



FACULTAD DE INFORMÁTICA

TESINA DE LICENCIATURA

TÍTULO: Aplicación *mobile* de acompañamiento terapéutico en el tratamiento de los trastornos del lenguaje, del habla y de la alimentación

AUTORES: Matías Arrech, Lucio Flavio Di Giacomo Noack

DIRECTOR: Lic. Javier Díaz

CODIRECTOR: Mg. Ivana Harari

ASESOR PROFESIONAL: -

CARRERA: Licenciatura en Informática

Resumen

En este trabajo se exploran los tratamientos de fonoaudiología y se analizan sus estrategias, recursos y problemáticas. A partir de este análisis se propone el desarrollo de una aplicación móvil que sirva como una nueva herramienta para motivar al usuario utilizando gamification y para facilitar la tarea de supervisión a los profesionales a cargo. Se especificó una lista de requerimientos y roles de usuario, se analizaron las tecnologías factibles para la implementación, se desarrollaron sensores de soplos, de palabras y de gestos faciales utilizando inteligencia artificial. Se unificaron estos desarrollos en un juego denominado "Proyecto Thera", que plantea la construcción de un androide a partir de piezas que se obtienen realizando las praxias fonoaudiológicas. Se validó con usuarios, profesionales y padres o tutores de potenciales usuarios.

Palabras Clave

Inteligencia artificial, redes neuronales convolucionales, sensor de gestos, análisis espectral, detección de soplos, interprete de palabras, gamification, open source, fonoaudiología, tratamiento médico, TensorFlow, React Native, Ruby on Rails, Vue.js, Android

Conclusiones

El Proyecto Thera deja sentado un precedente de desarrollo open source de una herramienta para los tratamientos fonoaudiológicos. La aplicación cumple con los objetivos planteados, siendo aceptada por usuarios y profesionales a través del proceso de validación. El código de la aplicación móvil y de las aplicaciones complementarias se distribuye con licencia open source para que pueda ser utilizado como referencia en proyectos fonoaudiológicos u otras áreas.

Trabajos Realizados

Investigación y análisis de los tratamientos fonoaudiológicos.

Investigación de métricas sobre el uso de dispositivos móviles, su disponibilidad, características y sistema operativo.

Especificación de requerimientos funcionales y no funcionales para los tres desarrollos realizados: móvil, web y de entrenamiento. Creación de un entorno gamificado, diseño de escenarios, personajes e interfaces para la aplicación móvil y la aplicación web.

Recopilación de imágenes para el entrenamiento de un sensor de gestos utilizando TensorFlow.

Validación con usuarios, profesionales fonoaudiológicos y padres o tutores de potenciales usuarios. Análisis de los resultados obtenidos a través de la validación y comentarios adicionales.

Trabajos Futuros

Revisión y trabajo de campo con fonoaudiólogos para ajustar las funcionalidades a requerimientos específicos
Análisis el impacto de la aplicación móvil en los tratamientos.

Ampliación del dataset de entrenamiento del sensor de gestos.

Implementación de mejoras de accesibilidad y usabilidad para mejorar la experiencia en usuarios en situación de discapacidad.

Incorporación de nuevos aspectos de gamification, además de recursos interactivos que enriquezcan la experiencia, como elementos de realidad aumentada.

Investigación de nuevos usos para los sensores implementados.

Aplicación *mobile* de acompañamiento terapéutico en el tratamiento de los trastornos del lenguaje, del habla y de la alimentación

Matías Arrech

Lucio Flavio Di Giacomo Noack

Tesina de Licenciatura en Informática

Mayo 2022

Directores: Lic. Javier Díaz y Lic. Ivana Harari



Facultad de Informática
Universidad Nacional de La Plata

Agradecimientos

A nuestras familias, por su apoyo durante todo el transcurso de nuestra carrera.

A nuestros compañeros y amigos, por su ayuda y su consejo permanente.

A los profesionales de todas las áreas que brindaron su colaboración o su crítica, porque su ayuda fue fundamental para superar los obstáculos que nos fuimos encontrando.

A todas aquellas personas que participaron del proyecto Thera, en todas sus etapas, porque de otra forma este trabajo no hubiera sido posible.

A nuestros directores, por acompañarnos a completar un trabajo más grande del que nos hubiéramos imaginado capaces.

A la facultad y a todas las personas que la hacen funcionar, por construir un espacio donde pudimos formarnos como profesionales.

Tabla de contenidos

Tabla de contenidos	3
Índice de figuras	8
Índice de tablas	13
Capítulo 1: Introducción	14
1.1 Motivación	14
1.2 Objetivo	14
1.2.1 Objetivo general	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
1.3 Estructura de la tesis	15
1.4 Publicaciones	16
Capítulo 2: Contexto	17
2.1 Terapias para tratamiento de los trastornos del lenguaje, el habla y de la alimentación	17
2.2 Experiencias TICs en tratamientos de fonoaudiología	19
2.2.1 Fonopedia	19
2.2.2 SIS-VOICE	20
2.2.3 Las Aventuras de Tate	22
2.2.4 Otros desarrollos	23
2.2.5 Observaciones	24
2.3 Dispositivos móviles	24
2.4 Gamification	25
2.4.1 30 Day Fitness Challenge	26
2.4.2 Duolingo	28
2.4.3 Peak	30
2.4.4 I Love Hue	32
Capítulo 3: Diseño	34
3.1 Idea general	34

¿Por qué una aplicación móvil?	34
¿Cuál es nuestro público objetivo?	34
¿Por qué una aplicación interactiva?	34
¿Cuáles son los aspectos de seguimiento a tener en cuenta?	34
¿Cuáles son los aspectos de motivación?	34
¿Cuáles son los aspectos de gamification?	35
3.2 Uso de sensores	35
3.2.1 Sensor e intérprete de frases	36
3.2.2 Sensor de soplidos	36
3.2.3 Sensor de gestos	37
3.3 Diseño de la aplicación	39
3.3.1 Roles	40
Pacientes	40
Supervisores	40
Administradores	41
3.3.2 Arquitectura	41
3.3.3 Modelo de datos	42
3.4 Diseño del juego	45
3.4.1 Diseño del contexto y la semántica	45
3.4.2 Diseño de interfaces	47
3.5 Otros aspectos	51
Capítulo 4: Sensores	53
4.1 Implementación de un sensor e intérprete de frases	53
4.1.1 Introducción	53
4.1.2 Propuesta e implementación	53
4.2 Implementación de un sensor de soplidos	54
4.2.1 Introducción	54
4.2.2 Investigación, propuesta e implementación	54

4.3 Implementación de un sensor de gestos	60
4.3.1 Introducción	60
4.3.2 Implementación	62
4.3.2.1 dlib	62
4.3.2.2 TensorFlow	63
4.3.3 Etapa de entrenamiento	63
4.3.3.1 Dataset	63
4.3.3.2 BlazeFace	64
4.3.3.3 MobileNet v2	66
4.3.3.4 Data Augmentation	66
4.3.3.5 Entrenamiento del modelo	67
4.3.4 Etapa de inferencia	68
Capítulo 5: Proyecto Thera	70
5.1 Aplicación móvil	70
5.1.1 Sistema operativo	70
5.1.1.1 Android	70
5.1.1.2 iOS	70
5.1.2 Lenguajes, frameworks y otras tecnologías	71
5.1.3 Vistas e interfaces	73
5.1.3.1 Inicio de sesión, registro de usuario y recuperación de contraseña	73
5.1.3.2 Pantalla principal	76
5.1.3.3 Base de conocimiento	77
5.1.3.4 Taller	78
5.1.3.5 Mis Rutinas	79
5.1.3.6 Ejercicios	81
5.1.3.7 Otras vistas	84
5.2 Aplicación web	86

5.2.1 Lenguaje, framework y otras herramientas	86
5.2.2 JSON:API	88
5.2.3 Vistas e interfaces	88
5.2.3.1 Inicio de sesión	89
5.2.3.2 Módulo Pacientes	89
5.2.3.3 Módulo Ejercicios	94
5.2.3.4 Módulo Usuarios	96
5.3 Aplicación de entrenamiento	97
5.3.1 Introducción	97
5.3.2 Lenguaje, framework y otras herramientas	97
5.3.3 Modelo de datos	98
5.3.4 Producción	98
5.3.5 Vistas e interfaces	101
5.3.5.1 Bienvenida y registro	101
5.3.5.2 Captura de gestos	102
Capítulo 6: Validación	104
6.1 Introducción	104
6.2 Validación de la aplicación móvil	104
6.2.1 Demografía y muestra	104
6.2.2 Tareas	106
6.2.3 Resultados	107
6.2.3.1 Tarea #1 - Registro de usuario e inicio de sesión	107
6.2.3.2 Tarea #2 - Recorrido del laboratorio y Configuración	108
6.2.3.3 Tarea #3 - Base de Conocimientos y Ejercicios	110
6.2.3.4 Tarea #4 - Mis Rutinas	112
6.2.3.5 Tarea #5 - ¿Y si armamos un androide?	116
6.2.4 Validación automática de Google Play Console	118
6.3 Validación de la aplicación web	118

