

**DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN ANDROID PARA DETECTAR EMOCIONES HUMANAS**

**Autor**: Lester Enrique Pérez Carballedo

**Tutores**: Dr. Roberto Vicente Rodríguez

**Departamento Computación**

**Licenciatura en Ciencia de la Computación**

**DEVELOPMENT OF AN ANDROID APPLICATION FOR HUMAN EMOTION DETECTION**

**DIPLOMA THESIS**

**Author**: Lester Enrique Pérez Carballedo

**Advisors**: Dr. Roberto Vicente Rodríguez

**Departamento Computación**

**Licenciatura en Ciencia de la Computación**

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

**Atribución- No Comercial- Compartir Igual**



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-14190



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ciencia de la Computación, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la autorización de la Universidad.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del tutor Firma del tutor Firma del jefe del Dpto

**AGRADECIMIENTOS**:

**RESUMEN:**

En el presente trabajo se desarrolla una aplicación Android para la detección de emociones. Utilizando las bibliotecas desarrolladas en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, el proyecto logra integrar un modelo de red neuronal convolucional profunda para analizar el habla humana y rasgos faciales mediante fotos y audios. La elección de tecnologías como Kotlin, Retrofit y Jetpack Compose garantiza una comunicación eficiente con la API y una interfaz de usuario intuitiva.

El proyecto abarca desde la captación y clasificación de emociones hasta la gestión de datos con herramientas avanzadas, siguiendo principios arquitectónicos como MVVM, SOLID y Clean Architecture. Se realiza una evaluación meticulosa del impacto y rendimiento de la aplicación en diversos contextos, confirmando su fiabilidad y precisión en la identificación de emociones.

Se evaluó el desempeño de la aplicación Android diseñada para la detección de emociones en la comunicación oral y en fotos de rostros, utilizando dos conjuntos de datos con trasfondos culturales distintos. Los resultados obtenidos estuvieron en línea con las expectativas y consistentes con los hallazgos reportados en la literatura relevante. Esta evaluación validó la efectividad y la precisión de la aplicación en diversos contextos culturales, reforzando su utilidad y relevancia en el ámbito médico para el análisis y comprensión de las emociones expresadas.

**Palabras Clave:** Aplicación Android, Detección de Emociones, Red Neuronal Convolucional, Kotlin, Retrofit, Jetpack Compose, MVVM, SOLID, Clean Architecture.

**ABSTRACT:**

In this work, an Android application for emotion detection is developed. Using libraries developed at the Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, the project successfully integrates a deep convolutional neural network model to analyze human speech and facial features using photos and audio. The choice of technologies such as Kotlin, Retrofit, and Jetpack Compose ensures efficient communication with the API and an intuitive user interface.

The project encompasses the capture and classification of emotions to data management using advanced tools, following architectural principles such as MVVM, SOLID, and Clean Architecture. A meticulous evaluation of the application's impact and performance in various contexts, confirming its reliability and precision in emotion identification.

The performance of the Android application designed for the detection of emotions in oral communication and in photos of faces was evaluated using two datasets with different cultural backgrounds. The results obtained were in line with expectations and consistent with findings reported in relevant literature. This evaluation validated the effectiveness and accuracy of the application in various cultural contexts, reinforcing its usefulness and relevance in the medical field for the analysis and understanding of emotions expressed.

**Keywords:** Android Application, Emotion Detection, Convolutional Neural Network, Kotlin, Retrofit, Jetpack Compose, MVVM, SOLID, Clean Architecture.

Tabla de contenido

**FIGURAS:**

# **INTRODUCCIÓN:**

En la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) se han desarrollado tecnologías para la determinación de emociones reflejadas en discurso oral y en el rostro humano (Díaz, 2022). Los resultados alcanzados con estos desarrollos han sido satisfactorios con un acierto, en la clasificación adecuada de casos positivos, de más del 75%. Este avance representa un hito significativo, ya que el reconocimiento multimodal de emociones abre nuevas dimensiones en el campo de la inteligencia artificial y la computación afectiva. Utilizando la técnica de redes neuronales convolucionales, estas bibliotecas han sido capaces de procesar y analizar patrones complejos en el habla y de fotos del rostro humano, permitiendo una interpretación más profunda y precisa de los estados emocionales.

A partir de los algoritmos desarrollados para el reconocimiento de emociones humanas reflejadas tanto en el rostro como en la voz, surge la necesidad de desarrollar una aplicación que permita su utilización por profesionales de diferentes disciplinas del conocimiento.

Aunque la inteligencia artificial (IA) para el reconocimiento multimodal de emociones no es un componente directo de esta aplicación, es importante entender que la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) que se utilizará estará fundamentada en algoritmos de aprendizaje automático. Estos algoritmos son capaces de analizar patrones complejos en datos de imágenes y sonido para realizar inferencias acerca del estado emocional del hablante, lo que añade una capa de sofisticación y precisión al sistema.

Partiendo de las consideraciones anteriores se presenta el siguiente **problema de investigación**.

¿Cómo facilitar el uso de las bibliotecas de clasificación de emociones humanas desarrolladas en la UCLV, por medio de una aplicación Android, que facilite la captación, clasificación, y recuperación de los estados emocionales de una persona reflejados en su discurso oral y en su rostro?

Partiendo del problema descrito se pueden formular las siguientes preguntas de investigación

**Preguntas de Investigación:**

1. ¿Qué metodologías y tecnologías emergentes podrían utilizarse para desarrollar una aplicación Android eficaz que interactúe con una API de detección de emociones?
2. ¿Cuáles consideraciones se deben tomar en cuenta en el diseño e implementación de esta aplicación?
3. ¿Cómo evaluar la efectividad de la aplicación desarrollada?

**Objetivo General:**

Desarrollar una aplicación Android que actúe como cliente de una API basada en el trabajo de reconocimiento emocional realizado en la UCLV.

**Objetivos Específicos:**

1. Identificar las tecnologías y enfoques más relevantes para el desarrollo de aplicaciones Android que interactúen con API intermediarias para el reconocimiento de emociones humanas.
2. Diseñar la aplicación Android que permita la captación de imágenes del rostro humano y de la voz, a partir de la misma, determinar el estado emocional que estas expresan.
3. Implementar y validar la aplicación diseñada.

