción de eliminar las notas si el usuario lo desea, apretando el ícono negro de “Delete”.

Por otro lado, con los datos guardados localmente anteriormente en *DataStore*, se muestra la información del usuario, como es el email, el nombre y el apellido, como se muestra en la Figura 4.2.

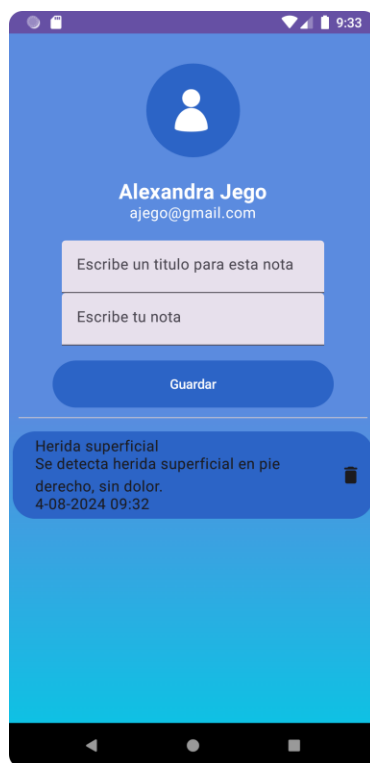


Figura 4.2. Captura de pantalla de perfil en emulador virtual.

4.3.4 Pantalla de autoexamen e información

Tanto para las pantallas de Información como la del Autoexamen, se basaron en la escala San Elián del MINSAL.

Para la pantalla de autoexamen se creó una interfaz estructurada e interactiva (Figura 4.3 a), que guía al usuario a través de las preguntas sobre el pie diabético y proporciona una evaluación de

riesgo basada en sus respuestas. Siguiendo la arquitectura *MVVM*, ya mencionada anteriormente, se utilizó “*QuestionModel*” como *ViewModel*, encargado de gestionar la lógica del cuestionario de 10 preguntas y calcular su puntaje total. Cada pregunta contribuye a la evaluación final, categorizando el riesgo en tres niveles: “Leve”, “Moderado” o “Severo”. Se proporciona una evaluación rápida del riesgo, orientando al usuario sobre las posibles preguntas que podría hacerle un especialista.

Para la pantalla de Información se creó una interfaz informativa y desplazable, con el objetivo de brindar una explicación detallada sobre el pie diabético y su evaluación (Figura 4.3 b). La interfaz, diseñada con un contenedor principal tipo *Box* y un *LazyColumn*, presenta una lista de preguntas y respuestas de manera visualmente atractiva y fácil de comprender. Cada elemento de la lista (un objeto “*ExData*”) contiene la pregunta, su respuesta y una imagen ilustrativa cuando se consideró necesario. Un mapa denominado “*explicación*” almacenó estas preguntas y sus correspondientes respuestas en formato de pares clave-valor. Este mapa contiene las 11 entradas, abarcando las principales interrogantes sobre el cuidado y evaluación del pie diabético basado en la escala de San Elián.

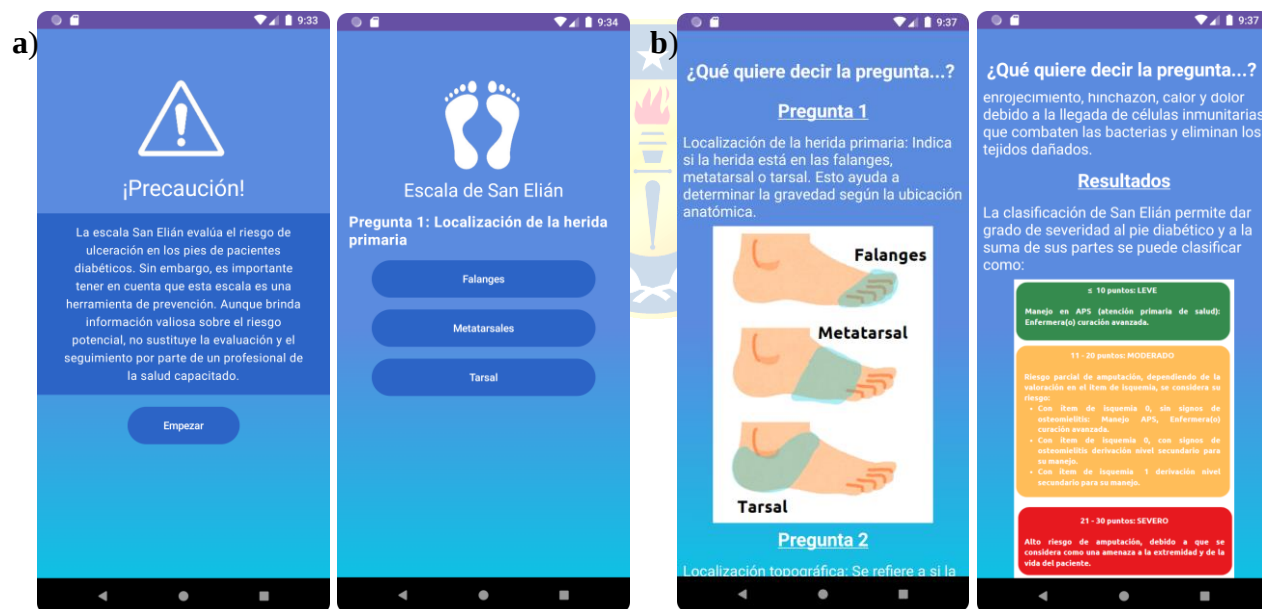


Figura 4.3. Capturas de pantalla de Autoexamen e Información del emulador virtual.

- a) Captura que muestra las pantalla del Autoexamen, donde se observa una advertencia al usuario sobre el uso responsable de la escala. b) Captura que muestra la pantalla de Información, desde la pregunta uno hasta los resultados.

4.4. Desarrollo e integración de ChatBot

En paralelo al desarrollo de la interfaz de la aplicación, se llevó a cabo la creación de un ChatBot interactivo diseñado para integrarse en la aplicación móvil. La decisión de desarrollar un ChatBot surgió tras una exhaustiva evaluación de las alternativas disponibles en línea. Estas presentan

limitaciones, tanto en términos de costos como de restricciones en el tiempo de uso, lo que impulsó la necesidad de una solución más personalizada y eficiente.

4.4.1 Generación de base de datos

Para la integración del ChatBot, fue necesario crear una base de datos sólida. Para esto se realizó “web scraping” en IDE Spyder, con el lenguaje de programación Python 3.11. Se importaron las librerías “*BeautifulSoup*” y “*Requests*” para scrapear los datos de las páginas web “*ulceras.cl*”, “*MedlinePlus.gov*”, “*elsevier.es*” y algunos artículos en la página National Institute of Health “*niddk.nih.gov*”. En el algoritmo creado se utilizó *Requests* para descargar contenido HTML, y *BeautifulSoup* para analizarlo y extraer información relevante. Se transformó y se almacenó estos datos en un *DataFrame* utilizando las librerías *Pandas* y *NumPy*. Este scrapeo web y almacenamiento en base de datos fue una prueba de concepto para ensamblar una base de datos inicial y probar la viabilidad técnica combinando las capacidades de extracción y análisis de datos de Python.

Con la información extraída, se analizó detalladamente los aspectos principales para ordenarlos de una manera en el ChatBot pueda manejar preguntas y respuestas relacionadas a la diabetes y el cuidado del pie diabético. Para un sistema de CLP se creó un archivo, donde cada objeto dentro del archivo “*intents*” representa una intención que consta de:

- “**tag**”: etiqueta única que identifica una intención específica.
- “**patterns**”: arreglo de patrones de texto que el sistema puede reconocer como pertenecientes a dicha intención.
- “**responses**”: arreglo de posibles respuestas que el sistema puede generar cuando se detecta esa intención.
- “**context**”: arreglo de etiquetas de contexto relacionadas con la intención actual.

Este archivo contiene intenciones para saludos, despedidas, agradecimientos, solicitudes de opciones, definiciones de la diabetes, el pie diabético y sus complicaciones, junto a sus cuidados. Como se observa en la Figura 4.4, en el archivo “*intents*” cada intención tiene patrones de texto que el sistema puede reconocer y tiene respuestas que se devuelven al usuario. Asimismo, algunas intenciones tienen contexto relacionado, por lo que el sistema puede utilizar información contextual para generar respuestas más relevantes. Este archivo se guardó en formato JSON, por su legibilidad, compatibilidad y almacenamiento de datos estructurados ideales para el ChatBot.

```
[{"intents": [
  {"tag": "saludo",
   "patterns": ["Hola", "¿Cómo estás?", "Hola", "H", "Hola", "hola", "Buenos días", "Buenas tardes", "Buenas noches"],
   "responses": ["Hola", "Hola, ¡Que bueno volver a verte!", "Hola, ¿en qué puedo ayudarte?", "Hola, soy tu consultor virtual. ¿En qué puedo ayudarte?", "Bienvenido/a"],
   "context": [""]
  },
  {"tag": "despedida",
   "patterns": ["Adiós", "Chao", "adios", "Adios"],
   "responses": ["Adiós", "Hasta pronto", "Nos vemos después", "Nos vemos", "Adiós! Cuida tu salud y siempre consulta con especialistas."],
   "context": [""]
  },
  {"tag": "gracias",
   "patterns": ["Gracias", "Muchas gracias", "Te agradezco", "Gracias, te pasaste", "Gracias por ayudarme"],
   "responses": ["De nada", "Estamos aquí para servirte", "No hay problema, siempre recuerda también consultar con un especialista", "Que tengas un buen día", "¡Vuelve pronto!"],
   "context": [""]
  },
  {"tag": "norespuesta",
   "patterns": ["..."],
   "responses": ["Lo siento, no te entiendo", "Favor de dar mas informacion", "No te entiendo, ¿puedes darme más informacion?"],
   "context": [""]
  },
  {"tag": "opciones",
   "patterns": ["¿En qué puedo ayudarte?", "¿Qué puedes hacer por mí?"],
   "responses": ["Puedo responder algunas dudas sobre la diabetes y el pie diabético", "Puedo ofrecer algunas respuestas sobre los cuidados del pie diabético"],
   "context": [""]
  },
  {"tag": "diabetes",
   "patterns": ["¿Qué es la diabetes?", "¿Diabetes?", "diabetes?", "Información sobre la diabetes", "Definición de la diabetes"],
   "responses": ["La diabetes es una afección prolongada en la que los niveles de glucosa (azúcar) en sangre son demasiado altos", "La diabetes mellitus es una enfermedad crónica en q"],
   "context": [""]
  }
]
```