6.3.1 Demografía y muestra	118
6.3.2 Tareas	119
6.3.3 Resultados	120
6.3.3.1 Tarea #1 - Pacientes	120
6.3.3.2 Tarea #2 - Rutinas	122
6.3.3.3 Tarea #3 - Ejercicios	123
6.4 Comentarios de padres, madres y tutores	125
6.5 Comentarios de profesionales	127
Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuros	130
7.1 Conclusiones	130
7.2 Revisión y trabajo de campo con fonoaudiólogos	131
7.3 Ampliación del dataset de entrenamiento del sensor de gestos	131
7.4 Mejoras de accesibilidad y usabilidad	131
7.5 Incorporación de nuevos aspectos de gamification	132
7.6 Incorporación de elementos de realidad aumentada	132
7.7 Investigación de nuevos usos para los sensores	133
Referencias	134
Anexo I	145
Anexo II	159

Índice de figuras

Figura 2.1. Nota con rutina de fonoaudiología.	18
Figura 2.2. Fonopedia.	20
Figura 2.3. SIS-VOICE. Formulario “Conociendo las Vocales”.	21
Figura 2.4. SIS-VOICE. Formulario “Gestión Números”.	22
Figura 2.5. Tate y su hermana Babi en “Las Aventuras de Tate”.	23
Figura 2.6. Pirámide de los Elementos de <i>Gamification</i> .	26
Figura 2.7. 30 Day Fitness Challenge, progreso del desafío.	27
Figura 2.8. 30 Day Fitness Challenge. Componentes de <i>gamification</i> .	28
Figura 2.9. Niveles en un curso de Duolingo.	29
Figura 2.10. Ejercicio de pronunciación en Duolingo.	30
Figura 2.11. Peak.	31
Figura 2.12. I Love Hue, primeros niveles.	32
Figura 3.1. Orugas de papel para ejercicios respiratorios.	37
Figura 3.2. Praxias para la motricidad orofacial.	38
Figura 3.3. Filtro de Instagram implementado por @lowercasecomics.	39
Figura 3.4. Arquitectura del ecosistema.	42
Figura 3.5. Modelo de datos de la aplicación web.	42
Figura 3.6. Modelo de datos de la aplicación móvil.	44
Figura 3.7. El profesor Alan Theralov nos ayuda a pensar.	46
Figura 3.8. Primeros bocetos de la aplicación móvil.	47
Figura 3.9. Diseños de laboratorios.	48
Figura 3.10. Primer boceto del laboratorio del profesor Theralov.	49
Figura 3.11. Segundo boceto del laboratorio del profesor Theralov.	49
Figura 3.12. Primer boceto del profesor Theralov.	50
Figura 3.13. El profesor Theralov en su laboratorio.	50

Figura 3.14. El androide Thera.	51
Figura 3.15. Interfaz completa de la aplicación.	51
Figura 4.1. Espectrograma de un soplo.	55
Figura 4.2. Espectrograma de la canción Kansas - Dust in the Wind.	55
Figura 4.3. Espectrograma del silencio.	56
Figura 4.4. Espectrograma de un soplo con indicaciones.	56
Figura 4.5. Espectrograma de la canción Kansas - Dust in the Wind con indicaciones.	57
Figura 4.6. Espectrograma del silencio con indicaciones.	58
Figura 4.7. Descomposición de ondas de entrada en ondas simples constituyentes.	60
Figura 4.8. Reconocimiento de imágenes y detección de objetos.	61
Figura 4.9. Diagrama de una red neuronal convolucional.	62
Figura 4.10. Etapas de entrenamiento e inferencia de una red neuronal convolucional.	63
Figura 4.11. Ejemplo de puntos de interés brindados por BlazeFace.	66
Figura 4.12. Imagen rotada alineada a los ejes de coordenadas.	66
Figura 4.13. Imagen del rostro recortado.	67
Figura 4.14. Imágenes generadas utilizando data augmentation.	68
Figura 5.1. Inicio de sesión.	74
Figura 5.2. Formulario de registro de nuevo usuario.	75
Figura 5.3. Correo de confirmación de cuenta de usuario.	76
Figura 5.4. Recuperar contraseña.	77
Figura 5.5. El laboratorio del profesor Theralov.	78
Figura 5.6. Base de conocimiento.	79
Figura 5.7. Taller.	80
Figura 5.8. Mis Rutinas.	81

Figura 5.9. Enviar un video.	82
Figura 5.10. Ejercicios con el sensor de palabras y frases.	83
Figura 5.11. Ejercicios con el sensor de soplidos.	84
Figura 5.12. Ejercicios con el sensor de gestos.	85
Figura 5.13. Menú contextual.	86
Figura 5.14. Configuración.	87
Figura 5.15. Inicio de sesión.	90
Figura 5.16. Listado de pacientes.	90
Figura 5.17. Ficha de paciente, pestaña de Información.	91
Figura 5.18. Ficha de paciente, pestaña de Rutinas Activas.	92
Figura 5.19. Ficha de paciente, agregar rutina.	92
Figura 5.20. Ficha de paciente, pestaña de Seguimiento.	93
Figura 5.21. Ficha de paciente, pestaña de Seguimiento, calendario en detalle.	94
Figura 5.22. Ficha de paciente, pestaña de Videos.	94
Figura 5.23. Ficha de paciente, pestaña de Rutinas Archivadas.	95
Figura 5.24. Listado de ejercicios.	96
Figura 5.25. Agregar nuevo ejercicio.	96
Figura 5.26. Listado de usuarios.	97
Figura 5.27. Formulario de usuario.	98
Figura 5.28. Un estudio de producción audiovisual en casa.	100
Figura 5.29. Primeras pruebas aplicando chroma key.	101
Figura 5.30. Dentro del laboratorio del profesor aplicando chroma key.	101
Figura 5.31. Bienvenida y registro.	102
Figura 5.32. Captura de gestos.	103
Figura 5.33. Formulario con varios gestos cargados.	104
Figura 6.1. Porcentaje de problemas en función de N y L.	105

Figura 6.2. Gráfico de la función con $L = 31\%$.	106
Figura 6.3. Distribución de los voluntarios según su género.	106
Figura 6.4. Distribución de los voluntarios según su edad.	107
Figura 6.5. Dificultad al registrar la cuenta.	108
Figura 6.6. Dificultad al iniciar sesión.	109
Figura 6.7. Dificultad al acceder a la configuración.	110
Figura 6.8. Dificultad al configurar el recordatorio.	110
Figura 6.9. Dificultad al encontrar la Base de Conocimientos.	111
Figura 6.10. Dificultad al iniciar los ejercicios.	112
Figura 6.11. Cantidad de ejercicios completados.	112
Figura 6.12. Dificultad al realizar los ejercicios.	113
Figura 6.13. Dificultad al buscar Mis Rutinas.	114
Figura 6.14. Dificultad al realizar una rutina.	114
Figura 6.15. Evaluación del funcionamiento de los ejercicios de una rutina.	115
Figura 6.16. Enviar un saludo por video.	116
Figura 6.17. Dificultad al enviar un video.	116
Figura 6.18. Dificultad al encontrar el taller.	117
Figura 6.19. Usuarios que canjearon una pieza del androide.	118
Figura 6.20. Dificultad al canjear una pieza del androide.	118
Figura 6.21. Distribución de los voluntarios según su edad.	120
Figura 6.22. Distribución de los voluntarios según el dispositivo.	120
Figura 6.23. Dificultad al iniciar sesión.	121
Figura 6.24. Dificultad al ingresar al módulo de pacientes.	122
Figura 6.25. Dificultad al encontrar y asignar a su paciente.	122
Figura 6.26. Dificultad al buscar la pestaña de Rutinas Activas.	123
Figura 6.27. Dificultad al archivar la rutina activa vigente.	124

Figura 6.28. Dificultad al crear una nueva rutina.	124
Figura 6.29. Dificultad al ingresar al módulo de ejercicios.	125
Figura 6.30. Dificultad al crear un nuevo ejercicio.	125
Figura 6.31. Dificultad al crear una nueva rutina con el nuevo ejercicio.	126

Índice de tablas

Tabla 3.1. Ejercicios de fonoaudiología y sensores en dispositivos móviles.	35
Tabla 4.1. Evaluación de parámetros para detección de soplos.	59

Capítulo 1: Introducción

1.1 Motivación

Los tratamientos médicos necesitan de una metodología que sistematice y ordene los pasos necesarios para establecer una terapéutica racional [1]. En la fonoaudiología, los terapeutas utilizan una variedad de estrategias incluyendo: actividades de intervención del lenguaje, terapia de articulación, y terapia oral y motora de la alimentación. Es importante que los pacientes realicen las actividades de estimulación que sugiere el terapeuta, para asegurar el progreso continuo y la práctica de los nuevos hábitos aprendidos [2]. La participación de un acompañante terapéutico en cualquier tratamiento médico es una estrategia para ayudar a sostener la continuidad en los tratamientos, favoreciendo la iniciativa y la voluntad [3]. Uno de los desafíos de la terapia fonoaudiológica es la adhesión del paciente al tratamiento, encontrándose entre los motivos de abandono las incompatibilidades horarias, la falta de resultados visibles por el paciente y su entorno, y la falta de motivación [4].