La implementación de esta aplicación representa no solo un salto tecnológico sino también un avance significativo en la calidad de vida de los usuarios. La capacidad de detectar emociones en tiempo real se traduce en una herramienta invaluable en un amplio espectro de aplicaciones prácticas. Los beneficios se extienden a profesionales en campos como la psicología y la atención al cliente, donde la detección temprana y precisa de las emociones puede facilitar intervenciones más oportunas y efectivas, optimizando así el uso de tiempo y recursos. (Chamishka *et al.*, 2022)

La inversión en una aplicación de reconocimiento emocional a través de la voz y el rostro es relevante en el contexto médico de Cuba, prometiendo beneficios sociosanitarios y económicos. A nivel individual, facilitaría la detección temprana de estados emocionales indicativos de condiciones médicas, mejorando la calidad de vida de los pacientes. A nivel sectorial, podría optimizar la comunicación entre el personal médico y los pacientes, y agilizar los procesos de evaluación, liberando tiempo valioso para los profesionales. Económicamente, la eficiencia mejorada puede contribuir a una distribución más efectiva de los recursos sanitarios en un entorno de recursos limitados. A largo plazo, esta inversión podría modernizar el sistema sanitario cubano, estimulando la innovación y la inversión en el sector de la salud de Cuba, con un impacto económico positivo.

Este trabajo de diploma está estructurado de la siguiente manera:

Un primer capítulo donde se realiza un análisis exhaustivo de las tecnologías y estrategias actuales en el campo del reconocimiento de rostro, voz y detección de emociones. Se evaluarán sus pros y contras para seleccionar las tecnologías más adecuadas para la implementación.

Un segundo capítulo dedicado a la arquitectura y diseño de la aplicación Android, cubriendo aspectos desde la interfaz de usuario hasta la transmisión segura de datos usando la API antes mencionada.

Un tercer capítulo donde se describen los métodos de validación y pruebas realizadas para evaluar la eficacia y precisión de la aplicación en la detección de emociones.

Finalmente, un capítulo de conclusiones donde se resume el impacto potencial de la aplicación, las lecciones aprendidas durante su desarrollo y las posibles direcciones para futuras investigaciones y mejoras.

# **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS DE UNA APLICACIÓN ANDROID PARA INTERACTUAR CON UNA API DE ANÁLISIS DE EMOCIONES EN EL HABLA** **Y EL ROSTRO**

En este capítulo se describen los principales conceptos, métodos, tecnologías y aplicaciones existentes en la actualidad, relacionados con la solución del problema de investigación planteado.

## **1.1 Reconocimiento de emociones**

El ser humano ha observado cómo detectar las emociones desde la antigüedad. Para ello se han utilizado diversos métodos, siendo uno de los más habituales la observación de expresiones faciales, comportamiento de la voz y movimientos corporales. Tanto la voz como el rostro son fundamentales en la comunicación humana; además de contener información sobre el mensaje que se desea transmitir, ambos contienen información sobre las emociones y estados fisiológicos del hablante. Consecuentemente, se han estudiado los mecanismos de producción de voz y las expresiones faciales humanas, creando sistemas capaces de simular y reconocer estas señales electrónicamente.

La voz no es otra cosa que un sonido y como tal está compuesto por una serie de componentes o elementos variables (Lindblom and Sundberg, 2014), entre los cuales, según la literatura, se definen como principales:

**Intensidad**: Es equivalente al volumen. El aire al salir de los pulmones golpea la glotis y produce vibraciones. Cuanto más amplias sean, mayor será, una conversación normal ronda alrededor de los 50 dB. Tiene efectos en el oyente porque transmite emociones. Un volumen de voz alto se asocia a la agresividad, nerviosismo, tensión y lejanía. Al contrario, un volumen bajo puede sugerir depresión, cansancio y proximidad.

**Tono**: Está relacionado con la cantidad de vibraciones que posee una onda de sonido. A mayor número más aguda será la voz. Estas vibraciones se producen en el ser humano en la laringe y se miden en Hertzios o Hertz (Hz). Las voces masculinas oscilan entre los 75Hz y los 200Hz. Las femeninas entre los 150 Hz y los 300Hz.

**Timbre**: Es lo que permite que distingamos entre dos sonidos de igual intensidad y tono. El aire que sale de los pulmones recorre y choca con la laringe, labios, dientes y lengua; tiene peculiaridades únicas dependiendo de la morfología de cada persona. Esta característica es la identidad de cualquier voz. Aporta mucha información real o imaginaria sobre la edad, la apariencia física e incluso una especie de retrato de la personalidad del hablante.

El rostro, por su parte, es una fuente rica de información emocional. Las expresiones faciales se componen de movimientos de músculos específicos que pueden ser interpretados para identificar emociones. Las expresiones faciales básicas incluyen alegría, tristeza, miedo, sorpresa, disgusto y enojo. Estas expresiones son universales y pueden ser reconocidas a través de diferentes culturas (Ekman and Friesen, 1978).

En la medicina, la detección de emociones a través del reconocimiento de voz y rostro tiene una importancia crucial y diversa. La capacidad de identificar automáticamente emociones permite la creación de centros de salud inteligentes capaces de detectar trastornos como la depresión y el estrés en pacientes, facilitando el inicio temprano de tratamientos (Dhuheir *et al.*, 2021). Esta detección temprana es esencial para intervenciones más efectivas y una mejor gestión de la salud mental. Además, los sistemas de reconocimiento de emociones pueden mejorar la comunicación entre médicos y pacientes. Al comprender mejor las emociones del paciente a través de su tono, forma de hablar y expresiones faciales, los profesionales de la salud pueden adaptar su enfoque y comunicación de manera más efectiva, fortaleciendo la relación terapéutica (Hashem, Arif and Alghamdi, 2023).

Más allá de la medicina, el reconocimiento de emociones tiene aplicaciones en diversos campos, incluyendo, la educación, la interacción humano-robot y la investigación de mercado (Khare *et al.*, 2024). En la educación, puede ayudar a los profesores a entender mejor el estado emocional de sus estudiantes, permitiendo una enseñanza más personalizada y efectiva. En el ámbito empresarial, puede mejorar la experiencia del cliente al adaptar las interacciones según las emociones detectadas, aumentando la satisfacción y lealtad del cliente. En la seguridad, puede ser utilizado para identificar comportamientos sospechosos o peligrosos en tiempo real, mejorando la vigilancia y prevención de incidentes.