Figura 4.4. Fragmento del contenido de archivo "intents.json"

4.4.2 ChatBot

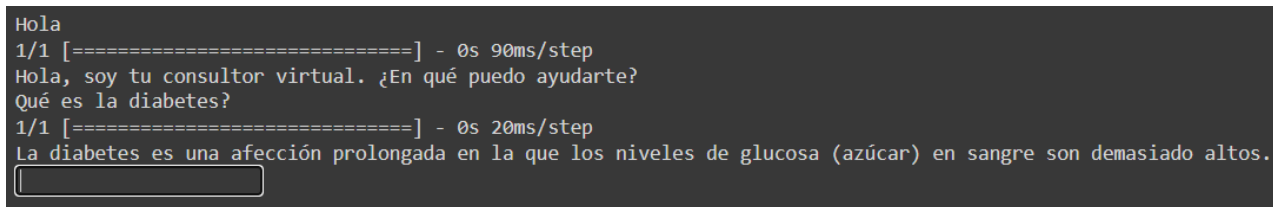
Con el archivo de intenciones ya creado, se procedió al desarrollo del ChatBot utilizando las plataformas de Google Colaboratory y el entorno de Anaconda, que incluía el software Spyder. El desarrollo se realizó con el lenguaje de programación Python, utilizando las versiones 3.10.12 y 3.11.7, respectivamente. Para esto, se utilizaron las librerías *Numpy* (para operaciones numéricas eficientes), *Json* (para trabajar con el archivo "intents.json"), *NLTK* (para el NPL), *SpaCy* (para lematización en español), *Keras* (para la construcción y entrenamiento de modelos de redes neuronales) y *Pickle* (para la serialización de objetos).

Con dichas librerías ya instaladas, se comenzó preprocesando los datos obtenidos del archivo "intents.json" y se procesaron utilizando las bibliotecas *NLTK*, para tokenizar, y *SpaCy* para lematizar en español. Se crearon listas de palabras únicas, clases únicas y la preparación de los datos de entrenamiento en forma de vectores de palabras y vectores one-hot de etiquetas.

Luego, se procedió con la construcción y entrenamiento del modelo de RNN con una capa de LSTM. Se utilizó la biblioteca *Keras* para definir una RNN con capas densas, con una capa de LSTM y de abandono para evitar el sobreajuste. La función de activación "softmax" se empleó en la capa de salida para obtener probabilidades de las clases.

Posteriormente, se definió un conjunto de funciones para limpiar y procesar las entradas del usuario, predecir la clase de la entrada y obtener una respuesta del ChatBot basada en la clase predicha. Esto implica nuevamente la tokenización y lematización de las entradas del usuario con las librerías ya mencionadas, la generación de bolsas de palabras y la predicción de la clase utilizando el modelo entrenado.

Finalmente, se inicializó el bucle que solicita al usuario una entrada y devuelve una respuesta generada por el ChatBot, donde se utilizan las funciones que ya fueron definidas anteriormente para procesar la entrada del usuario y generar la respuesta más adecuada. Se puede observar el funcionamiento del ChatBot en la Figura 4.5.



```
Hola
1/1 [=====] - 0s 90ms/step
Hola, soy tu consultor virtual. ¿En qué puedo ayudarte?
Qué es la diabetes?
1/1 [=====] - 0s 20ms/step
La diabetes es una afección prolongada en la que los niveles de glucosa (azúcar) en sangre son demasiado altos.
```

Figura 4.5. Funcionamiento del ChatBot en Google Colaboratory

Con el ChatBot operativo, se implementó una función que sustituye el bucle de interacción usuario/ChatBot. Esta función procesó la entrada del usuario, representada por la variable “*msg*”, y devuelve una respuesta adecuada.

Para facilitar la integración y el acceso remoto, se implementó un API con el framework *Flask*. Dentro de otra función, se estableció una ruta “/chat” que acepta las solicitudes GET y POST. Esta función se encarga de manejar las solicitudes, procesando los mensajes del usuario y devolviendo las respuestas generadas por el ChatBot. La funcionalidad de la API se verificó inicialmente utilizando la herramienta POSTMAN, que permite simular las solicitudes HTTP y examinar las respuestas. Una vez confirmado el correcto funcionamiento de la API, se procedió a la integración del ChatBot en la aplicación móvil, asegurando una comunicación fluida entre la interfaz del usuario y el sistema.

4.4.3 Integración de ChatBot en aplicación móvil

Para la integración en la aplicación móvil, se configuró la interfaz para la API creada anteriormente. Se utilizó la anotación *@POST* para indicar que es una solicitud, y *@FormUrlEncoded* para enviar los datos como formulario, donde el parámetro “*msg*” se envía como un campo del formulario.

Luego, se configuró *Retrofit* para hacer las llamadas a la API. Dependiendo si es el emulador de Android Studio o se instaló en un dispositivo móvil, la URL base apunta a “10.0.2.2” o “192.168.X.XX”, respectivamente, que es la dirección IP del host/servidor local.

Ahora, para la realización de la llamada a la API de forma asíncrona, se utilizó *coroutines* por medio de la función “*fetchChatbotResponse*”, que maneja tanto la respuesta como los posibles errores de conexión. Esta función toma el texto del chat y una función de *callback* como parámetros. Realiza la llamada a la API en un hilo de fondo y devuelve la respuesta (o un mensaje de error) a través del

callback en el hilo principal. Mientras que en *ChatScreen*, se utilizó la función mencionada anteriormente, para enviar mensajes al ChatBot y recibir respuesta de manera asíncrona y eficiente. En la Figura 4.6, se observa una captura de pantalla desde el emulador.

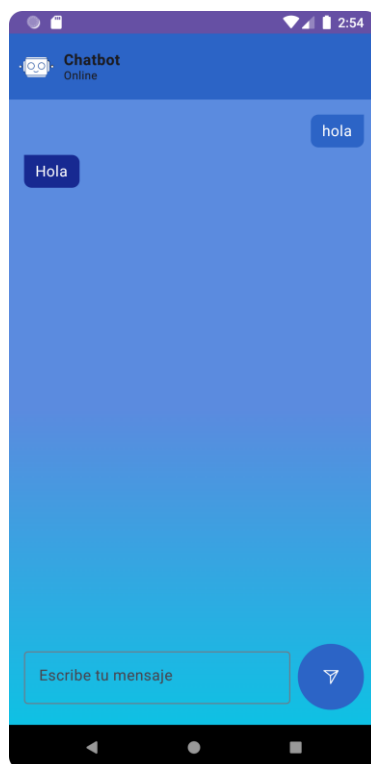


Figura 4.6. Captura de pantalla de ChatBot en emulador virtual

4.5. Discusión

Como se pudo observar en este capítulo, la principal prioridad del desarrollo de esta aplicación es crear un entorno de apoyo a los usuarios que requieran un tratamiento en su enfermedad.

La implementación de la interfaz de usuario con Jetpack Compose permitió mantener una temática coherente en colores azules y blancos, y facilitó la actualización y visualización inmediata de los cambios en el código. La navegación entre las nueve pantallas de la aplicación se gestionó eficientemente utilizando el componente *Navigation*, garantizando transiciones fluidas entre las diferentes secciones de la aplicación. La pantalla de inicio de sesión y el manejo de datos con *DataStore* proporcionó una solución segura y eficiente para la autenticación de usuarios y el almacenamiento local de datos. Además, la implementación de la arquitectura MVVM con *Room* y *Hilt* en la pantalla de perfil permitió una gestión robusta de la base de datos y la inyección de dependencias, mejorando la experiencia del usuario mediante la visualización de notas y la

presentación de información personal guardada en *DataStore*. Las pantallas de autoexamen e información proporcionan una evaluación de riesgo interactiva y una explicación detallada sobre el pie diabético. La utilización de un *ViewModel* para gestionar la lógica del cuestionario y la presentación de la información en un formato visualmente atractivo se considera una optimización en la usabilidad de estas secciones.