La introducción de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la terapia fonoaudiológica registra casos de éxito en la mejora de los resultados obtenidos, como por ejemplo el de SIS-VOICE, un sistema multimedia desarrollado para la terapia del lenguaje en el Centro Educativo para Personas con Habilidades Diferentes “El Bosque” [5].

Teniendo en cuenta el avance de los dispositivos móviles en el mundo, tanto a nivel tecnológico como en cantidad de usuarios activos -durante el año 2016 se estimaron alrededor de 2,08 mil millones de usuarios de *smartphones* [6]-, y los casos de éxito de aplicaciones de asistencia personal para el aprendizaje [7], la ejercitación [8], el seguimiento y supervisión de aspectos relacionados con la salud [9], resulta sumamente atractiva y desafiante la propuesta de implementar una aplicación móvil que funcione como acompañante terapéutico para los pacientes en tratamientos de fonoaudiología, involucrando cuestiones tecnológicas como el uso de sensores actuales, terapéuticas como la periodicidad y la constancia al realizar las actividades, y motivacionales como la integración de aspectos de *gamification* [10].

Es importante agregar que debido a la pandemia de COVID-19 y a las medidas de aislamiento implementadas, resulta imperioso resignificar los aportes que las TICs pueden hacer frente a la problemática de la salud. Según un comunicado conjunto de la Sociedad Argentina de Pediatría y otras asociaciones médicas, *“nuevos modelos innovadores del sistema de salud deben ser explorados para brindar continuidad en la atención médica, entre ellos la telemedicina, reduciendo el estrés en los efectores de salud”* [11]. En este contexto el presente trabajo encuentra un nuevo aspecto motivador como herramienta para proporcionar a las personas la continuidad de la atención médica.

1.2 Objetivo

El objetivo principal del presente trabajo es desarrollar una aplicación móvil que sirva como acompañante terapéutico y motivacional en la práctica de los ejercicios de los tratamientos

de fonoaudiología. La aplicación propone abordar de un modo innovador la terapia del lenguaje, del habla y de la alimentación, integrando las tecnologías móviles vigentes con la práctica fonoaudiológica actual.

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil interactiva que sirva como acompañante terapéutico en los tratamientos de los trastornos del habla, del lenguaje, y de la alimentación, integrando aspectos de seguimiento, motivación y *gamification* (ver sección 2.4) mediante el uso de TICs.

1.2.2 Objetivos específicos

- Investigar sobre los tratamientos de fonoaudiología, las actividades terapéuticas que se proponen a los pacientes, y las problemáticas que se enfrentan en la práctica.
- Investigar sobre los sensores que proveen los dispositivos móviles, su disponibilidad y uso, y diseñar actividades interactivas que hagan uso de los mismos para asistir a los pacientes.
- Investigar sobre aplicaciones móviles que registren casos de éxito en el trabajo con aspectos relacionados con la salud y con el seguimiento de rutinas y actividades.
- Implementar una aplicación móvil que sirva como asistente a los pacientes durante el tratamiento fonoaudiológico, motivándolos mediante *gamification*, colaborando con la realización de las actividades terapéuticas y elaborando un seguimiento de las mismas.
- Distribuir los desarrollos realizados bajo una licencia que le permita ser auditable y segura, y que permita a otros actores extender sus funcionalidades o reutilizar su código con fines comerciales y no comerciales.

1.3 Estructura de la tesis

El presente trabajo de tesis consta de siete capítulos. A continuación se describe cada uno de ellos.

En el Capítulo 2 se describe el contexto en el cual se desarrolla este trabajo, una investigación de los tratamientos de fonoaudiología y sus metodologías, sobre otras experiencias de intervención de las TICs en estos, un análisis de los dispositivos móviles predominantes para identificar sus características de *hardware* y *software*, y un estudio sobre los aspectos de *gamification* implementados por otras aplicaciones móviles basadas en la incorporación y seguimiento de rutinas.

En el Capítulo 3 se describe el desarrollo propuesto, se explica el uso de los sensores disponibles en los dispositivos móviles para su incorporación como interfaces para la interacción persona-computadora [12], su interpretación dentro del tratamiento fonoaudiológico, la adaptación del tratamiento en su totalidad a un contexto lúdico para incorporar aspectos de *gamification*, y el modelo de datos diseñado para dar soporte a estas

características. Además se describe la concepción y el diseño de las interfaces gráficas que dan sostén conceptual y material al desarrollo móvil.

En el Capítulo 4 se describe el trabajo de investigación realizado para la implementación de los distintos sensores conceptualizados en el Capítulo 3, profundizando en los aspectos teóricos considerados, las herramientas y estrategias adoptadas, y la experimentación realizada.

En el Capítulo 5 se describe el desarrollo realizado, comenzando con una descripción del ecosistema diseñado para satisfacer cada una de las características detalladas en el capítulo anterior, un estudio sobre las tecnologías disponibles para su implementación, y una descripción de las decisiones tomadas para su ejecución.

En el Capítulo 6 se describe el trabajo de validación realizado con un conjunto de voluntarios para detectar problemas de accesibilidad y usabilidad en las distintas aplicaciones desarrolladas, además de verificar la eficacia de los usuarios al realizar una serie de tareas propuestas, y sensor su percepción y sentimientos. Se adjuntan además validaciones realizadas de manera automática por simuladores de dispositivos móviles, y se cierra con los comentarios de padres y tutores de potenciales pacientes, y de profesionales fonoaudiólogos.

En el Capítulo 7 el trabajo llega a su fin con las conclusiones elaboradas a partir de su ejecución y los trabajos a futuro propuestos para una siguiente etapa del proyecto, o proyectos relacionados que puedan hacer uso del desarrollo descrito.

En la última parte de este trabajo se presentan las referencias utilizadas para su realización, y una colección de anexos que respaldan o complementan algunos de los aspectos expuestos en él.

1.4 Publicaciones

Este trabajo de tesis fue expuesto y presentado en las siguientes cátedras, congresos y programas de becas.

- FONSOFT: Convocatoria Becas Jóvenes Profesionales TICS 2017. Proyecto seleccionado por resolución RESOL-2018-365-APN-DANPCYT#MCT del 17 de julio de 2018, del Directorio de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.
- Competición Regional de la UIT para América Latina y el Caribe. Octubre de 2018.
- “Proyecto Thera: inteligencia artificial aplicada a la salud desde una perspectiva móvil”. Presentado en la cátedra de Interfaces Adaptadas a Dispositivos Móviles, Facultad de Informática, UNLP. Noviembre de 2018.
- “Fomentando la accesibilidad en las prácticas educativas de Informática: desarrollo de aplicaciones digitales innovativas y accesibles realizadas por alumnos de la Universidad Nacional de La Plata”, Interaction Latin America (ILA21). Agosto de 2021.

Capítulo 2: Contexto

2.1 Terapias para tratamiento de los trastornos del lenguaje, el habla y de la alimentación

La fonoaudiología, también conocida como logopedia, es la disciplina que se encarga de evaluar, diagnosticar y tratar aquellos aspectos relacionados con la comunicación humana. El fonoaudiólogo es el profesional que trata a las personas con alteraciones de la audición, el lenguaje, la voz, el sistema vestibular, la motricidad orofacial -de la cara y la cavidad oral- y la deglución [13]. La mayoría de estos trastornos se desarrollan en los primeros seis años de vida [14]; por este motivo, los pacientes más frecuentes bajo tratamiento fonoaudiológico suelen ser los niños, donde además los tratamientos tienen mayor impacto. Sin embargo, la fonoaudiología puede ayudar a personas de todas las edades, por ejemplo personas que necesiten estimulación cognitiva, que tengan dificultades para la alimentación o que presenten trastornos neurológicos. [15] [16]

Para el caso particular que sirve como disparador de este trabajo, el acercamiento a los tratamientos de fonoaudiología surgió de manera personal por parte de uno de los autores durante agosto de 2016, con el inicio de una terapia para corregir malos hábitos que pudieran perjudicar los resultados obtenidos tras un tratamiento de ortodoncia iniciado durante el año 2014.