El reconocimiento de emociones también juega un papel importante en la interacción humano-robot, permitiendo que los robots respondan de manera más natural y empática a los humanos. En la investigación de mercado, puede proporcionar insights valiosos sobre las reacciones emocionales de los consumidores a productos y campañas publicitarias, ayudando a las empresas a ajustar sus estrategias de marketing.

La capacidad de detectar el estado psicológico de una persona a través del reconocimiento de emociones puede mejorar tanto la eficiencia como la experiencia en diferentes contextos, ajustando tratamientos, estrategias educativas y comerciales basándose en el estado emocional del individuo para resultados más personalizados y efectivos.

El reconocimiento de emociones a través de la voz y el rostro permite una detección más precisa y completa de los estados emocionales de las personas. La combinación de señales vocales y faciales proporciona una visión más holística del estado emocional, lo que es crucial para el diagnóstico y tratamiento en la medicina, así como para la personalización de la enseñanza y la mejora de la experiencia del cliente. Por ejemplo, las expresiones faciales pueden revelar emociones que no se manifiestan claramente en la voz, y viceversa.

En conjunto, estas aplicaciones del reconocimiento de voz y rostro en la detección de emociones en la medicina abren nuevas posibilidades para el tratamiento y el cuidado personalizado. Los avances en el reconocimiento de emociones en el habla y el rostro, incluyendo el uso de modelos de aprendizaje profundo y nuevas características acústicas, temporales y faciales, están impulsando el progreso continuo de la tecnología en múltiples sectores. Esto contribuye a mantener y mejorar la salud pública, la calidad educativa y la satisfacción del cliente, destacando la relevancia de este campo en el mejoramiento de la eficiencia y la calidad de la atención y los servicios (Singh, Saheer and Faust, 2023).

La capacidad de identificar automáticamente las emociones a través de múltiples canales de comunicación mejora la interacción entre médicos y pacientes, profesores y estudiantes, y empresas y clientes, facilitando una atención más empática y efectiva. Además, estos avances tecnológicos permiten el desarrollo de sistemas inteligentes que pueden monitorear continuamente el estado emocional de las personas, proporcionando alertas tempranas y recomendaciones personalizadas para el manejo de la salud mental, el aprendizaje y la satisfacción del cliente.

Definir el concepto de emoción es complejo. Hay dos teorías ampliamente aceptadas en los estudios de la emoción: La Teoría Básica de la emoción y la Teoría Dimensional de la emoción. Estas teorías difieren en el hecho de considerar la emoción como una entidad discreta o bien como representación de una combinación dimensional.

La teoría básica de la emoción propone que el ser humano tiene un número limitado de emociones que son psicológica y biológicamente “básicas”. No hay consenso respecto al número de emociones básicas. Paul Ekman propuso seis emociones básicas: miedo, enfado, alegría, tristeza, asco y sorpresa (Ekman and Davidson, 1994); mientras que Robert Plutchik propuso ocho emociones primarias: enfado, miedo, tristeza, asco, sorpresa, anticipación, confianza y alegría (Alabau, 2021)

La teoría dimensional de la emoción propone que las emociones se definen por dimensiones diferentes cuyos ejes permiten representar y ubicar una emoción. Como sucede en la teoría de emociones básicas no hay un consenso en la definición de estos ejes. Una primera propuesta organiza las emociones en tres dimensiones: agradables-desagradables, tensión-relajación, excitación-calma (*Modelo dimensional de las emociones | Manual de PSICOLOGÍA COGNITIVA*, 2024). Mientras que James A. Rusell (1980) propuso un modelo bidimensional llamado el circumplex y propuso que todas las emociones solamente necesitaban los ejes agradables-desagradables, activos-desactivados (Ricardo, 2020).

## **1.2 Aplicaciones para la detección de emociones mediante el habla y el rostro**

En el empeño de diseñar una aplicación Android destinada a detectar emociones a través del reconocimiento de voz y expresiones faciales, varias aplicaciones y tecnologías existentes pueden servir como una base informativa. Utilizando una API externa para facilitar el reconocimiento de voz y rostro, la aplicación prevista tiene la intención de actuar como una herramienta evaluativa y de monitoreo, permitiendo un análisis en tiempo real de las expresiones emocionales de las personas a través de sus voces y rostros. El diseño estructural y funcional de la aplicación debe garantizar interacciones eficientes y seguras, mientras proporciona una evaluación precisa y en tiempo real del estado emocional de los usuarios.

Varias aplicaciones se han aventurado en el dominio de la detección de emociones a través del reconocimiento de voz y rostro:

1. **Affectiva**: Esta aplicación utiliza inteligencia artificial para analizar expresiones faciales y tonos de voz, permitiendo a las empresas comprender mejor las emociones de sus clientes. Affectiva se utiliza en la investigación de mercados y en la industria automotriz para mejorar la experiencia del usuario (*Affectiva and Emotion AI*, 2024).
2. **Beyond Verbal**: Esta plataforma se centra en el análisis de la voz para detectar emociones. Utiliza algoritmos avanzados para interpretar el tono, el ritmo y el volumen de la voz, proporcionando información sobre el estado emocional de una persona. Es utilizada en áreas como la atención al cliente y la salud (Aguirre, 2013).
3. **Kairos**: Kairos es una aplicación que combina el reconocimiento facial con el análisis de emociones. Utiliza algoritmos de aprendizaje profundo para identificar rostros y analizar expresiones faciales, permitiendo a las organizaciones integrar estas capacidades a través de su API en la nube (https://www.emergenresearch.com, 2023).
4. **Emotient**: Adquirida por Apple, esta aplicación utiliza el reconocimiento facial para analizar las emociones de las personas. Emotient se ha utilizado en estudios de mercado y en la investigación de la experiencia del usuario (RedacciónRPP, 2016).
5. **Realeyes**: es una plataforma líder en inteligencia artificial que comprende el comportamiento humano. Utiliza cámaras web para entender la identidad, la atención y las emociones de los usuarios que optan por participar, con el objetivo de mejorar las experiencias digitales y hacerlas más humanas. Más de 200 clientes utilizan Realeyes para mejorar la efectividad de la publicidad, minimizar el fraude de identidad, mejorar aplicaciones de bienestar, soluciones de telemedicina y más. Su tecnología de codificación facial impulsada por IA mide la atención y las emociones de la audiencia en respuesta a videos con un nivel de precisión humano. Esto permite a los anunciantes de hoy en día impulsar un mayor rendimiento creativo y eficiencia en los medios (*About Us*, 2024).