Un aspecto innovador es el desarrollo del ChatBot interactivo. A través de webscraping se creó una base de datos de intenciones y respuestas, la cual se utilizó para entrenar un modelo de RNN con LSTM, que permitió un entrenamiento controlado y la obtención de la exactitud del modelo. Una API *Flask* se integró a la aplicación mediante *Retrofit* y *coroutines* para permitir una comunicación fluida entre el usuario y el ChatBot. Lo destacable es que ofrece una mayor flexibilidad y capacidad de adaptación a las necesidades específicas de los usuarios. El desarrollo interno del ChatBot permite un control total sobre sus funcionalidades y la posibilidad de realizar mejoras si es necesario.



Capítulo 5. Resultados

5.1. Introducción

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos tras el desarrollo de la aplicación. Se incluyen capturas de pantallas que evidencian las pruebas realizadas en diferentes dispositivos móviles y entornos virtuales, con el objetivo de validar el correcto funcionamiento de la aplicación y su integración con el ChatBot.

5.2. Evaluación general funcional de la aplicación

Para evaluar el rendimiento y la compatibilidad de la aplicación en diversas configuraciones, se hicieron pruebas en varios dispositivos. Estos incluyeron tres dispositivos móviles Samsung con diferentes modelos y versiones del sistema operativo Android, así como el emulador de Android Studio. Las especificaciones se encuentran detalladas en la Tabla 5.1. Al probar la aplicación en estos dispositivos, se buscó determinar su capacidad para adaptarse a distintas versiones de Android.

Tabla 5.1. Características de los dispositivos móviles y emulador.

Nº	Marca	Modelo	Sistema Operativo	Resolución de pantalla
1	Samsung	Galaxy A8+	Android 7.0	1080 x 2220
2	Samsung	Galaxy A55	Android 14.0	1080 x 2340
3	Samsung	Galaxy A32	Android 11.0	1080 x 2400
4	Android Studio*	Dispositivo virtual	Android 8.1	1080 x 2220

(a)*: Dispositivo emulado en la plataforma Android Studio

El análisis se centró en diez funcionalidades claves, incluyendo el registro y acceso, navegación, perfil de usuario, autoexamen, ChatBot, sección de información, usabilidad general, rendimiento, compatibilidad y seguridad. En particular, se evaluó la facilidad de creación de cuentas, el proceso de inicio de sesión y el funcionamiento general de la aplicación. Respecto al autoexamen, se verificó la claridad de las instrucciones, la fluidez en la realización del examen y la precisión de los resultados obtenidos. El ChatBot fue evaluado en términos de tiempo de respuesta, precisión de las respuestas y capacidad para manejar consultas sencillas.

5.2.1 Registro y acceso

El funcionamiento del registro y acceso se evaluó creando una cuenta en cada dispositivo y se verificó su funcionamiento en la navegación hasta el menú. En la Figura 5.1, se observa la fluidez de navegación entre las pantallas de registro y acceso a la aplicación.

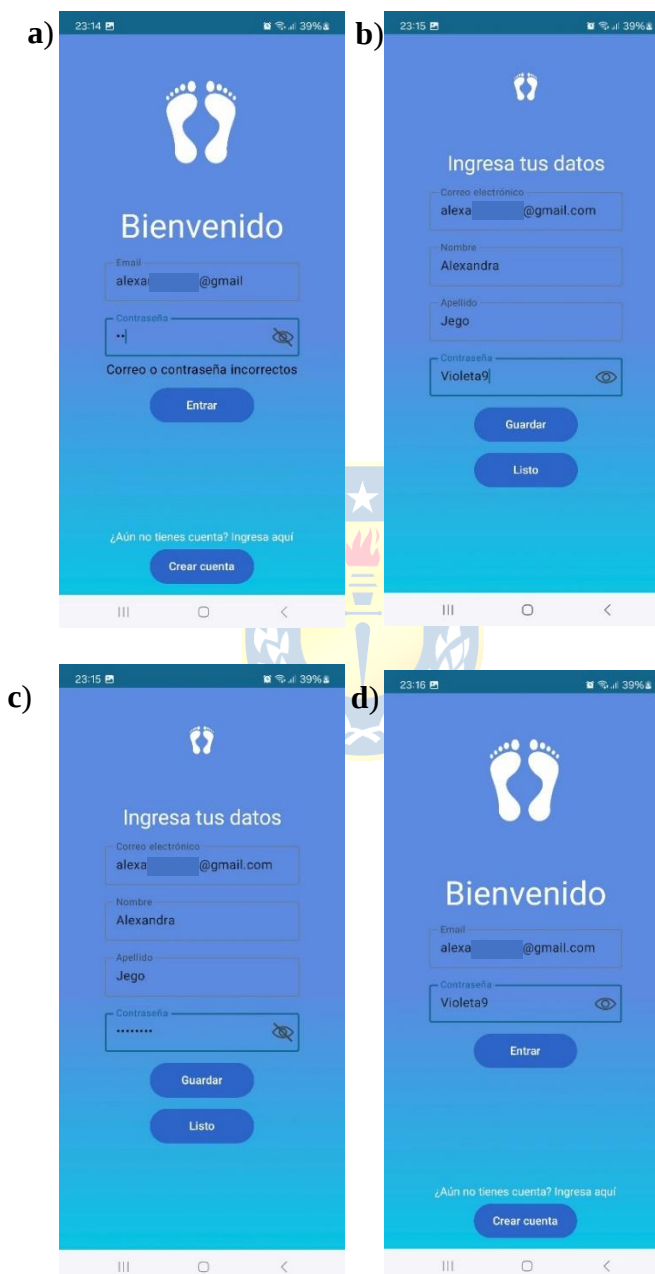


Figura 5.1. Captura de pantalla de acceso y registro en dispositivo 2.

a) Acceso denegado al no tener cuenta. b) Registro de cuenta con contraseña visible. c) Registro de cuenta con contraseña no visible. d) Acceso con cuenta creada.

En el inciso a) de la Figura 5.1 se escribe un correo y una contraseña pero se deniega su entrada. Tanto en el inciso b) como en el c) se ingresan los datos requeridos y se guardan con el botón “Guardar”, también se observa el botón con el ojo, que permite la visualización optativa de la contraseña. En el inciso d) no marca error y se puede ingresar a la pantalla principal.

5.2.2 Perfil usuario

El funcionamiento del perfil se verificó con el correcto registro de dos notas, como se observa en la Figura 5.2, a) y b). En la Figura 5.2 a) se observa la creación de una observación con título “Registro 1” y un comentario “Herida enrojecida”, se otorga fecha y hora de creación de forma automática al presionar el botón “Guardar”. Dos minutos después, como se observa en la Figura 5.2 b) se realiza mismo procedimiento, con el nombre “Registro 2” y un comentario “Herida en planta del pie derecho”, también se puede observar la fecha y hora de creación de la nota. Por último, se eliminó exitosamente el Registro 1, dejando solo el registro 2 en la aplicación.

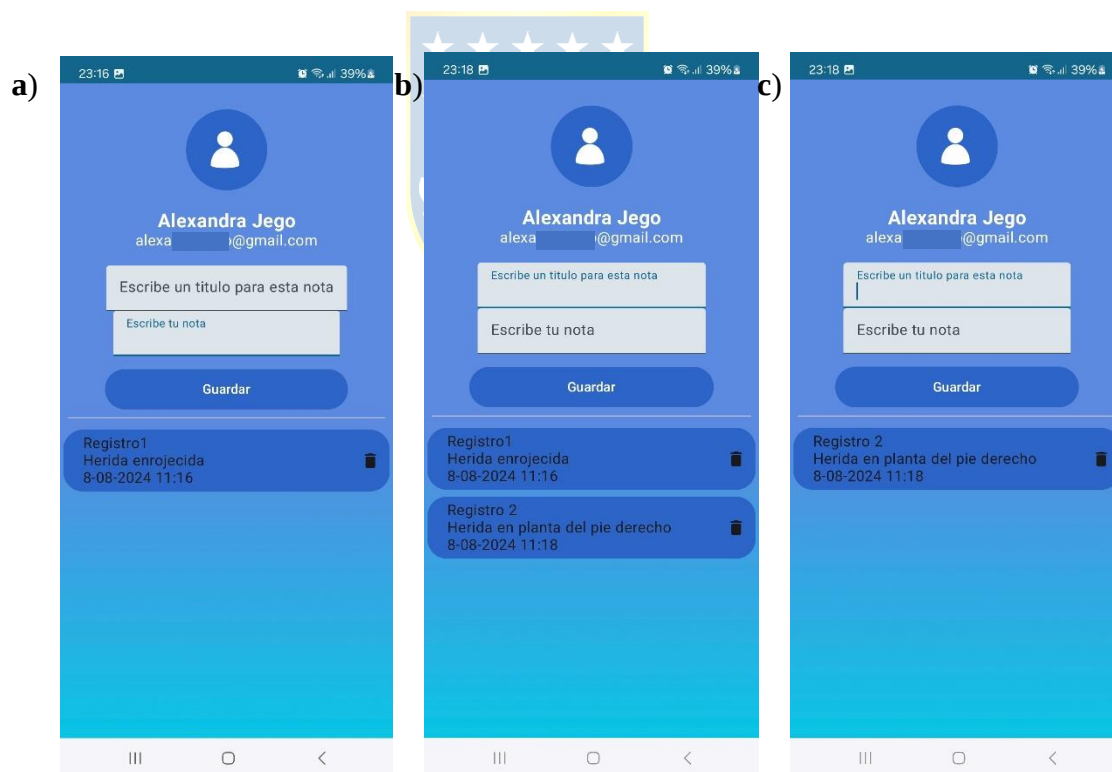


Figura 5.2. Captura de pantalla de perfil en dispositivo 2.