El tratamiento fonoaudiológico realizado consistió en encuentros semanales con la profesional fonoaudióloga, de aproximadamente veinte minutos de duración, donde en cada cita se desarrollan las siguientes etapas.

1. Análisis del estado y evolución del paciente.
2. Práctica y revisión de los ejercicios realizados durante la semana.
3. Asignación y práctica de nuevos ejercicios (cuando sea necesario).

En este caso, el tratamiento se realizó con la Flga. María Silvana Peluffo, quien forma parte de este trabajo como colaboradora para la descripción de metodologías de trabajo y praxias fonoaudiológicas. Las praxias consisten en ejercicios para fortalecer o corregir aspectos del paciente según la problemática tratada. Se utilizan ejercicios fonéticos y musculares que involucran la voz, la boca, la lengua y el rostro.

En el ejercicio vigente de la fonoaudiología, el profesional acompaña al paciente en el aprendizaje y práctica de los ejercicios con el auxilio de un espejo para que este pueda validar su ejecución mediante la observación y la propiocepción -es decir, el sentido que informa al organismo la posición de los músculos, es la capacidad de sentir la posición relativa de partes corporales contiguas-. Ocasionalmente también pueden incorporarse otros elementos, como espejos individuales para observar aspectos puntuales de la práctica, u objetos cuya forma los haga aptos para representar un desafío adicional o incentivar algún movimiento particular, como por ejemplo lapiceras o edibles como grisines o talitas.

El respaldo de los ejercicios aprendidos en cada encuentro se realiza en papel mediante descripciones textuales y gráficas propuestas por el profesional, cuya efectividad queda sujeta a la habilidad individual del fonoaudiólogo para comunicar las instrucciones por este medio y a la capacidad del paciente para interpretarlas y recordarlas posteriormente.

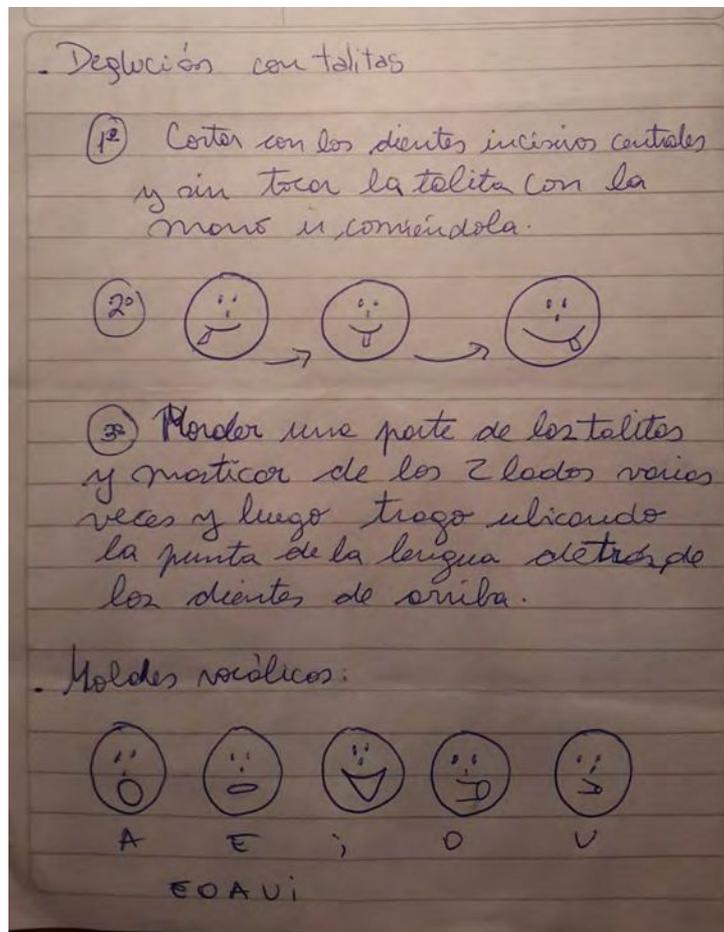


Figura 2.1. Nota con rutina de fonoaudiología.

Tomando como base la definición genérica de estos ejercicios se definen otros parámetros, como la cantidad de repeticiones o la duración, y se confeccionan rutinas para la práctica diaria en una o más oportunidades durante el transcurso de la semana o hasta el próximo encuentro.

Resulta conveniente observar a partir de la metodología descrita en los párrafos precedentes la presencia de ciertos defectos que afectan al éxito del tratamiento, entre los cuales destacamos los siguientes.

- **Los pacientes olvidan que deben realizar los ejercicios.** En algunos casos, intentan compensar la falta de práctica durante el día anterior o en las horas previas al encuentro con el profesional.
- **Los pacientes no encuentran el momento o el lugar donde realizar los ejercicios.** Esto ocurre principalmente con pacientes jóvenes y adultos, que deben acomodar la práctica en algún momento de su agenda diaria. La adopción de un

espacio físico donde realizar los ejercicios de manera privada y segura también puede ser un factor importante para los pacientes más tímidos.

- **Los pacientes olvidan cómo se deben realizar los ejercicios.** La correcta ejecución de cada ejercicio queda sujeta a lo que recuerda al paciente, a su capacidad para interpretar las instrucciones y a la capacidad del profesional para transmitir las en formato papel.
- **Los pacientes descartan la práctica por falta de motivación.** Observar la propia evolución en el tratamiento representa en muchos casos un desafío adicional, por lo que los pacientes desestiman la importancia del tratamiento y postergan u omiten la práctica.
- **Los profesionales no pueden supervisar el trabajo realizado por el paciente fuera del consultorio.** El compromiso del paciente con la práctica propuesta por el profesional no puede ser evaluado de manera objetiva sino que debe ser observado o inferido por el profesional.

Observamos que la incorporación de una aplicación que permita reforzar la comunicación, el seguimiento y la realización de los ejercicios involucrados en un tratamiento fonoaudiológico podría afectar positivamente sobre las terapias, fortaleciendo el compromiso de los pacientes con las mismas, estableciendo nuevos vínculos entre pacientes y profesionales, y brindando información adicional a estos últimos para el seguimiento de los tratamientos.

2.2 Experiencias TICs en tratamientos de fonoaudiología

Existen varias experiencias sobre la incorporación de TICs en los tratamientos de fonoaudiología, especialmente desarrolladas para el público hispanohablante y durante los últimos diez años, que ameritan un análisis en detalle de su propuesta, sus características y su impacto.

2.2.1 Fonopedia

Fonopedia es una aplicación móvil creada en Chile por el Flgo. Daniel Rodríguez Marconi con el apoyo de la Universidad Católica de Temuco, el Centro de Desarrollo e Innovación de la Docencia (CeDID), y la empresa proveedora de servicios informáticos Outlier. La aplicación consolida el trabajo colaborativo de un equipo de fonoaudiólogos de Chile, como base de conocimiento sobre los principales diagnósticos fonoaudiológicos, los criterios aplicados y referencias bibliográficas. [17]

Se trata de una aplicación de distribución gratuita disponible para dispositivos móviles Android, que tiene como público objetivo exclusivamente a los profesionales fonoaudiólogos. Cuenta con una nutrida base de conocimiento sobre la disciplina, enriquecida con recursos multimedia y con herramientas para el trabajo colaborativo y para la conformación de comunidades. La aplicación se distribuye como software propietario, por lo que no es posible acceder a su código fuente. Su última actualización data de agosto de 2020. [18]