Estas tecnologías y aplicaciones subrayan el panorama en evolución de la detección de emociones a través del reconocimiento de voz y rostro. Exhiben una combinación de IA, aprendizaje automático, aprendizaje profundo y tecnologías Internet de las Cosas para analizar datos de voz y expresiones faciales, obteniendo información significativa sobre el estado emocional de los individuos. Las aplicaciones y tecnologías mencionadas pueden servir como un modelo para desarrollar una aplicación Android capaz de detectar emociones en tiempo real a través del reconocimiento de voz y rostro, con el objetivo de mejorar la interacción y evaluación en diversos contextos, como la atención al cliente, la educación y el entretenimiento.

Al explorar las diversas aplicaciones y tecnologías existentes para la detección de emociones a través del reconocimiento de voz y rostro, se evidencia un creciente interés y avance en este campo. Este avance tecnológico no solo destaca la evolución del panorama en la detección de emociones, sino que también proporciona un marco valioso para el desarrollo de nuevas aplicaciones en este dominio. En particular, aplicaciones Android pueden aprovechar estas tecnologías avanzadas para mejorar la interacción y evaluación en múltiples sectores, facilitando una comunicación más efectiva y personalizada.

## **1.3 Android como sistema**

El sistema operativo Android, debido a su amplia adopción y flexibilidad, se ha convertido en una plataforma ideal para el desarrollo de aplicaciones móviles avanzadas. Su arquitectura abierta y su amplia base de usuarios hacen de Android un entorno dinámico para implementar y probar nuevas soluciones tecnológicas. La capacidad de personalización y la compatibilidad con una amplia gama de dispositivos permiten que las aplicaciones desarrolladas en Android sean accesibles a un público diverso, lo cual es crucial.

La infraestructura de Android ofrece una serie de ventajas clave para los desarrolladores: su integración con el ecosistema de Google proporciona herramientas robustas y eficientes para el desarrollo y la gestión de aplicaciones, mientras que su naturaleza de código abierto fomenta la innovación y la colaboración. Además, Android proporciona un marco seguro y estable para manejar datos sensibles, un aspecto esencial. Con su amplio soporte para diferentes tipos de hardware y sensores, Android es la plataforma ideal para aplicaciones que requieren una interacción compleja con el dispositivo y el usuario, que se beneficia de la avanzada capacidad de procesamiento y la variedad de herramientas de desarrollo disponibles en este sistema operativo.

La arquitectura incluye varias capas, con la capa de aplicación en la parte superior, que está desarrollada principalmente en el lenguaje de programación Java. Debajo de esta capa, se encuentra la capa de bibliotecas nativas y el entorno de ejecución de Android, que juntos proporcionan una base robusta para el desarrollo de aplicaciones. Estas bibliotecas incluyen una amplia gama de funciones, desde la renderización de gráficos hasta la gestión de datos.

Un aspecto crucial de Android es su máquina virtual, conocida como Dalvik en versiones anteriores y ART *(“Android Runtime”)* en versiones más recientes. Estas máquinas virtuales están optimizadas para un bajo consumo de memoria y una rápida ejecución de aplicaciones, características esenciales para dispositivos móviles.

Además, Android se distingue por su sistema de seguridad basado en permisos, que regula el acceso de las aplicaciones a funciones y datos del sistema. Este enfoque modular y seguro ha sido un factor clave en la adopción masiva de Android por parte de desarrolladores y usuarios.

Por otro lado, el modelo de desarrollo abierto de Android ha fomentado una comunidad activa de desarrolladores. Esto ha resultado en una amplia variedad de aplicaciones disponibles en Google Play Store, contribuyendo aún más a la popularidad del sistema operativo. Sin embargo, este modelo abierto también ha presentado desafíos, como la fragmentación del sistema operativo y preocupaciones de seguridad, que son aspectos importantes para considerar en cualquier discusión sobre Android (Krajci and Cummings, 2013).

## **1.4 Tecnologías y herramientas**

En el ámbito del desarrollo de aplicaciones Android, el lenguaje de programación Kotlin y el marco de trabajo Jetpack Compose representan dos pilares fundamentales recomendados por Google.

**Kotlin** (*Kotlin y Android*, 2024) es un lenguaje de programación que ha ganado terreno por su sintaxis concisa y su enfoque en la seguridad. Kotlin reduce la verbosidad, permitiendo escribir código más limpio y fácil de entender. La seguridad de nulabilidad de Kotlin minimiza los errores comunes de los punteros nulos. Además, las corrutinas de Kotlin ofrecen una solución elegante para la programación asíncrona, facilitando las operaciones que de otro modo serían complejas y propensas a errores. La interoperabilidad con Java es una gran ventaja, ya que permite usar Kotlin en proyectos existentes, proporcionando una transición fluida y la posibilidad de utilizar un vasto ecosistema de bibliotecas y marcos de trabajo ya establecidos.

En resumen, Kotlin ha sido seleccionado como el lenguaje de programación principal por varias razones clave:

* **Seguridad de Tipos:** Su sistema de tipos nulos evita errores comunes relacionados con *NullPointerExceptions*, crucial para un desarrollo robusto.
* **Interoperabilidad con Java:** Esto permite una integración fluida con código Java existente, lo cual es vital dada la amplia base de código Java en el ámbito de Android.
* **Corrutinas:** Ofrecen un manejo simplificado de operaciones asíncronas, esencial para tareas como la comunicación con APIs y la manipulación de datos de voz.