- a) Se crea nota nueva uno apretando botón “Guardar”. b) Se crea nueva nota dos con mismo procedimiento.
- c) Se elimina nota uno.

5.2.3 Autoexamen

El funcionamiento del autoexamen se probó con tres condiciones para verificar si los resultados eran consistentes, donde en cada caso se le atribuye un puntaje. En el caso 1, se sumarían 7 puntos; en el caso 2, se sumarían 17 puntos; y en el caso 3 se sumarían 30 puntos (ver Figura 5.3).

- **Caso 1:** “Un usuario presenta una herida pequeña y superficial en los dedos del pie, que afecta solo una zona. La herida se observa que está sanado, es decir, en etapa de epitelización. No hay signos de isquemia, infección o edema, lo cual se considera positivo. Sin embargo, hay una leve neuropatía lo que significa que la sensibilidad está disminuida.”
- **Caso 2:** “Un usuario con una herida más compleja en el área metatarsal, afectando dos zonas. La herida más grande y profunda, llegando hasta los músculos, que se observan claramente. Hay muchos signos de infección y edema localizado. La isquemia es leve, pero la neuropatía es más severa con pérdida total de sensibilidad protectora. La herida está en etapa de granulación.”
- **Caso 3:** “Usuario con múltiples complicaciones. La herida afecta el área tarsal y múltiples zonas. Hay isquemia severa sin pulsos palpables, lo que compromete seriamente la circulación. La infección es sistémica (SIRS) con alteración de la glucemia. El edema es generalizado y hay una neuropatía avanzada (Pie de Charcot). La herida es extensa, profunda y está en fase inflamatoria.”

En la evaluación realizada en cada dispositivo, se observó una completa asertividad, donde cada pregunta se le indicó el resultado correcto. La única observación relevante fue que en el dispositivo 2, en una de las preguntas el texto de las alternativas no se identificaba completamente, posiblemente debido a la resolución de la pantalla. En lo demás dispositivos no se denotaron diferencias ni en resultados, ni en el posicionamiento espacial del texto en pantalla.

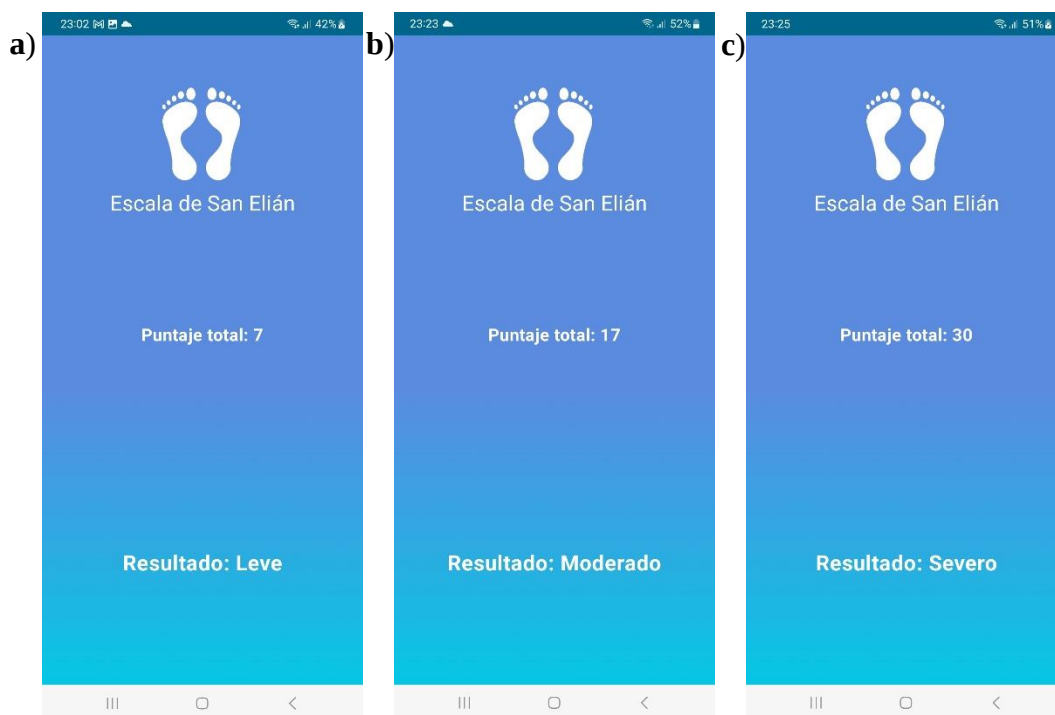


Figura 5.3. Captura de pantalla de resultados en dispositivo 3

a) Resultado en caso 1: Leve. b) Resultado en caso 2: Moderado. c) Resultado en caso 3: Severo.

5.2.4 ChatBot

El ChatBot fue entrenado utilizando redes neuronales, y se evaluó la precisión del modelo resultante, obteniéndose un 70.4% de accuracy. Durante las pruebas en el emulador virtual de Android Studio no se detectaron problemas al utilizar el ChatBot. Sin embargo, al momento de probarlo en un dispositivo real, surgió el error con el mensaje “error handshake failed Android”. Este problema suele presentarse cuando el usuario o el servidor no está en una conexión segura establecida. Para ello, se recurrió a “*android:usesCleartextTraffic*”, la cual se considera una configuración solo para el desarrollo y pruebas, ya que permite el tráfico de red no cifrado poniendo en riesgo la información.

Se realizaron las pruebas iniciales utilizando preguntas extraídas del archivo “*intents.json*”, para luego introducir variaciones leves y evaluar la respuesta del ChatBot ante estas modificaciones. Se realizaron dos pruebas en el dispositivo 1 y en el emulador virtual (dispositivo 4). En el ejemplo 1, se realizó una conversación estándar donde el usuario consulta sobre el pie diabético y sus cuidados en el dispositivo 1, como se observa en la Figura 5.4. En la Figura 5.4. a) se muestra el inicio de la conversación, donde el ChatBot responde adecuadamente en un tono amigable. Posteriormente, se indaga sobre las capacidades del ChatBot y, basándose en la respuesta, se procede a formular un serie de preguntas relacionadas con el pie diabético y sus cuidados, cuyo seguimiento se ve también en la

Figura 5.4 b). Mientras que en la Figura 5.4 c) y d) se continua con preguntas relacionadas a la diabetes y sus complicaciones asociadas, y se finaliza la conversación con una recomendación del ChatBot que siempre acuda a un especialista en el tema. Es aparente que en el desarrollo de la conversación, se evidencian repuestas coherentes y precisas, acordes a la información aprendida.

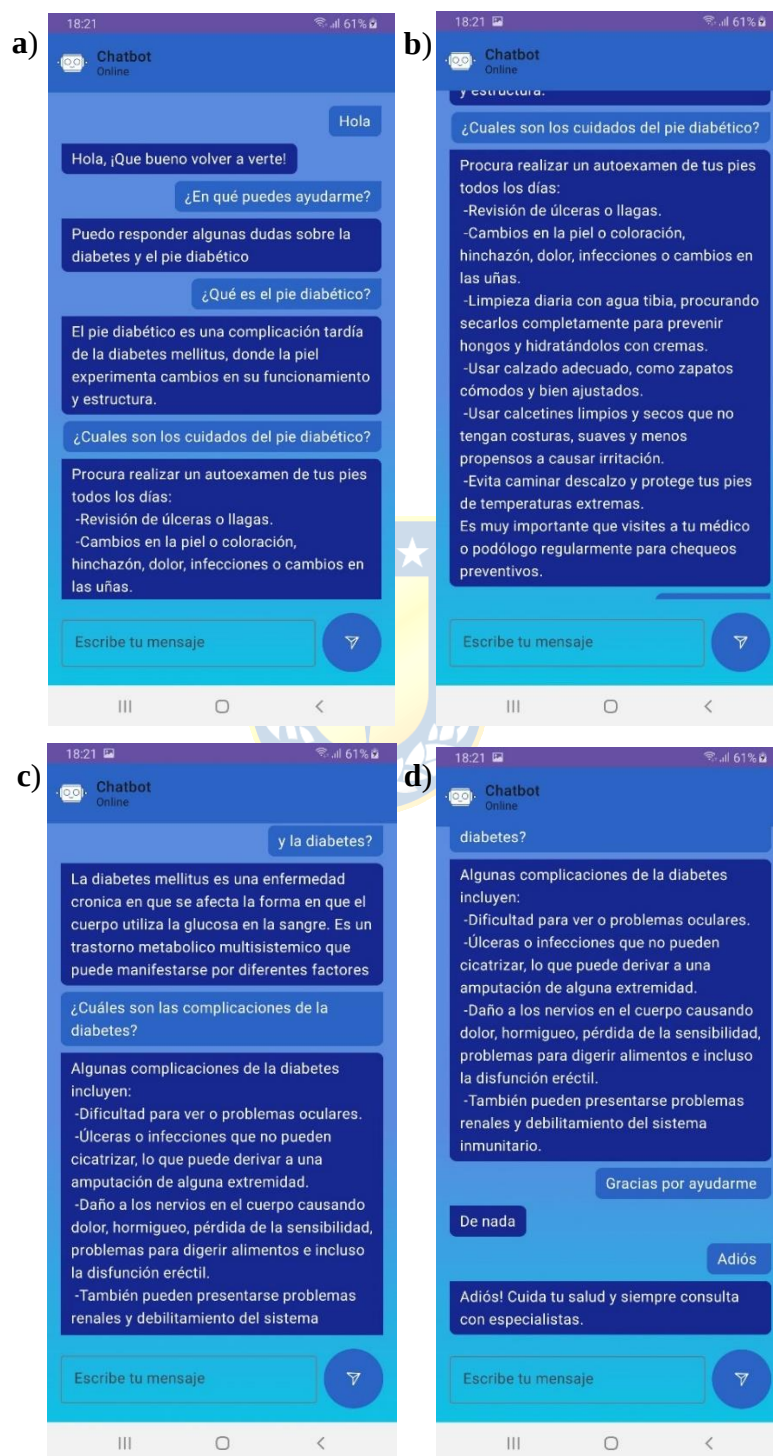


Figura 5.4. Captura de pantalla de ChatBot ejemplo 1.

a) Inicio de conversación. b) Continuación pantalla anterior. c) Continuación pantalla anterior. d) Finalización.