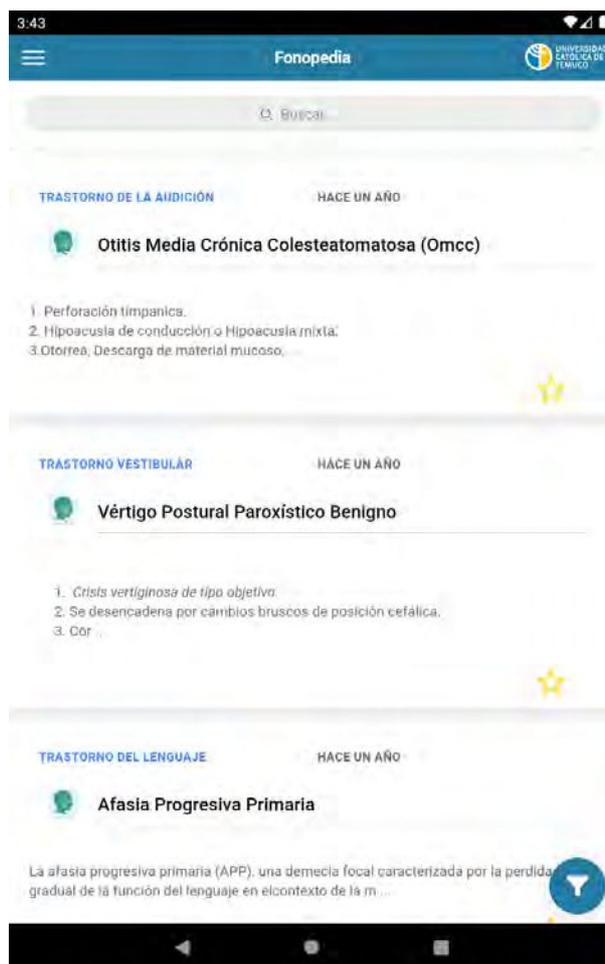


Figura 2.2. Fonopedia.

2.2.2 SIS-VOICE

Desarrollada por el Ing. Marco Antonio Manayay Fernández en el marco de su tesis de grado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú durante el año 2013, SIS-VOICE es una aplicación implementada bajo la premisa de acercar recursos multimedia a la terapia fonoaudiológica. En este trabajo se analiza el trabajo realizado en el área de Desarrollo Psicomotriz del Centro Educativo para Niños con Habilidades Diferentes “El Bosque” de la ciudad de Chiclayo, Perú, a partir del cual se realiza una elicitación de requerimientos tanto de los niños que cursan tratamientos en dicho centro como de los profesionales que los practican. [5]

El resultado de este trabajo es una aplicación para computadoras de escritorio basadas en el sistema operativo Windows XP que permite a los niños tratados interactuar con imágenes y sonidos que convierten la práctica en una experiencia más atractiva y amena. Los ejercicios se enfocan exclusivamente en la terapia del lenguaje, presentando las siguientes categorías: vocales, números, abecedario y palabras.

La aplicación brinda herramientas para los profesionales que permiten documentar el tratamiento de cada paciente mediante la confección de fichas, la especificación de

diagnósticos, el seguimiento de sesiones y la confección de rutinas y sus ejercicios. La recolección de datos a través de la aplicación permite la elaboración y utilización de métricas sobre el desempeño de los pacientes, que sirven posteriormente para evaluar la evolución de los mismos y, además, el impacto de la incorporación de la aplicación en los tratamientos. Mediante el contraste entre los resultados de un grupo experimental y un grupo control se logró concluir que la herramienta tiene resultados positivos en las terapias.

No existen recursos ni referencias que permitan descargar SIS-VOICE actualmente, por lo que se desconoce su licencia de distribución y su compatibilidad con los equipos y sistemas operativos vigentes.



Figura 2.3. SIS-VOICE. Formulario “Conociendo las Vocales”.

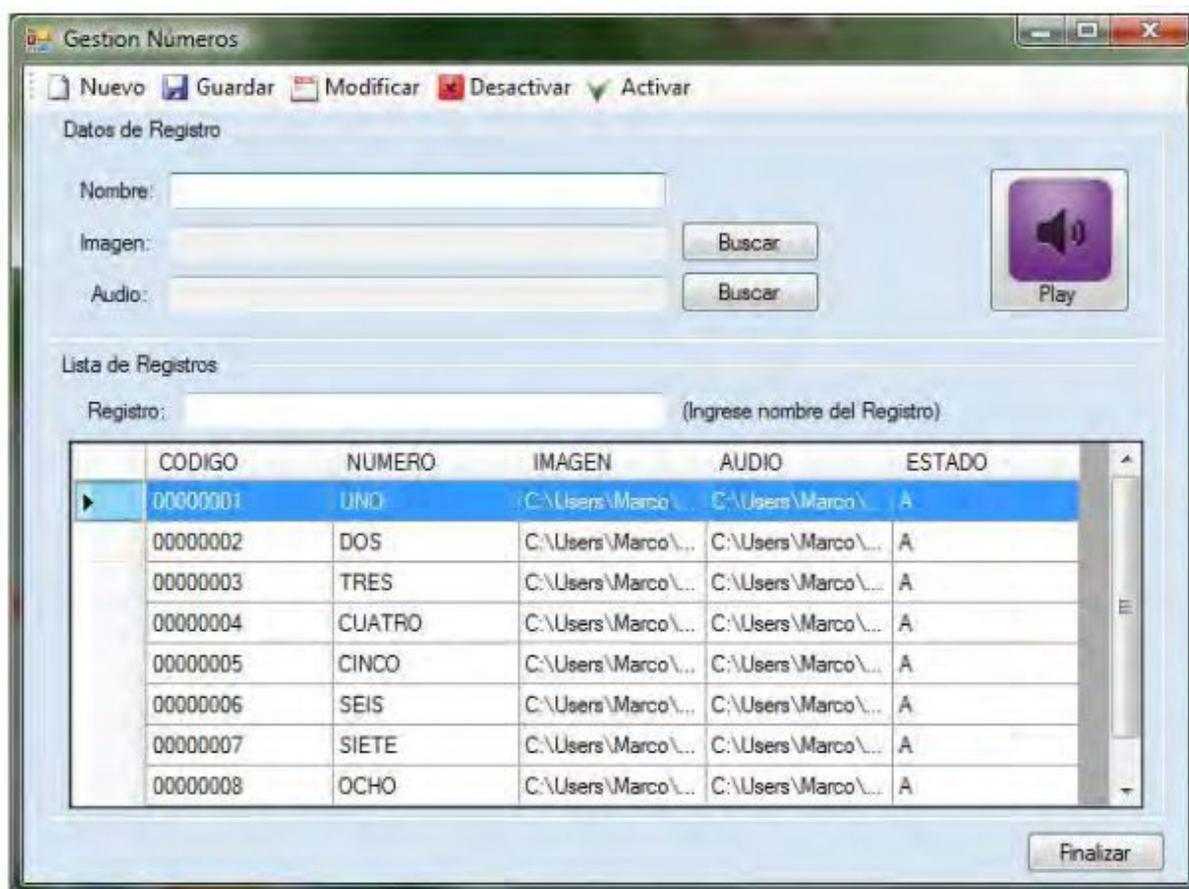


Figura 2.4. SIS-VOICE. Formulario “Gestión Números”.

2.2.3 Las Aventuras de Tate

Las Aventuras de Tate es una aplicación desarrollada en 2017 por un equipo interdisciplinario conformado por la Ing. Teresa Puerma y las maestras de audición y lenguaje María José Pérez, Noelia Ruiz y Rocío Carmona en Córdoba, España. La aplicación fue diseñada para iPad, y aprovecha los sensores de este dispositivo para plantear diferentes desafíos interactivos donde la realización de los ejercicios son parte del tratamiento. [19]

La herramienta nos propone ayudar a Tate, un niño que ha perdido la voz como consecuencia de las travesuras de Babi, su hermana menor. La historia se desarrolla a través de distintos minijuegos donde los niños pueden ayudar a Tate de distintas maneras: “desayunando” frutas virtuales que se visualizan en pantalla, soplando para eliminar un polvillo maligno, o pronunciando los nombres de algunos objetos para completar rompecabezas. De esta forma se pretende amenizar el trabajo realizado por niños con trastornos del habla y del lenguaje con el acompañamiento de padres, educadores, y profesionales fonoaudiólogos.

La aplicación presenta una interfaz atractiva, colorida y simple. Cuenta con una versión gratuita que permite realizar los niveles más fáciles de los ejercicios, y otra paga donde se

permite adquirir nuevos minijuegos de forma individual o conjunta. Si bien sus desarrolladores anuncian que está disponible para iOS [20] y Android, la aplicación no se encuentra en Google Play Store. Es de código propietario, por lo que no existe la posibilidad de ampliar o reutilizar sus características. La última actividad del proyecto data de junio de 2019.



Figura 2.5. Tate y su hermana Babi en “Las Aventuras de Tate”.

2.2.4 Otros desarrollos

Exploramos otros desarrollos creados para el público anglohablante de distintos grupos etarios y para el tratamiento de diversos trastornos, entre los cuales destacamos los siguientes.