**Jetpack Compose** (*Cómo comenzar a usar Jetpack Compose | Jetpack Compose*, 2024) es un marco de trabajo para construir interfaces de usuario en Android, que se distingue por su enfoque declarativo. Este enfoque simplifica la descripción de UI y promueve un desarrollo más ágil en comparación con la metodología XML tradicional. Jetpack Compose se orienta hacia la reutilización y composición de componentes, lo que es esencial en la creación de interfaces escalables y fáciles de mantener. Además, la recarga en tiempo real y la gestión del estado de la interfaz de usuario, hacen que el desarrollo con Jetpack Compose sea una experiencia más interactiva y menos propensa a errores. En resumen, es elegido por su enfoque declarativo y moderno en la construcción de UIs. Su capacidad para simplificar la descripción y manipulación de UI, junto con la recarga en tiempo real, facilita un desarrollo ágil y eficiente. Además, su integración con Kotlin lo hace ideal para la creación de UIs reactivas y dinámicas.

### **1.4.1 Bibliotecas para el desarrollo**

**Room** (*Room | Jetpack*, 2024) es una biblioteca de persistencia que proporciona una capa de abstracción sobre SQLite, facilitando el uso de bases de datos locales en aplicaciones Android. Con Room, los desarrolladores pueden definir la estructura de la base de datos a través de anotaciones en clases de datos, lo que simplifica la creación y mantenimiento de la base de datos. Además, Room integra consultas de SQLite con comprobaciones en tiempo de compilación, lo que minimiza los errores en tiempo de ejecución y asegura que las consultas estén bien formadas. También ofrece soporte para migraciones de bases de datos, lo cual es vital para la gestión de cambios en el esquema sin perder datos. Room se ha convertido en un componente esencial del conjunto de bibliotecas Android Jetpack, ya que ofrece una solución robusta y optimizada para la gestión de datos en Android.

La elección de Room para la gestión de la base de datos local se basa en su integración con el ecosistema de Android y su simplicidad en comparación con SQLite directo. Además, su capacidad para convertir consultas en objetos Kotlin de forma segura y eficiente es esencial para el manejo de datos de personas y registros de voz.

**Coil (Coil-kt)** (*Bobina*, 2024)es una biblioteca de carga de imágenes para Android que destaca por su eficiencia y bajo consumo de memoria. Utilizando Kotlin coroutines, Coil realiza operaciones de carga de imagenes de forma asincrónica, reduciendo el impacto en el hilo principal de la aplicación y mejorando la fluidez de las interfaces de usuario. Su integración con Jetpack Compose permite cargar imágenes en aplicaciones modernas de Android con facilidad. Además, Coil soporta transformaciones de imágenes y manejo de caché, lo que optimiza el uso de recursos y mejora la velocidad de carga. Esto es particularmente útil en nuestra aplicación para manejar avatares de usuario y representaciones visuales de datos.

**Hilt** (*Inserción de dependencias con Hilt*, 2024)es una biblioteca de inyección de dependencias para Android que se basa en Dagger y simplifica el proceso de inyección, permitiendo un acoplamiento más débil y una mejor organización del código. Con Hilt, los desarrolladores pueden definir cómo se proporcionan las instancias de los objetos a través de módulos y componentes, y luego solicitar esas dependencias en sus clases con anotaciones simples. Esto promueve una arquitectura de software más escalable y testeable, ya que las dependencias se manejan de manera centralizada y pueden ser fácilmente intercambiables o mockeadas para pruebas. Hilt se integra con el ciclo de vida de los componentes de Android, lo que garantiza que la gestión de memoria se maneje de forma eficiente y automática. Es seleccionado para la inyección de dependencias por su simplicidad y su integración estrecha con el ecosistema de Android. Su uso facilita la gestión de dependencias en la aplicación, lo que resulta en un código más limpio y mantenible, y simplifica la escritura de pruebas unitarias.

**Retrofit** (*square/retrofit: A type-safe HTTP client for Android and the JVM*, no date), desarrollada específicamente para Kotlin y Java, es una librería que transforma las respuestas de la API directamente en objetos Kotlin, simplificando el proceso de interacción con servicios web. La integración de Retrofit con las corrutinas de Kotlin permite realizar llamadas asíncronas, mejorando el rendimiento de la aplicación. Este aspecto es particularmente importante en aplicaciones que requieren la transmisión de datos de voz y fotos para análisis emocional, donde la rapidez y eficiencia en la comunicación con la API es fundamental.

La integración de APIs en aplicaciones Android es un componente crucial en el desarrollo de soluciones tecnológicas modernas, especialmente en el contexto de aplicaciones centradas en el análisis de emociones. Este proceso implica no solo la incorporación de APIs externas, sino también la adopción de prácticas y herramientas adecuadas para garantizar una comunicación eficiente y segura. En este contexto, se destaca la librería Retrofit por su eficacia y facilidad de uso en la comunicación con APIs.

La implementación de un cliente API mediante Retrofit implica también el manejo adecuado de conexiones, como reintentos en caso de fallas y tiempos de espera. Estas prácticas garantizan una interacción robusta y confiable con la API, aspecto crucial en aplicaciones donde la precisión y la confiabilidad de los datos son esenciales. Además, el manejo de autenticación y autorización a través de OAuth 2.0 asegura una comunicación segura, y la gestión de tokens de acceso de manera segura y eficiente refuerza la protección de datos sensibles.

En cuanto al manejo de respuestas y errores, Retrofit facilita la interpretación del contenido obtenido mediante la serialización de Kotlin. Además, se implementa un manejo de errores amigable que puede gestionar diferentes tipos de errores, proporcionando retroalimentación adecuada a los usuarios. Esta característica es vital para mantener una experiencia de usuario fluida y segura.

Para la optimización de la transmisión de datos, se utilizan técnicas de compresión y caché proporcionadas por los marcos de desarrollo de Android. Esto minimiza el tamaño de los datos transmitidos y mitiga la necesidad de solicitudes repetidas a la API, aspecto relevante en aplicaciones que manejan gran cantidad de datos, como es el caso de las grabaciones de voz y las imágenes para análisis emocional.