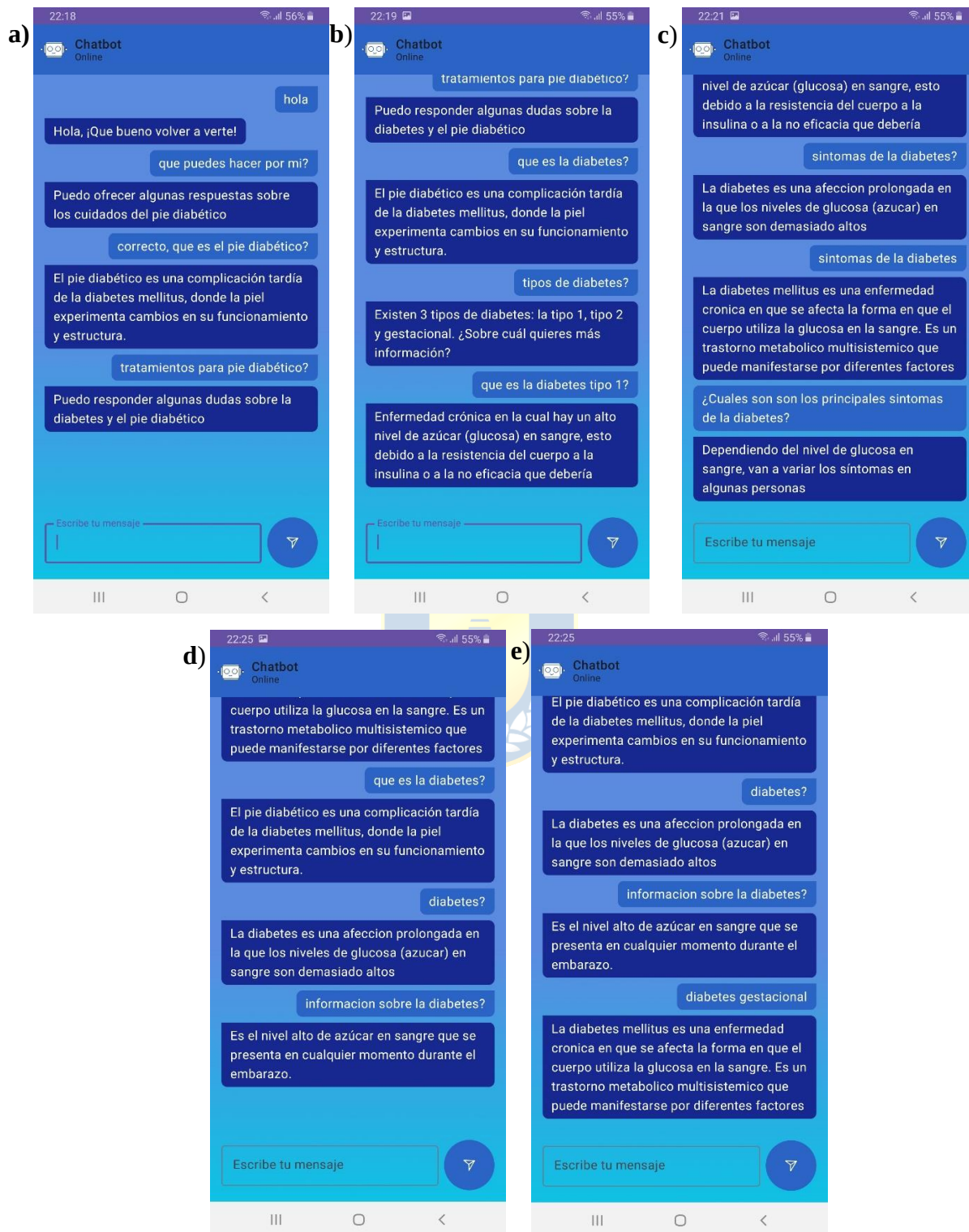


Figura 5.5. Captura de pantalla de ChatBot ejemplo 2.

a) Se inicia conversación sobre el pie diabético. b) Se cuestiona sobre la diabetes y sus tipos. c) Se cuestiona de tres formas los síntomas de la diabetes. d) Se cuestiona sobre la diabetes. e) Se continúa con la conversación.

En la Figura 5.5 a) se observa una conversación, que si bien sigue una estructura similar a la del ejemplo anterior, se desarrolla de manera más coloquial, sin prestar mayor atención a la ortografía, como en tildes o signos de interrogación. A las primeras consultas responde de manera adecuada, pero al preguntar sobre la diabetes, proporciona una respuesta equivocada. Mientras que en la Figura 5.5 b), tras una pregunta general sobre la diabetes, se indaga sobre los tipos de diabetes, estos últimos siendo respondidos correctamente, más la pregunta sobre de diabetes la responde erróneamente aludiendo al pie diabético. En la Figura 5.5 c) se formulan de tres distintas variaciones de la misma pregunta sobre los síntomas de la diabetes, respondiendo correctamente solamente una vez. En las Figura 5.5 d) y e) se mantiene esta tendencia, donde se continúa cuestionando de múltiples maneras sobre la diabetes, respondiendo solo una vez correctamente. Se evidencia una confusión recurrente entre los distintos tipos de diabetes en sus respuestas.

El funcionamiento general del ChatBot se puso a prueba en base a 7 criterios, como se indica en la Tabla 5.3. La evaluación se realizó utilizando la rúbrica de evaluación en la Tabla 5.2, desarrollada a partir de una escala ordinal [30]. Esta escala de medición ordena las categorías jerárquicamente, representando cada termino un nivel de calidad o rendimiento, desde el más bajo con puntuación 1 (“deficiente”), hasta lo más alto con puntuación 4 (“excelente”).

Tabla 5.2. Valores de la escala

Puntuación	Valores de la escala
1	Deficiente
2	Regular
3	Bueno
4	Excelente

Se compararon los resultados en ambos dispositivos, evaluando su desempeño en aspectos como la identificación correcta de las preguntas, la coherencia de las respuestas, la capacidad para manejar variaciones lingüísticas en las preguntas, entre otros (ver Tabla 5.3). La única discrepancia significativa entre los dos dispositivos se observó en la seguridad, donde en el dispositivo 1 fue evaluado con un “excelente”, mientras que el dispositivo 4, se calificó como “deficiente”. En general, el desempeño del ChatBot puede considerarse como “bueno”, abierto a modificaciones para su optimización en ámbitos de seguridad.

Tabla 5.3. Resultados evaluación de desempeño de dispositivo 1 y dispositivo 4

Evaluación	Dispositivo 1	Dispositivo 4
1. Identifica correctamente la pregunta	4	4
2. Respuestas coherentes a lo preguntado	3	3
3. Manejo de variaciones lingüísticas	2	2
4. Cobertura de temas	4	4
5. Manejo de consultas fuera de ámbito	2	2
6. Seguridad	4	1
7. Tiempo de respuesta	4	4

5.2.5 Sección de información

Para la sección de información, se evaluó mediante su navegación desplazable (scrollable) fluida en la pantalla y presentación de esta misma. Se presenta una explicación breve de conceptos claves para las preguntas de la escala San Elián. Como se observa en la Figura 5.6, cada pregunta tiene una explicación, a excepción de algunas preguntas que además contienen una imagen de acompañamiento.

En la Figura 5.6 a) se refiere a la localización de la herida primaria en la falanges, metatarso o tarso. Incluye una imagen del pie con estas áreas etiquetadas. En la Figura 5.6 b) se trata sobre la localización topográfica, en que parte del pie está la herida, muestra un diagrama de las vistas del pie. Mientras que en la Figura 5.6 c), se presenta la tercera y cuarta pregunta, sobre el número de zonas afectadas y la presencia de isquemia, con una imagen de un dispositivo encargada de la ecografía Doppler, para medir el flujo de sangre. En la Figura 5.6 d) se presenta la quinta pregunta, donde también se incluye parte del texto de la pregunta 6 sobre edema. En la Figura 5.6 e) se presenta el resto de la pregunta 6, junto con una imagen comparativa de un pie norma y uno con edema. Mientras que en la Figura 5.6 f) se aborda la neuropatía y la pérdida de sensibilidad, con una imagen de un pie con puntos marcados para una prueba de monofilamento. La Figura 5.6 g) muestra la octava y novena pregunta, que hacen referencia al área y profundidad de las heridas. Finalmente, en la Figura 5.6 h) se explican las etapas de cicatrización de una herida, describiendo las fases de epitelización, granulación e inflamatoria.