- **DAF Professional.** Es una aplicación desarrollada para iOS y Android, de código propietario y distribución paga, implementada para ayudar a aquellas personas que padecen tartamudez. La aplicación brinda asistencia al paciente para ralentizar su dicción, de manera tal de lograr una comunicación más clara. Está recomendada para pacientes con enfermedades neurológicas como el Parkinson. [21]
- **Speech Tutor.** Desarrollada para iOS, de código propietario y distribución paga. Cuenta con más de 130 animaciones 2D que describen desde varios puntos de vista la mecánica de la boca y la lengua en la producción de cada sonido. Permite al paciente grabar y comparar los sonidos producidos antes y después de recibir la asistencia en video. [22]
- **Articulation Station.** Disponible para iOS. Posee más de 1200 imágenes, historias y minijuegos para niños que permiten abordar de manera comprensiva varios aspectos de la articulación y la pronunciación de distintos sonidos. Permite agregar imágenes personalizadas para que el profesional fonoaudiólogo trabaje aspectos

particulares en la terapia. Es de código propietario, cuenta con una versión gratuita limitada y una versión paga. [23]

2.2.5 Observaciones

El análisis de distintas experiencias sobre la incorporación de TICs en los tratamientos fonoaudiológicos nos permite apuntar una serie de observaciones multidimensionales de cara a la propuesta de un desarrollo propio.

- Las aplicaciones no ofrecen su código fuente ni cuentan con licencias de distribución que permitan a otros desarrolladores ampliar o reutilizar algunas de sus características, o siquiera comprender cómo fueron implementadas.
- La mayoría de las aplicaciones no ofrece una vía de comunicación bidireccional con el usuario sino que se basan en un esquema de dictado de acciones.
- La mayoría de las aplicaciones no reacciona frente a las actividades globales o específicas del usuario.
- La mayoría de las aplicaciones relega al profesional fonoaudiólogo a un rol pasivo, limitado a convertirse en un mero observador o guía del tratamiento a partir de las actividades propuestas por los desarrolladores de la aplicación, sin posibilidad de ampliarlas o personalizarlas en función de las necesidades de sus pacientes.
- La mayoría de las aplicaciones no ofrece características de seguimiento que permitan al profesional evaluar el compromiso del paciente con el tratamiento, o el progreso logrado.
- Ninguna de las aplicaciones analizadas ofrece recursos ajenos al tratamiento fonoaudiológico en particular pero propios de cualquier tratamiento en general, como por ejemplo la notificación mediante avisos de que es tiempo de realizar la práctica.
- La incorporación de recursos multimedia, enriquecidos en algunos casos mediante la inclusión del paciente por medio de imágenes, video u objetos de realidad aumentada despierta el interés del paciente y permite una mejor adhesión al tratamiento, especialmente en niños.

2.3 Dispositivos móviles

Según estudios recientes de GSMA Intelligence y Ericsson Mobility Report, dos organizaciones enfocadas a analizar la actualidad y la proyección a futuro de la industria móvil, durante el año 2020 se registraron 5,19 mil millones de usuarios de dispositivos móviles, lo que representa aproximadamente el 67% de la población global [24]. Esto significa que dos de cada tres personas en todo el planeta tiene acceso a las redes móviles. De esta población de usuarios, el 73% está conectado desde un teléfono inteligente o *smartphone*, es decir, un dispositivo con prestaciones extendidas además de las funciones básicas como realizar llamadas o enviar mensajes de texto. Desde el año 2011 la cuota de tráfico en Internet registrado desde dispositivos móviles viene en aumento, hasta convertirse en los dispositivos más utilizados a partir del 2017, representando a febrero de 2021 el 56% del total de los accesos a las redes. Las estadísticas difundidas por las compañías responsables de las principales redes sociales también confirman que los usuarios prefieren los dispositivos móviles al momento de consumir o compartir contenidos: más del 95% de

los usuarios de Facebook acceden desde su dispositivo móvil, y el 86% lo utiliza para ingresar a Twitter. Estas cifras respaldan una tendencia hacia la adopción de los dispositivos móviles como principales dispositivos de acceso a las redes y uso de aplicaciones, en reemplazo de las computadoras de escritorio o portátiles que dominaron durante la década anterior.

La adopción del *smartphone* como dispositivo preferido para acceder a Internet y a las aplicaciones viene además acompañada con una mejora constante en las características del *hardware* y en las prestaciones ofrecidas por estas unidades, incluso en aquellos modelos más modestos. Según el reporte de mitad de año publicado en 2018 por el portal especializado GSM Arena, todos los dispositivos lanzados a partir del tercer trimestre del 2017 ofrecían microprocesadores de al menos cuatro núcleos, y el promedio de memoria RAM se establecía en los 4.3GB. Todos los dispositivos contaban con cámara principal y cámara secundaria para *selfies*. [25]

Si observamos específicamente la situación de nuestro país en enero de 2021 respecto a la disponibilidad de dispositivos móviles, podemos destacar que estos superan a la población total, existiendo 55.19 millones de dispositivos en contraste con una población argentina estimada en 45.40 millones de personas. [26]

La información descrita en los párrafos previos nos permite obtener una instantánea detallada sobre el contexto y la disponibilidad de dispositivos, a partir de la cual poder tomar decisiones tecnológicas sobre el desarrollo a realizar.

2.4 Gamification

Gamification es un concepto aplicado actualmente en diversas áreas: educación, ciencia, marketing, turismo, entre otros [27]. El término surgió en el año 2011 y hace referencia al “uso de elementos propios de los juegos en contextos distintos a los juegos”. No involucra necesariamente aspectos relacionados con la diversión sino que se define como la adopción de estrategias y diseños que puedan motivar al usuario o jugador e inducirlo a determinadas actitudes y acciones para alcanzar un objetivo preestablecido. En relación a estos aspectos de diseño, el profesor Kevin Werbach desarrolló en 2013 una jerarquía denominada “Pirámide de los Elementos de *Gamification*”, donde desglosa en tres categorías la experiencia para el jugador [28].

1. **Dinámicas.** Se ubican en la cima de la pirámide, incluyen elementos conceptuales que le dan significado al juego y hacen que la experiencia tenga sentido. Por ejemplo, la narrativa.
2. **Mecánicas.** Son los elementos que permiten realizar las dinámicas y empujan a su desarrollo. Por ejemplo, los retos hacen que el jugador se aventure a superar obstáculos para avanzar en la narrativa.
3. **Componentes.** Son los elementos de más bajo nivel que permiten implementar las mecánicas y las dinámicas de una manera específica. Por ejemplo, la acumulación de una cierta cantidad de puntos hace que un jugador supere un reto y avance en la narrativa.

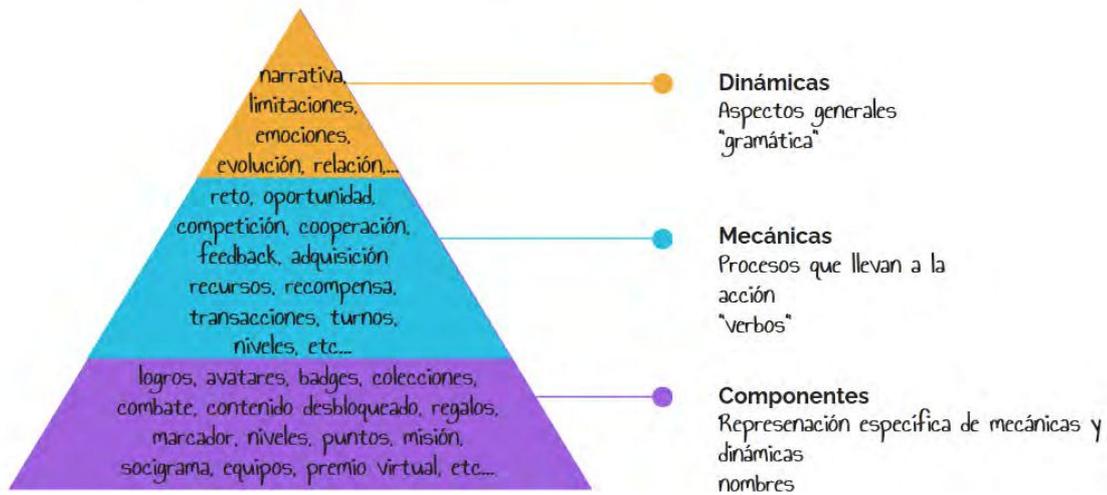


Figura 2.6. Pirámide de los Elementos de *Gamification*.