La integración de una API en una aplicación Android conlleva una serie de consideraciones técnicas y desafíos, incluyendo la escalabilidad y el desempeño de la integración de la API, así como la gestión de errores y la robustez. Estos desafíos se abordan mediante la implementación de una arquitectura de integración que detalla la comunicación entre la aplicación y la API, garantizando la transmisión segura de datos y la protección de los datos sensibles de las personas.

En resumen, Retrofit se elige para manejar las comunicaciones API debido a su capacidad para transformar respuestas HTTP en objetos Kotlin de manera eficiente y segura. Su integración con las corrutinas de Kotlin facilita la gestión de llamadas asíncronas, un aspecto crucial en nuestra aplicación donde la rapidez y eficacia en la transmisión de datos de voz y de rostro es fundamental.

### **1.4.2** **Clase AudioRecord del SDK de Android**

**AudioRecord** (Gokul *et al.*, 2016) del SDK de Android es la herramienta más adecuada para grabar audio en formato WAV. Este descubrimiento es significativo, ya que el formato WAV es esencial para garantizar la integridad y la calidad del sonido, lo cual es crucial para el análisis preciso de las emociones.

La clase **AudioRecord** ofrece una funcionalidad robusta para capturar voz en alta fidelidad. Esta herramienta, al permitir grabaciones sin compresión, asegura que los matices sutiles en la voz, como el tono y el timbre, se mantengan intactos. Esta precisión es vital para el análisis de emociones, donde incluso ligeras variaciones en la voz pueden indicar diferentes estados emocionales. Además, es capaz de capturar la intensidad de la voz, que puede revelar emociones como la alegría o la tristeza. La grabación de voz en Android facilita una gama de aplicaciones innovadoras, especialmente en el sector salud. A diferencia del reconocimiento de voz local, nuestro enfoque se centra en grabar la voz del usuario, para luego enviar estas grabaciones a un servidor a través de una API, donde se procesarán para analizar las emociones expresadas. Android ofrece capacidades robustas para la grabación de voz, permitiendo así la captura de audio de alta calidad. En esta sección, se explorará cómo se aprovechará estas capacidades para grabar la voz de las personas, transmitir estas grabaciones de manera segura para su análisis, y obtener evaluaciones precisas de la emocionalidad en el habla de los usuarios, contribuyendo a un monitoreo más efectivo y a una interfaz de usuario amigable.

En resumen, la elección de AudioRecord del SDK de Android para la grabación de voz se basa en su capacidad para capturar audio de alta fidelidad. Esto es esencial para garantizar la precisión en la detección de emociones a partir de la voz, ya que captura con precisión los matices del habla humana.

Tras la decisión de utilizar **AudioRecord** para la grabación de audio, la biblioteca **github-waverecorder** surge como una herramienta complementaria esencial. Las principales ventajas de esta biblioteca son:

* **Manejo Eficiente de Archivos WAV:** Simplifica la tarea de añadir encabezados WAV a los archivos de audio grabados, asegurando que sean compatibles y estén listos para su posterior procesamiento.
* **Reducción de Código Boilerplate:** Ofrece una interfaz simplificada para la grabación de audio, lo que reduce la necesidad de escribir y mantener código complejo.
* **Fiabilidad y Calidad:** Asegura que las grabaciones de audio capturadas mantengan una alta fidelidad, lo cual es crucial para el análisis preciso de emociones en la voz.

Elegir **github-waverecorder** se alinea con el objetivo de garantizar un procesamiento de audio eficiente y de alta calidad, crucial para el núcleo funcional de la aplicación.

**1.4.3** **Clase CameraX del SDK de Android**

**CameraX** (*Descripción general de CameraX  |  Android media  |  Android Developers*, 2024) del SDK de Android es la herramienta más adecuada para tomar fotos de alta calidad. Este descubrimiento es significativo, ya que CameraX proporciona una API consistente y fácil de usar que funciona en la mayoría de los dispositivos Android, lo cual es crucial para garantizar una experiencia de usuario uniforme y de alta calidad.

La clase **CameraX** ofrece una funcionalidad robusta para capturar imágenes. Esta herramienta, al permitir la integración de casos de uso como la vista previa, captura de imágenes y análisis de imágenes, asegura que los desarrolladores puedan crear aplicaciones de cámara versátiles y eficientes. Esta precisión es vital para aplicaciones que requieren análisis en tiempo real, como el reconocimiento facial para el análisis de emociones. Además, es capaz de capturar fotos de alta calidad, lo que puede ser útil para diferenciar diferentes estados emocionales. La captura de imágenes en Android facilita una gama de aplicaciones innovadoras, especialmente en el sector de la fotografía móvil. A diferencia de las API de cámara tradicionales, CameraX simplifica el proceso de desarrollo al proporcionar una API que se adapta automáticamente a las capacidades del dispositivo, permitiendo así la captura de imágenes de manera eficiente. En esta sección, se explorará cómo se aprovecharán estas capacidades para capturar imágenes, transmitir estos datos de manera segura para su análisis, y obtener evaluaciones precisas de las emociones, contribuyendo a una experiencia de usuario más efectiva y amigable tanto para desarrolladores como para usuarios finales.

En resumen, la elección de CameraX del SDK de Android para la captura de imágenes se basa en su capacidad para proporcionar una API consistente y fácil de usar. Esto es esencial para garantizar la precisión en la detección de emociones a partir del rostro, ya que captura con precisión los rasgos faciales de la persona.

Tras la decisión de utilizar **CameraX** para la captura de imágenes, la biblioteca **github-camera-utils** surge como una herramienta complementaria esencial. Las principales ventajas de esta biblioteca son:

* **Manejo Eficiente de Casos de Uso:** Simplifica la tarea de gestionar diferentes casos de uso de la cámara, asegurando que sean compatibles y estén listos para su posterior procesamiento.
* **Reducción de Código Boilerplate:** Ofrece una interfaz simplificada para la captura de imágenes, lo que reduce la necesidad de escribir y mantener código complejo.
* **Fiabilidad y Calidad:** Asegura que las imágenes capturadas mantengan una alta calidad, lo cual es crucial para aplicaciones que requieren análisis preciso de emociones en el rostro.

Elegir **github-camera-utils** se alinea con el objetivo de garantizar un procesamiento de imágenes eficiente y de alta calidad, crucial para el núcleo funcional de la aplicación.