Figura 5.6. Captura de pantalla de información con preguntas en dispositivo 1.

a) Primera pregunta, explicación e imagen b) Segunda pregunta, con explicación e imagen. c) Tercera y cuarta pregunta, con explicación e imagen. d) Quinta pregunta, con explicación y extracto de la séptima. e) Sexta pregunta, con explicación e imagen. f) Séptima pregunta, con explicación e imagen. g) Octava y novena pregunta, con explicación. h) Decima pregunta, con explicación.

De igual manera, los resultados se presentan en una pequeña infografía que explica los posibles resultados y su advertencia con sus distintivos colores, como se observa en la Figura 5.7.

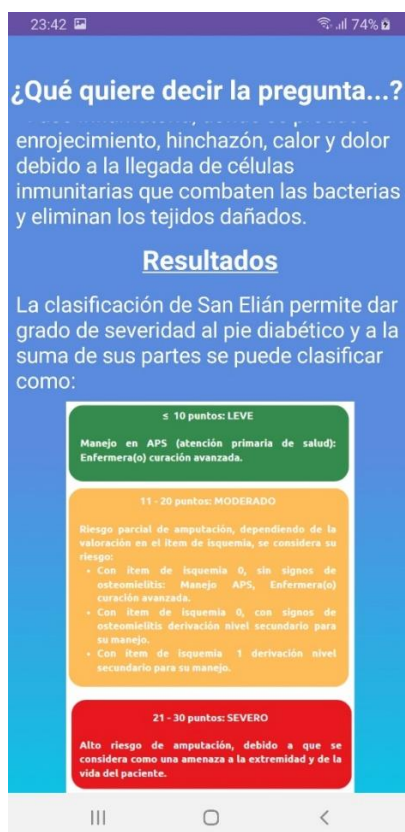


Figura 5.7. Captura de pantalla de sección información con resultados en dispositivo 1.

5.3. Resultados

Los resultados de estas demostraciones permitieron identificar fortalezas, debilidades y áreas de mejora en la aplicación, mediante la asignación la valoración: Cumple / No cumple, como se identifica en la Tabla 5.4. Esto permitió una evaluación sistemática y comparativa de la funcionalidad de la aplicación en diferentes dispositivos, facilitando la identificación de problemas específicos de plataforma y asegurando una experiencia consistente para los usuarios.

De la Tabla 5.4 se puede concluir que todos los dispositivos cumplen con las funcionalidades claves de la aplicación, tales como registro y acceso, navegación del menú, en el perfil del usuario, en el autoexamen, ChatBot, sección de información, usabilidad general, rendimiento y compatibilidad. Sin embargo, hay una discrepancia significativa en la funcionalidad de seguridad y privacidad, donde ninguno de los dispositivos cumple con los requisitos establecidos. Esto indica que, aunque la aplicación es funcional en la mayoría de los aspectos, necesita mejoras importantes en términos de seguridad y privacidad.

Tabla 5.4. Evaluación de las funcionalidades de la aplicación

Funcionalidad	Dispositivo 1	Dispositivo 2	Dispositivo 3	Dispositivo 4
1. Registro y acceso	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
2. Navegación del menú	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3. Perfil de usuario	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4. Autoexamen	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5. ChatBot	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6. Sección Información	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7. Usabilidad general	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8. Rendimiento	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
9. Compatibilidad	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10. Seguridad y privacidad	No Cumple	No Cumple	No Cumple	Cumple

5.4. Discusión

En general se puede destacar el diseño simple y claro de la aplicación, con un fondo azul claro en degradé y colores blancos como contraste. La evaluación muestra un desarrollo sólido en muchas áreas de la aplicación, principalmente en las funcionalidades básicas como el registro, acceso y el perfil del usuario. Notablemente, el autoexamen parece funcionar de manera constante, lo cual es crucial para una aplicación relacionada con la salud y autoayuda. Además, la sección de información parece estar bien desarrollada y presentada, lo que es vital tomando en consideración que es una aplicación también educativa.

La exactitud obtenida del entrenamiento fue un 70.4%, un resultado es aceptable pero no ideal. A pesar de ello, se lograron buenos resultados. El ChatBot demuestra un potencial significativo como herramienta interactiva y educativa dentro de la aplicación. A pesar de los desafíos iniciales, muestra prometedoras capacidades que con refinamiento, podrían convertirlo en un componente valioso de la aplicación. Sin embargo, los problemas de conexión en dispositivos reales y las inconsistencias en las respuestas sugieren que esta funcionalidad necesita un trabajo significativo adicional, lo que emerge como el punto más débil de la aplicación. Los problemas de conexión en dispositivos reales y las inconsistencias en las respuestas sugieren que esta funcionalidad necesita un trabajo significativo adicional. La solución temporal implementada para los problemas de conexión (permitir tráfico no

cifrado) es preocupante desde el punto de vista de la seguridad y no se considerará como una solución a largo plazo.



Capítulo 6. Conclusiones

6.1. Discusión

El presente informe se desarrolló una aplicación móvil que incorpora un ChatBot interactivo como herramienta informativa y educativa para pacientes con pie diabético. Este proyecto parte con la premisa de que a pesar de que existen pautas para prevenir y controlar síntomas del pie diabético, aún existe la necesidad de un control más regular y temprano para detectar complicaciones de manera precoz. El proyecto busca abordar este problema mediante el desarrollo de una aplicación educativa e informativa que incluye un ChatBot diseñado para brindar información y respuestas a dudas de los usuarios relacionadas con la afección del pie diabético. La idea es proporcionar a los usuarios una herramienta de apoyo efectiva para el control del síndrome pie diabético, mejorando así su calidad de vida y reduciendo el riesgo de complicaciones graves.

Uno de los aspectos a destacar del diseño es la navegación simple que la aplicación ofrece. Desde el inicio, se diseñó pensando en la facilidad de uso y su simplicidad, permitiendo que incluso usuarios con poca experiencia tecnológica puedan navegar por la aplicación sin problemas. La estructura del menú principal es clara y lógica, facilitando el acceso rápido a las funcionalidades, como el perfil, el autoexamen, el ChatBot y la pantalla de información. Asimismo, el aspecto visual también merece ser destacado. Se utilizó una paleta de colores cuidadosamente seleccionada, con un fondo azul degradado que le puede transmitir tranquilidad y confianza al usuario, acompañado de detalles en blanco que proporcionan un contraste interesante. Esta elección no solo es estética, sino que también cumple una función importante en la usabilidad, asegurando que los elementos importantes sean fácilmente accesibles y visibles.

Por otro lado, en cuanto a las funcionalidades que otorga la aplicación, el módulo de autoexamen demostró ser una herramienta valiosa. Durante las evaluaciones, se observó que este módulo opera de manera eficiente, guiando a los usuarios a través de la escala de San Elián. En relación a esto, la sección de la información también se puede destacar por proporcionar el contenido de manera organizada y ordenada, lo que refuerza el objetivo educativo de la aplicación.

Sin embargo, se identificaron áreas que requieren mejoras. El ChatBot, con potencial para ser una herramienta poderosa, mostró inconsistencias en sus respuestas en algunas situaciones. Además, se encontraron problemas de conectividad en dispositivos reales, lo que sugiere la necesidad de optimizaciones técnicas. La solución temporal de permitir tráfico no cifrado para resolver problemas de conexión no es ideal, ya que compromete la seguridad de la información del usuario. Por eso solo

se consideró como una configuración de prueba y no la solución final. Es muy importante que se desarrollen e implementan soluciones más seguras que garanticen la protección de los datos personales de los usuarios.

6.2. Conclusión

El desarrollo de la aplicación ha sido exitoso, logrando cumplir con todos los objetivos planteados de manera efectiva. Es posible considerar que se ha desarrollado un prototipo funcional que no solo cumple con los requerimientos básicos de usabilidad y funcionalidad, sino que también incorpora un ChatBot interactivo que funciona como una herramienta informativa y educativa para usuarios con pie diabético, facilitando su autocuidado y rehabilitación.

Sin embargo, la evaluación de la aplicación reveló la existencia de áreas claves que requieren mejoras significativas para que la aplicación sea viable y segura para el usuario. Aun así, la facilidad de navegación y la estética bien pensada son puntos fuertes que hacen que la aplicación sea accesible y atractiva para una amplia gama de usuarios. La sección de autoexamen y la de información cumplen eficazmente con sus objetivos, lo que subraya el valor educativo y preventivo de la aplicación.

El ChatBot desarrollado e implementado en la aplicación ha demostrado ser capaz de responder preguntas frecuentes respecto a la diabetes y al tratamiento del pie diabético de manera efectiva, cumpliendo con uno de los objetivos específicos. Aunque se identificaron áreas de mejora para potenciar su rendimiento, como la implementación de técnicas mas avanzadas de procesamiento de lenguaje natural como BERT, junto con sistemas de aprendizaje automático que permita una mejora continua basada en interacciones pasadas. Además, la optimización de la comunicación entre el ChatBot y el servidor para asegurar respuestas más precisas y útiles.

Por último, la expansión de la base de datos de la aplicación y la actualización continua de la información disponible podrían ser cruciales para mantener la relevancia y eficacia de la aplicación a largo plazo. En conclusión, aunque el proyecto ha demostrado un gran potencial y se han alcanzado los objetivos descritos para este proyecto, se debe recorrer un camino considerable para convertir este prototipo en una aplicación completamente funcional, segura y lista para el uso de un usuario con estos requerimientos.