Existen evidencias de compañías como la surcoreana Neofect colaborando en la recuperación de pacientes víctimas de accidentes cerebrovasculares mediante el uso de *gamification* [29], o el desarrollo de SuperBetter por la diseñadora Jane McGonigal, una herramienta que ha demostrado muy buenos resultados en el tratamiento de la depresión, y particularmente en los trastornos mentales sufridos a raíz de la pandemia de COVID-19 [30].

Actualmente existen varias aplicaciones móviles muy populares que aplican aspectos de *gamification* para reforzar el compromiso de sus usuarios con prácticas que demandan la realización de rutinas de manera recurrente y por períodos relativamente prolongados (semanas o meses), aplicando mecánicas que motivan y despiertan interés. A continuación analizaremos algunas de ellas.

2.4.1 30 Day Fitness Challenge

30 Day Fitness Challenge fue desarrollada por Leap Fitness Group como parte de su extensa biblioteca de aplicaciones orientadas a incorporar la actividad física como un hábito supervisado desde nuestro dispositivo móvil. Con más de 10 millones de descargas y casi 600 mil reseñas promediando 4.8 / 5 puntos a mayo de 2021 [8], la aplicación fue galardonada como mejor aplicación móvil de Google Play Store en 2016, y mejor aplicación de superación personal. Recibe actualizaciones de forma periódica, y las rutinas son diseñadas por entrenadores físicos profesionales.

La aplicación presenta al usuario distintos desafíos que pueden ser elegidos a partir de sus objetivos y sus aptitudes particulares: pérdida de peso, tonificación, o bienestar personal. A su vez, cada desafío cuenta con tres niveles de dificultad. Se ofrecen resultados siempre y cuando el usuario adhiera al compromiso de realizar las rutinas todos los días, durante treinta días de manera ininterrumpida. Para esto la aplicación realiza una rigurosa supervisión e incentiva al usuario mediante recordatorios, notificaciones, y utiliza una

semántica que enfatiza el esfuerzo diario como parte de un todo: las rutinas realizadas se premian con un color verde y un ícono de éxito, conformando una pantalla homogénea y completa, mientras que las rutinas que se omitieron se sancionan con colores disruptivos.



Figura 2.7. 30 Day Fitness Challenge, progreso del desafío.

Las rutinas se representan como un listado de ejercicios cuya ejecución se acompaña a modo de guía con animaciones 2D que indican cada etapa del mismo, y a su vez de supervisa el tiempo de realización o la cantidad de repeticiones. Las rutinas diarias completas se celebran mediante la obtención de trofeos, y los desafíos superados se representan con progresión de medallas insignia de bronce, de plata, de oro.

La aplicación ofrece información puntual y global sobre las rutinas realizadas, indicando información útil para el usuario como la cantidad aproximada de calorías quemadas. También permite sincronizar estos datos con Google Fit.



Figura 2.8. 30 Day Fitness Challenge. Componentes de *gamification*.

30 Day Fitness Challenge es de código propietario. Su distribución es gratuita y cuenta con una versión paga. Es importante mencionar a partir de los puntos de interés de este trabajo que la aplicación no hace uso de ningún sensor del dispositivo del usuario sino que ofrece el servicio de guía e instructor apelando a su buena voluntad.

2.4.2 Duolingo

Duolingo es la aplicación por excelencia para aprender nuevos idiomas según publicaciones como PC Magazine, The Wall Street Journal o TIME Magazine. Está disponible para Android, Windows Phone, iOS, y cuenta con una versión para computadoras de escritorio. Desde su lanzamiento a finales de 2011 tuvo más de 100 millones de descargas solo para la plataforma Android [7]. Posee cursos para más de 30 idiomas para los usuarios anglohablantes, y 10 para los hispanohablantes, incluidas lenguas de pueblos originarios como el guaraní o el navajo. Se desarrollan nuevos cursos permanentemente gracias al trabajo de una comunidad muy activa en cooperación con Duolingo, Inc., la empresa desarrolladora.

El éxito de Duolingo se basa en que el estudio del idioma está dividido en pequeñas unidades temáticas que se presentan como niveles en un juego, que componen una narrativa a través de un árbol de progreso, donde estos los niveles completos habilitan nuevos niveles de mayor dificultad. La completitud de cada nivel se comunica mediante un lenguaje de colores, donde los niveles que no fueron completados se presentan en escala de grises, y los niveles completos se presentan a color acompañados de una corona que indica el nivel de dificultad con el que se superó, siendo el cinco el máximo nivel de dificultad y representado por un emblema dorado.



Figura 2.9. Niveles en un curso de Duolingo.

Cada nivel constituye un reto para el usuario donde un error se castiga con la pérdida de una vida, y cada nivel completo se premia con puntos. Estos puntos se pueden utilizar para obtener nuevos adornos o versiones de Duo, un búho verde que acompaña a los usuarios y cuyas versiones alternativas generan intriga que se transforma en un incentivo adicional para completar los desafíos. El progreso del usuario también se representa con un aumento de nivel, que incluso hasta el año 2017 era posible compartir en plataformas laborales como LinkedIn para respaldar la fluidez en un idioma.

La aplicación cuenta con una nutrida variedad de ejercicios entre los que se incluye: escribir la oración que se oye, seleccionar pares de palabras, completar oraciones, pronunciar o traducir frases, y escribir el nombre de un objeto representado por una imagen. Hace uso del micrófono y de los altavoces o auriculares del dispositivo del usuario.

Duolingo es de código propietario y distribución gratuita, ofreciendo *merchandising* como medio para apoyar al proyecto.



Figura 2.10. Ejercicio de pronunciación en Duolingo.

2.4.3 Peak

Peak es la implementación en formato de aplicación móvil de juegos mentales creados en conjunto con especialistas de las universidades de Cambridge y New York, entre los que se incluyen médicos y expertos en neuropsicología. Registra más de 10 millones de descargas y casi 500 mil reseñas en las que obtiene un promedio de 4.3 / 5 puntos. a mayo de 2021 [31]. El objetivo de Peak es actuar como un entrenador del cerebro trabajando distintas capacidades como la memoria, la concentración, la coordinación y la agilidad mental

mediante juegos mentales-cognitivos. Se distribuye como código propietario y cuenta con una versión gratuita y una versión paga.

En su versión gratuita, la aplicación propone un entrenamiento combinado de seis ejercicios diarios. Estos ejercicios son elegidos por la aplicación para reforzar las capacidades evaluadas como “más débiles” del usuario de acuerdo a las prácticas anteriores. Cada juego cuenta con un rango (aprendiz, experto, o leyenda) que se obtiene al adquirir experiencia y determina la dificultad de las prácticas posteriores. Las actividades se explican mediante animaciones que presentan a modo de demostración las mecánicas de cada una de ellas. Además, la aplicación permite al usuario acceder a un panel de supervisión donde puede visualizar su progreso en cada una de las áreas. El compromiso del usuario con sus rutinas se fomenta mediante un sistema de notificaciones que lo invitan diariamente a completar un desafío de pocos minutos.



Figura 2.11. Peak.

2.4.4 | Love Hue

I Love Hue no implementa *gamification* en pos de un objetivo de salud física, cognitivo o educativo sino que se presenta como *un paseo hacia el color y la percepción*, implementando técnicas de respuesta sensorial meridiana autónoma -ASMR, por sus siglas en inglés: *Autonomous Sensory Meridian Response*- para cautivar e intrigar al usuario con una experiencia visual y musical, y envolverlo en una narrativa tácita que favorece a la relajación y el bienestar general.

La aplicación fue desarrollada por el estudio británico Zut! y cuenta con más de 5 millones de descargas en Google Play Store [32]. Su diseño es minimalista y su interfaz extremadamente simple, ofreciendo cuatro mundos que se dividen en niveles, donde el usuario debe acomodar mosaicos de colores en espectros ordenados mientras disfruta de la banda sonora. La complejidad de los niveles avanza en función del progreso del usuario, comenzando con niveles simples de pocos mosaicos y finalizando con cientos de estos. El desempeño personal puede compararse con el promedio mundial para ir desbloqueando logros y obteniendo insignias al superarlo.