## **1.5 Interfaz de Usuario**

Para profundizar en el desarrollo de una aplicación Android orientada a diferentes sectores que integre el reconocimiento de emociones a través del habla y el rostro, es crucial un diseño de interfaz de usuario (UI) y experiencia de usuario (UX) que cumpla con los requisitos específicos y las expectativas de profesionales de diferentes disciplinas. Este enfoque requiere una atención detallada a varios aspectos clave del diseño y la funcionalidad.

**Estructura y Organización de la Interfaz**: La UI debe ser clara y lógicamente organizada para facilitar una navegación fluida y sin esfuerzo. Esto implica un diseño intuitivo donde la colocación de los elementos en pantalla sigue una jerarquía visual clara, destacando información y acciones prioritarias. La consistencia en el diseño, mediante el uso uniforme de colores, tipografías y disposiciones de elementos, es crucial para ofrecer una experiencia de usuario coherente. En un entorno que aunque no exclusivamente pero sí en gran medida puede ser médico, donde la precisión y la rapidez de acceso a la información son vitales, una interfaz bien estructurada puede mejorar significativamente la eficiencia del trabajo (Zhang and Liu, 2022).

**Adaptabilidad y Personalización**: La flexibilidad de la aplicación para adaptarse a diferentes dispositivos y preferencias de usuario es esencial. Un diseño responsivo asegura que la aplicación funcione sin problemas en dispositivos con diferentes tamaños de pantalla y orientaciones. Además, la personalización de la interfaz, como ajustes en el tamaño de letra y preferencias de color, permite a los usuarios adaptar la aplicación a sus necesidades individuales (Tang and Patel, 1994).

**Accesibilidad y Usabilidad**: La accesibilidad es un aspecto fundamental en el diseño de aplicaciones. La aplicación debe ser fácilmente utilizable por personas con diferentes capacidades, incluyendo ajustes para usuarios con discapacidades visuales o auditivas. Esto no solo es una cuestión de inclusión, sino también una necesidad práctica en un entorno diverso. La usabilidad general, centrada en minimizar la curva de aprendizaje y maximizar la eficiencia, es crucial para garantizar que las personas puedan concentrarse en obtener resultados de sus emociones rápidamente sin distracciones innecesarias causadas por una interfaz complicada (Ollila, 2023).

**Retroalimentación y Soporte**: Proporcionar retroalimentación inmediata y clara es vital para la interacción con la aplicación. Esto incluye indicadores visuales o auditivos que confirmen las acciones del usuario, como el procesamiento exitoso de datos o la presentación de errores. La inclusión de una sección de ayuda o FAQ robusta dentro de la aplicación facilita a los usuarios la resolución de problemas comunes o dudas sin necesidad de buscar asistencia externa (Masizana-Katongo, Anderson and Mpoeleng, 2010).

**Seguridad en el Diseño**: La seguridad es de máxima importancia en aplicaciones que manejan información sensible. Esto implica implementar protocolos de seguridad robustos y métodos de autenticación para proteger los datos del usuario. La confidencialidad y la integridad de la información de la persona son aspectos críticos, y el diseño de la aplicación debe garantizar que estos se mantengan en todo momento (Nurgalieva, O’Callaghan and Doherty, 2020).

**Interacción Dinámica con la API**: La integración con la API de reconocimiento de emociones debe ser fluida y eficiente. La aplicación necesita presentar los resultados del análisis de emociones de manera clara y accesible, facilitando la interpretación y la toma de decisiones. Esta funcionalidad debe estar integrada de manera que complemente y enriquezca la experiencia del usuario sin abrumarlo con información técnica compleja (Chouhan *et al.*, 2023).

**Sensibilidad Cultural y Lingüística**: Dado el alcance global de muchas aplicaciones, la localización y adaptación cultural son aspectos fundamentales. Esto incluye no solo la traducción del contenido a diferentes idiomas, sino también la adaptación del diseño y la funcionalidad de la aplicación para satisfacer las variadas expectativas y normas culturales. La interpretación de las emociones, en particular, puede variar significativamente entre diferentes culturas, y la aplicación debe ser capaz de reflejar estas diferencias.

En conclusión, el diseño de una aplicación que integra tecnologías avanzadas para la detección de emociones a través del habla y el rostro debe ser exhaustivo y centrado en el usuario. Debe abordar no solo los aspectos técnicos y funcionales, sino también ofrecer una experiencia de usuario que sea intuitiva, accesible, segura y culturalmente sensible. Este enfoque asegura que la aplicación no solo sea una herramienta tecnológica eficaz, sino también una que se alinee con las necesidades y expectativas de los usuarios (Garnweidner-Holme *et al.*, 2018).

## **1.6 Conclusiones parciales**

Este capítulo ha presentado un análisis detallado de las tecnologías y estrategias clave en el desarrollo de una aplicación Android para la detección de emociones a través del habla y el rostro. Se ha enfocado en la integración eficiente y segura de APIs externas, destacando la importancia de herramientas como Retrofit para una comunicación efectiva. Además, se ha discutido la relevancia de la grabación de voz en alta calidad y la captura de imágenes en alta resolución utilizando la clase AudioRecord y la clase CameraX del SDK de Android, esencial para capturar con precisión las emociones expresadas. La arquitectura y las tecnologías seleccionadas, incluyendo Kotlin y Jetpack Compose, proporcionan un marco sólido para una aplicación que promete ser una herramienta valiosa para los profesionales de diversos sectores. Estos fundamentos establecen una base robusta para las fases subsiguientes del proyecto, asegurando que las decisiones tomadas estén alineadas con los objetivos y las necesidades de los usuarios finales.

# **CAPÍTULO 2: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN ANDROID PARA LA INTERACCIÓN CON UNA API INTERMEDIA DE DETECCIÓN DE EMOCIONES EN LA COMUNICACIÓN ORAL**

# **CAPÍTULO 3: MEDICIÓN DE IMPACTO Y RENDIMIENTO: ANÁLISIS INTEGRAL DE UNA APLICACIÓN ANDROID PARA LA INTERACCIÓN MÉDICO-PACIENTE**

# **CONCLUSIONES**

# **RECOMENDACIONES**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

*About Us* (2024) *Realeyes*. Available at: https://www.realeyesit.com/company/about-us/ (Accessed: 30 September 2024).