6.3. Trabajos futuros

Como trabajo a futuro se propone la optimización en la interfaz del usuario, ya que se identificaron diversas áreas susceptibles a mejoras. Aunque la interfaz del usuario se considera

atractiva, aún se requiere de componentes adicionales que pueden incrementar la interactividad con el usuario. En el perfil, quizás agregar más opciones para la personalización de este, como la opción de editar la información personal, con el sexo del usuario, la edad, comorbilidades secundarias, entre otros. Además, de agregar funciones como editar las notas y poder enviar el historial por correo electrónico. Adicionalmente, se estima que la función de almacenamiento del historial del autoexamen sería beneficioso para el seguimiento del avance y el comportamiento de la enfermedad.

En lo que concierne al ChatBot, cabe señalar que cumple con los objetivos establecidos. Sin embargo, se aconseja explorar otros métodos de aprendizaje automático para mejorar la exactitud, dado que se infiere que el proceso de aprendizaje actual no es el óptimo. Esto no implica necesariamente un mal funcionamiento del ChatBot, ya que responde adecuadamente cuando las preguntas se formulan correctamente, sino más bien una optimización a lo realizado.

Como prototipo, el sistema demuestra ser funcional y satisfactorio. La interfaz resulta agradable, aunque se propone la inclusión de marcas de fecha y hora en los mensajes, así como la opción de archivar las conversaciones para poder ver el historial. Se debe ampliar la base de datos utilizada, incorporando un mayor número de intenciones e información adicional, lo cual contribuiría a un aprendizaje más eficaz. Por último, se considera la implementación de mejoras en materia de seguridad y la exploración de alternativas son necesarias, ya que garantizan un funcionamiento continuo sin requerir la intervención de la terminal del ordenador del usuario, ni su exposición.

Glosario

API	: Interfaz de programación de aplicaciones
CLN	: Comprensión del lenguaje natural
CNN	: Redes neuronales convolucionales
IA	: Inteligencia artificial
IDE	: Entorno de desarrollo integrado
LSTM	: Memoria corto-largo plazo
MINSAL	: Ministerio de Salud
MVVM	: Model-View-ViewModel
NLP	: Procesamiento del lenguaje natural
NLG	: Generación de lenguaje natural
RNN	: Redes neuronales recurrentes
UDP	: Úlcera del pie diabético



Referencias

- [1] Ministerio de Salud, «Informe Encuesta Nacional de Salud 2016-2017: Diabetes Mellitus,» Santiago de Chile , 2018.
- [2] Federación Internacional de Diabetes, «Atlas de la Diabetes de la DID,» 2019.
- [3] Ojeda, E.M Carolina Neira. Ministerio de Salud, «Informe de la situación de la amputación de extremidades inferiores por diabetes en Chile,» Mnisterio de Salud, 2022.
- [4] Ministerio de Salud, «Orientación Técnica Manejo Integral del Pie Diabético,» Santiago de Chile, 2018.
- [5] MedlinePlus, «Pie diabético,» 9 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://medlineplus.gov/spanish/diabeticfoot.html>. [Último acceso: 22 Septiembre 2023].
- [6] National Institute for Health and Care excellence , «Diabetic foot problems: prevention and management,» 2015.
- [7] N. Pereira, H. P. Suh y J. P. Hong, «Úlceras del pie diabético: importancia del manejo multidisciplinario y salvataje microquirúrgico de la extremidad,» 2018.
- [8] Sociedad Chilena de Endocrinología y Diabetes, «Cuidados del PIE en personas con Diabetes Mellitus,» [En línea]. Available: <https://soched.cl/new/cuidados-del-pie-en-personas-con-diabetes-mellitus/>. [Último acceso: 22 Septiembre 2023].
- [9] Sociedad Venezolana de Endocrinología y Metabolismo, «Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo,» vol. 21, nº 1, p. 62, 2023.
- [10] Centro Universitario de Oriente Instituto de Investigación , «Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI,» *Clasificación de San Elián y su uso para establecer severidad en úlceras en pie diabético*, vol. 7, nº 2, p. 242, 2023.
- [11] IBM, «¿Qué es la inteligencia artificial (IA)?,» [En línea]. Available: <https://ibm.com/mx-es/topics/artificial-intelligence>. [Último acceso: 22 Abril 2024].
- [12] IBM, «El modelo de redes neuronales,» 17 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/saas?topic=networks-neural-model>. [Último acceso: 22 Abril 2024].
- [13] E. C. Fernández, «Tipos de Deep Learning: una guía completa,» Tokio New Technology School, 13 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://www.tokioschool.com/noticias/tipos-deep-learning/>. [Último acceso: 24 Abril 2024].
- [14] Inesdi Business Techschool, «¿Qué son las redes neuronales? Tipos y funciones,» 28 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.inesdi.com/blog/que-son-las-redes-neuronales/>. [Último acceso: 24 Abril 2024].
- [15] IBM, «¿Qué son las redes neuronales recurrentes?,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/topics/recurrent-neural-networks>. [Último acceso: 24 Abril 2024].
- [16] IBM, «¿Qué es el procesamiento del lenguaje natural (PLN)?,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/natural-language-processing>. [Último acceso: 26 Abril 2024].
- [17] Instituto de ingeniería del conocimiento , «Procesamiento del lenguaje natural ¿qué es?,» [En línea]. Available: <https://www.iic.uam.es/inteligencia/que-es-procesamiento-del-lenguaje-natural/>. [Último acceso: 26 Abril 2024].

- [18] Oracle Corporation, «¿Qué es un chatbot?,» [En línea]. Available: <https://www.oracle.com/cl/chatbots/what-is-a-chatbot/>. [Último acceso: 13 Noviembre 2023].
- [19] IBM, «¿Qué es un chatbot?,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/topics/chatbots>. [Último acceso: 11 Noviembre 2023].
- [20] M. McTear, «Conversational modeling for ChatBots: current approaches and future directions,» Universidad de Ulster, 2018.
- [21] B. Rodriguez, «Lo que debes saber de la tecnología de los chatbots para implementarlo en tu empresa,» 17 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.djcs.com.ve/blog/2011-lo-que-debes-saber-de-la-tecnologia-de-los-chatbots>. [Último acceso: 10 Noviembre 2023].
- [22] Aunoa, «Arquitectura de un sistema de IA conversacional,» 17 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://aunoa.ai/blog/arquitectura-de-un-sistema-de-ia-conversacional/>. [Último acceso: 14 Noviembre 2023].
- [23] P. Cornejo, «Arquitectura de un Chatbot,» 3 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://medium.com/@patcornejo/arquitectura-de-un-chatbot-cb2d1c5f86c7>. [Último acceso: 14 Noviembre 2023].
- [24] E. Adamopoulou y L. Moussiades, «An Overview of Chatbot Technology,» International Hellenic University, Kavala, Greece, 2020.
- [25] Y. He, L. Yang, X. Zhu, B. Wu, S. Zhang, C. Qian y T. Tian, «Mental Health Chatbot for Young Adults With Depressive Symptoms During the COVID-19 Pandemic: Single-Blind, Three-Arm Randomized Controlled Trial,» 2022.
- [26] F. Alloatti, A. Bosca, L. Di Caro y F. Pieraccini, «Diabetes and conversational agents: the AIDA project case study,» 2021.
- [27] S. Sharma, S. Pajai, R. Prasad, M. B. Wanjari, P. K. Munjewar, R. Sharma y A. Pathade, «A Critical Review of ChatGPT as a Potential Substitute for Diabetes Educators,» 2023.
- [28] Medium, «Requerimientos Funcionales y No Funcionales, ejemplos y tips,» 20 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://medium.com/@requeridosblog/requerimientos-funcionales-y-no-funcionales-ejemplos-y-tips-aa31cb59b22a>. [Último acceso: 22 6 2024].
- [29] Google, «Cómo instalar Android Studio,» 2 Mayo 2023. [En línea]. Available: <https://developer.android.com/studio/install?hl=es-419>. [Último acceso: 6 Noviembre 2023].
- [30] C. Ortega, «Questionpro,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/escala-ordinal/>. [Último acceso: 8 Agosto 2024].
- [31] Developers, «Compose modifiers,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/develop/ui/compose/modifiers?hl=es-419>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [32] Jetpack Compose Playground, «Box,» 27 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://foso.github.io/Jetpack-Compose-Playground/layout/box/>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [33] Developers, «Compose layout basics,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/develop/ui/compose/layouts/basics>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [34] Jetpack Compose Playground, «Column,» 7 Septiembre 2022. [En línea]. Available: <https://foso.github.io/Jetpack-Compose-Playground/layout/column/>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].

- [35] Developers, «Kotlin coroutines on Android,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/kotlin/coroutines>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [36] Developers, «Accessing data using Room DAOs,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/training/data-storage/room/accessing-data>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [37] Developers, «DataStore,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/jetpack/androidx/releases/datastore>. [Último acceso: 13 Agosto 2024].
- [38] Developers, «Dependency injection with Hilt,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/training/dependency-injection/hilt-android>. [Último acceso: 13 Agosto 2024].
- [39] Developers, «Lists and grids,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/develop/ui/compose/lists>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [40] Jetpack Compose Playground, «LazyColumn,» 27 Julio 2022. [En línea]. Available: <https://foso.github.io/Jetpack-Compose-Playground/foundation/lazycolumn/>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [41] Developers, «State and Jetpack Compose,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/develop/ui/compose/state>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [42] Developers, «NavController,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/reference/androidx/navigation/NavController>. [Último acceso: 13 Agosto 2024].
- [43] Developers, «NavHost,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/reference/androidx/navigation/NavHost>. [Último acceso: 13 Agosto 2024].
- [44] Developers, «Navigation,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/jetpack/androidx/releases/navigation>. [Último acceso: 13 Agosto 2024].
- [45] Developers, «Room,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/jetpack/androidx/releases/room>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [46] Developers, «Use Kotlin coroutines with lifecycle-aware components,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/coroutines>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [47] Kotlin, «Sealed classes and interfaces,» 11 Abril 2024. [En línea]. Available: <https://kotlinlang.org/docs/sealed-classes.html>. [Último acceso: 12 Agosto 2024].
- [48] Developers, «ViewModel overview,» [En línea]. Available: <https://developer.android.com/topic/libraries/architecture/viewmodel>. [Último acceso: 13 Agosto 2024].

Anexo A. Escala de San Elián por el Ministerio de Salud de Chile

ESCALA DE SAN ELIÁN PARA DETERMINAR SEVERIDAD Y CLASIFICACIÓN DE LA HERIDA EN PIE DIABÉTICO

1 punto	2 puntos	3 puntos
1. Localización de la herida primaria		
☐ Falanges 	☐ Metatarsal 	☐ Tarsal 
2. Localización topográfica		
☐ Dorsal o plantar	☐ Lateral o medial	☐ Dos o más
3. Número de zonas afectadas (ver 1)		
☐ Una	☐ Dos	☐ Tres
4. Isquemia (0 puntos: Sin isquemia, sin signos ni síntomas, pulsos pedio y/o tibial posterior (TP) palpables, o ITB 0.90-1.2)		
☐ Pulsos palpables, levemente disminuidos o ITB 0.89-0.7* o IDB 0.74-0.6**	☐ Pulsos débiles, poco palpables o ITB 0.69-0.5* o IDB 0.59-0.3**	☐ Sin pulsos palpables o ITB <0.5* o IDB <0.3**
5. Infección (0 puntos: sin signos de infección)		
☐ Eritema <2 cm, descarga purulenta, caliente, doloroso	☐ Eritema >2 cm, infección en músculo, tendón, articulaciones o hueso	☐ SIRS***, hiperglicemia o hipoglicemia secundaria
6. Edema (0 puntos: sin edema)		
☐ Alrededor de la herida	☐ Un pie o una pierna	☐ Bilateral, secundaria a comorbilidades
7. Neuropatía (0 puntos: sin neuropatía)		
☐ Sensibilidad protectora disminuida a monofilamento o diapasón de 128 Hz	☐ Sensibilidad protectora ausente a monofilamento o diapasón de 128 Hz	☐ Pie de Charcot o Neurosteoartropatía diabética
8. Área		
☐ Pequeña (<10 cm ²)	☐ Mediana (10-40 cm ²)	☐ Grande (>40 cm ²)
9. Profundidad		
☐ Superficial (piel)	☐ Tendones, fascia, músculos	☐ Articular, huesos
10. Etapa de Cicatrización		
☐ Epitelización	☐ Granulotoria	☐ Inflamatoria
Suma de los puntos		
	+	
+		
		
TÓTAL PUNTAJE =		
≤ 10 puntos	→ Leve:	Bajo riesgo de amputación. Manejo en APS - Enfermería(o) Curación Avanzada.
11-20 puntos	→ Moderado:	Riesgo parcial de amputación menor al 30%. Con ítem de Isquemia 0, sin signos de osteomielitis: Manejo APS, Enfermería(o) Curación Avanzada. Con ítem de Isquemia 0, con signos de osteomielitis derivación nivel 2rto para su manejo. Con ítem de Isquemia ≤ 1 derivación nivel 2rto para su manejo.
21-30 puntos	→ Severo:	Alto riesgo de amputación, amenaza de la extremidad y la vida. Derivación Inmediata a servicio de urgencia (evaluación por cirujano).

*ITB: Índice tobillo-brazo, medido por doppler | **IDB: Índice, con dedo se refiere al hallux, medido por doppler
***SIRS: Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica

Score de San Elián, traducido desde International Diabetes Federation.
Adaptado por: Dr. Francisco Salvador Sagüés, Profesor FACHD, universidad de Antioquia. Reproducción autorizada por Dr. Fermín Martínez-De Jesús, Director del Centro San Elián para la Prevención y Salvamento del Pie Diabético, Asociación Mexicana de Pie Diabético, AMPD.

Anexo B. Componentes mencionados de Android Studio

Componentes	funcionalidad
Box	Contenedor de diseño que permite apilar los elementos. Se utiliza para crear layouts en los que los elementos se superponen o para centrar un solo elemento dentro del contenedor [31] [32].
Column	Contenedor de diseño que organiza los elementos en vertical, uno debajo del otro, en el orden que se declaran [33] [34].
Coroutine	Forma de realizar operaciones asíncronas de manera más simple y estructurada. Permite ejecutar un código de forma concurrente sin bloquear el hilo principal [35].
Dao	Data Access object o Dao es una interfaz que define métodos para interactuar con a base de datos. Se declaran las consultas SQL y operaciones de inserción, actualización y eliminación [36].
DataStore	Componente que almacena datos pequeños y simples de manera más segura y eficiente [37].
Hilt	Framework de inyección de dependencias que simplifica la creación e inyección de dependencias en la aplicación [38].
LazyColumn	Componente que se utiliza para mostrar listas grandes de elementos de manera eficiente. Carga y renderiza solo elementos visibles [39] [40].
MutableStateOf	Función de Jetpack Compose que se utiliza para crear un estado mutable que puede ser observado por la UI. Cuando el valor de este estado cambia, a UI se vuelve a componer automáticamente para reflejar los cambios [41].
NavController	Objeto que se encarga de gestionar la navegación dentro de una aplicación, junto con “NavHost”. Facilita el desplazamiento entre diferentes destinos y gestiona la pila backstack [42].

NavHost	Contenedor que define el área dentro del cual se cargan los destino de navegación. Se asocia con “NavController” y actúa como el punto de entrada para la navegación de la aplicación [43].
Navigation	Framework para navegar entre destinos, que proporciona una API coherente, independiente si los destinos se implementan como activities u otros componente [44].
Remember	Almacena objetos en la composición y los olvida cuando se vuelve a componer la UI. Se utiliza para almacenar objetos que no deberían recrearse en cada recomposición [41].
Room	Biblioteca que facilita la creación y acceso a bases de datos SQL. Ofrece una capa de abstracción sobre SQL, proporcionando un marco robusto para manejar bases de datos locales [45].
Scope	Define el contexto en el que se ejecutan la coroutines. Es responsable de gestionar la vida útil de las coroutines y para cancelar todas las coroutines que inicie si es necesario [46].
Sealed class	Clase que restringe la creación de subclases. Solo puede tener un número limitado de subclases en el mismo archivo, lo que la hace ideal para representar tipos jerárquicos finitos [47].
ViewModel	Componente que se utiliza para almacenar y gestionar datos relacionados con la UI de una manera que sobrevive a los cambios de configuración. Ayuda a separar la lógica de negocio de la UI y mantiene el estado de la aplicación de manera más robusta [48].

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION – FACULTAD DE INGENIERIA

RESUMEN DE MEMORIA DE TITULO

Departamento : Departamento de Ingeniería Eléctrica
Carrera : Ingeniería Civil Biomédica
Nombre del memorista : Alexandra Montserrat Jego Villablanca
Título de la memoria : “Desarrollo de una aplicación móvil con ChatBot para el apoyo al automanejo de pacientes con pie diabético”
Fecha de la presentación oral : 24 de septiembre, 2024

Profesor(as) Guía : Rosa Figueroa Iturrieta, María Elena Lagos Garrido
Profesor(es) Revisor(es) : Esteban Pino Quiroga
Concepto :
Calificación :

Resumen

En el presente informe se aborda el desarrollo de una aplicación móvil diseñada para asistir en el automanejo de pacientes con pie diabético y sus complicaciones asociadas, que requiere un seguimiento continuo y riguroso. La aplicación desarrollada en el entorno integrado Android Studio, y donde se incluyen varias funcionalidades claves como la capacidad de realizar un autoexamen basado en la escala de San Elián, mantener un perfil de usuario detallado y utilizar un ChatBot para obtener asistencia e información en el autocuidado. El proyecto abordó tanto los requerimientos funcionales, como la operatividad de las características ofrecidas, y lo requerimientos no funcionales, como la seguridad y la compatibilidad con diversos dispositivos.

Para comprobar el cumplimiento de las funcionalidades previstas, la aplicación se testeó tanto en el emulador virtual de Android Studio, como en 3 dispositivos físicos para asegurar su compatibilidad. Estas pruebas permitieron identificar varias fortalezas de la aplicación, así como áreas que requieren mejoras. Se observaron desafíos relacionados con la implementación del ChatBot y con la seguridad de la comunicación entre el servidor y la aplicación.

El resultado es una herramienta integral que brinda información y acompañamiento constante para el seguimiento de las complicaciones generadas por la diabetes y el pie diabético, motivando al usuario a mantenerse diligente en su seguimiento de su tratamiento y recordando prácticas de cuidado diarias.