*Affectiva and Emotion AI* (2024) *Affectiva*. Available at: https://www.affectiva.com/emotion-ai/ (Accessed: 29 September 2024).

Aguirre, L.M. (2013) *Beyond Verbal: análisis ‘applicado’ de emociones - Teclado MóvilTeclado Móvil*. Available at: https://blogs.lavanguardia.com/tecladomovil/beyond-verbal-analisis-applicado-de-emociones-92197 (Accessed: 29 September 2024).

Alabau, I. (2021) *La RUEDA de las EMOCIONES de Robert Plutchik - Con imágenes*, *psicologia-online.com*. Available at: https://www.psicologia-online.com/la-rueda-de-las-emociones-de-robert-plutchik-4707.html (Accessed: 29 September 2024).

*Bobina* (2024). Available at: https://coil-kt.github.io/coil/ (Accessed: 30 September 2024).

Chamishka, S. *et al.* (2022) ‘A voice-based real-time emotion detection technique using recurrent neural network empowered feature modelling’, *Multimedia Tools and Applications*, 81(24), pp. 35173–35194. Available at: https://doi.org/10.1007/s11042-022-13363-4.

Chouhan, K. *et al.* (2023) ‘Sentiment Analysis with Tweets Behaviour in Twitter Streaming API’, *Comput. Syst. Sci. Eng.*, pp. 1113–1128.

*Cómo comenzar a usar Jetpack Compose | Jetpack Compose* (2024) *Android Developers*. Available at: https://developer.android.com/develop/ui/compose/documentation?hl=es-419 (Accessed: 30 September 2024).

*Descripción general de CameraX  |  Android media  |  Android Developers* (2024). Available at: https://developer.android.com/media/camera/camerax?hl=es-419 (Accessed: 30 September 2024).

Dhuheir, M. *et al.* (2021) ‘Emotion recognition for healthcare surveillance systems using neural networks: A survey’.

Díaz, G. (2022) *Library for the Recognition of Emotions expressed in the Human Voice*. Santa Clara.

Ekman, P. and Davidson, R.J. (1994) *The Nature of Emotion: Fundamental Questions*. Oxford University Press.

Ekman, P. and Friesen, W.V. (1978) *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.

Garnweidner-Holme, L. *et al.* (2018) ‘Health care professionals’ attitudes toward, and experiences of using, a culture-sensitive smartphone app for women with gestational diabetes mellitus: qualitative study’, *JMIR mHealth and uHealth*, p. e9686.

Gokul, G. *et al.* (2016) ‘Real time sound processing on android’, in *Proceedings of the 14th International Workshop on Java Technologies for Real-Time and Embedded Systems*, pp. 1–10.

Hashem, A., Arif, M. and Alghamdi, M. (2023) ‘Speech emotion recognition approaches: A systematic review’, *Speech Communication*, p. 102974.

https://www.emergenresearch.com, E.R. (2023) *Cuota de Mercado de Reconocimiento Facial / Crecimiento, Tamaño y Pronóstico para 2028*. Available at: https://www.emergenresearch.com/es/industry-report/mercado-de-reconocimiento-facial (Accessed: 30 September 2024).

*Inserción de dependencias con Hilt* (2024) *Android Developers*. Available at: https://developer.android.com/training/dependency-injection/hilt-android?hl=es-419 (Accessed: 30 September 2024).

Khare, S.K. *et al.* (2024) ‘Emotion recognition and artificial intelligence: A systematic review (2014–2023) and research recommendations’, *Information Fusion*. Available at: https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.102019.

*Kotlin y Android* (2024) *Android Developers*. Available at: https://developer.android.com/kotlin?hl=es-419 (Accessed: 30 September 2024).

Krajci, I. and Cummings, D. (2013) ‘History and Evolution of the Android OS’, in *Android on x86: An Introduction to Optimizing for Intel® Architecture*, pp. 1–8.

Lindblom, B. and Sundberg, J. (2014) ‘The human voice in speech and singing’, in *Springer handbook of acoustics*. Springer, pp. 703–746.

Masizana-Katongo, A., Anderson, G. and Mpoeleng, D. (2010) ‘Healthcare FAQ information retrieval using SMS’, in. *Prato CIRN-DIAC Community Informatics Conference 2010: Refereed Stream*.

*Modelo dimensional de las emociones | Manual de PSICOLOGÍA COGNITIVA* (2024). Available at: https://cognicion.psico.edu.uy/node/196 (Accessed: 29 September 2024).

Nurgalieva, L., O’Callaghan, D. and Doherty, G. (2020) ‘Security and Privacy of mHealth Applications: A Scoping Review’, *IEEE Access*, pp. 104247–104268.

Ollila, M. (2023) *Accessibility in health mobile applications*. Edited by M. Ollila.

RedacciónRPP (2016) *Apple compra Emotient, un reconocedor facial de emociones | RPP Noticias*. Available at: https://rpp.pe/tecnologia/mas-tecnologia/apple-compra-emotient-un-reconocedor-facial-de-emociones-noticia-928264 (Accessed: 30 September 2024).

Ricardo, R. (2020) ‘Modelo circumplexo de emoción’, *Estudyando*, 16 November. Available at: https://estudyando.com/modelo-circumplexo-de-emocion/ (Accessed: 29 September 2024).

*Room | Jetpack* (2024) *Android Developers*. Available at: https://developer.android.com/jetpack/androidx/releases/room?hl=es-419 (Accessed: 30 September 2024).

Singh, J., Saheer, L.B. and Faust, O. (2023) ‘Speech Emotion Recognition Using Attention Model’, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, p. 5140.

*square/retrofit: A type-safe HTTP client for Android and the JVM* (no date) *GitHub*. Available at: https://github.com/square/retrofit (Accessed: 30 September 2024).

Tang, P.C. and Patel, V.L. (1994) ‘Major issues in user interface design for health professional workstations: summary and recommendations’, *International Journal of Bio-Medical Computing*, pp. 139–148.

Zhang, Q. and Liu, Y. (2022) ‘Smart user experience medical app interface design based on mobile devices’, *Expert Systems*.