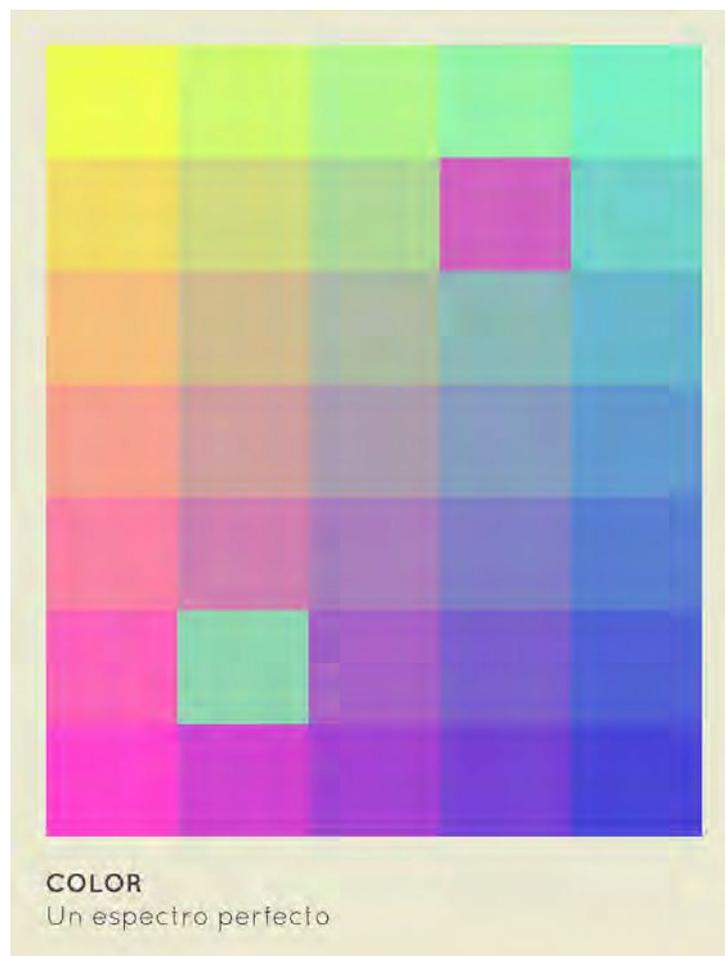


Figura 2.12. I Love Hue, primeros niveles.

Esta aplicación resulta de interés para este trabajo porque da respaldo a dos premisas sobre las que se basará el desarrollo posterior. En primer lugar, hace uso de narrativas implícitas como **dinámicas** para aplicar *gamification*, es decir, motiva e intriga al usuario a preguntarse *qué pasa después* pero sin la necesidad de narrar una historia en el sentido tradicional sino ofreciendo nuevas **mecánicas** de juego, principalmente transiciones y modos de jugar. Por otro lado, en la sencillez de la interfaz destacan la poca profundidad -con dos intervenciones el usuario ya puede comenzar a jugar- y la casi nula verbalidad, lo que amplía la experiencia a usuarios de todas las edades, saltando barreras idiomáticas e incluso cognitivas.

Capítulo 3: Diseño

3.1 Idea general

El análisis del contexto descrito en el capítulo 2 permite establecer una base concreta sobre la cual comenzar a construir una solución. Para unificar criterios y avanzar con el diseño de una hoja de ruta utilizamos como metodología preguntas principalmente del tipo **qué, por qué, y cómo**, de manera tal de que la siguiente pregunta sea consecuencia de la respuesta previa. Esto nos permite describir la solución de manera incremental al mismo tiempo que definimos las distintas líneas de desarrollo, su concurrencia y sus dependencias.

Como se mencionó en la sección 1.2.1 de este trabajo, nuestro objetivo es *desarrollar una aplicación móvil interactiva que sirva como acompañante terapéutico en los tratamientos de los trastornos del habla, del lenguaje, y de la alimentación, integrando aspectos de seguimiento, motivación y gamificación mediante el uso de TICs*. A partir de esta definición y de la información recopilada podemos empezar a realizarnos algunas preguntas de orden general.

¿Por qué una aplicación móvil?

Porque los dispositivos móviles son los dispositivos predominantes a los que tiene acceso una porción considerable de la población entre las que se incluye nuestro público objetivo.

¿Cuál es nuestro público objetivo?

Público en general, usuarios capaces de operar con un dispositivo móvil utilizando la pantalla táctil, independientemente de su edad: niños, jóvenes y adultos.

¿Por qué una aplicación interactiva?

Porque buscamos construir un diálogo multidimensional con el usuario sobre el cual desarrollar una narrativa que abstraiga los ejercicios propios del tratamiento y los presente como retos para progresar en la historia.

¿Cuáles son los aspectos de seguimiento a tener en cuenta?

La realización de las rutinas y de los ejercicios que las componen, y que el profesional fonoaudiólogo pueda indagar en el cumplimiento de los mismos, o en el caso del no cumplimiento, en los motivos por los cuales no fueron realizados.

¿Cuáles son los aspectos de motivación?

La motivación podemos trabajarla desde múltiples perspectivas, entre ellas: la presentación de mensajes de apoyo frente al éxito o al fracaso al realizar ejercicios, o congratulaciones al completar un desafío o adherir rigurosamente a la rutina; también podemos utilizar notificaciones y recordatorios para acompañar al usuario en un contexto externo al de la ejercitación en sí misma.

¿Cuáles son los aspectos de *gamification*?

De acuerdo a la Pirámide de Elementos de *Gamification* estudiada en la sección 2.4, la historia que podemos plantear desde la aplicación constituye una **dinámica** sobre las que planteamos **mecánicas** de juego, en este caso, los ejercicios del tratamiento fonoaudiológico como retos que el usuario debe superar, y que implementamos con **componentes** tales como logros, recompensas, o un sistema de puntos que permita que la historia avance y al mismo tiempo genere intriga, lo que se suma como aspecto de motivación.

Estas preguntas y sus respuestas nos permiten establecer una serie de requerimientos para ordenar el trabajo posterior.

- Necesitamos utilizar o desarrollar mecanismos de interacción con el usuario que sean compatibles con un tratamiento fonoaudiológico y que permitan desarrollar las mecánicas de juego.
- Necesitamos desarrollar una narrativa que se construya sobre el tratamiento fonoaudiológico.
- Necesitamos definir un marco tecnológico que permita desarrollar los dos puntos previamente expuestos en la forma de una aplicación para dispositivos móviles.

3.2 Uso de sensores

La disponibilidad y el potencial de uso que ofrecen los sensores de los dispositivos móviles actuales resulta ser uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo de este trabajo visto que consideramos como característica innovadora que sea *conditio sine qua non* -locución latina para decir “condición sin la cual no”- la correcta realización de cada praxia, en contraste con otras aplicaciones evaluadas donde se apela a la buena voluntad del usuario o a mecanismos de supervisión convencionales. Con la colaboración de la Flga. María Silvana Peluffo analizamos el universo de praxias con las que se componen los tratamientos de diversas patologías e identificamos factores comunes que nos permitieran definir subconjuntos y posteriormente contrastarlos con el listado de sensores detallado en la sección 2.3 de este trabajo. Obtuvimos los resultados descritos en la Tabla 3.1 y profundizamos en el estudio particular de cada sensor.

Tipo de ejercicio	Observación	Sensor (<i>hardware</i>)
Dicción	Ejercicios con frases, palabras o fonemas	Micrófono
Respiratorio	Ejercicios con el diafragma, la capacidad pulmonar y la cavidad oral	Micrófono
Motricidad orofacial	Ejercicios con la cara, la cavidad oral, la lengua, los labios	Cámara frontal

Tabla 3.1. Ejercicios de fonoaudiología y sensores en dispositivos móviles.

3.2.1 Sensor e intérprete de frases

La implementación de un sensor para los ejercicios de dicción involucra en primera instancia el estudio de los trastornos que ayudan a resolver estos ejercicios. Entre ellos destacamos la dislalia, un trastorno en la articulación de fonemas donde se omiten algunos sonidos o se los reemplaza por otros [33], y la disfemia, donde el habla se interrumpe con pausas anormales o con la repetición de sonidos y sílabas [34]. Los ejercicios propuestos por los fonoaudiólogos para mejorar estas condiciones incluyen la práctica con frases y palabras que ayuden al paciente a ejercitar con ciertos fonemas o regular sus tiempos para lograr expresarlos de manera correcta y en orden. Por lo tanto, una interacción que pueda utilizarse para implementar ejercicios de dicción debería satisfacer los siguientes requerimientos.

- Captar los sonidos emitidos por el paciente.
- Interpretar estos sonidos y evaluarlos a partir de un objetivo.
- Emitir una devolución que pueda ser interpretada por la aplicación.

La construcción de un sensor e intérprete de frases para realizar ejercicios de dicción resulta ser más compleja que la captación de sonidos mediante el uso del micrófono ya que es necesario procesar esta entrada de datos y evaluarlos. Sin embargo, esta definición resulta ser compatible con la del reconocimiento automático de voz, una herramienta capaz de procesar la voz y reconocer la información contenida. Esta tecnología está particularmente relacionada con los dispositivos móviles en la actualidad si pensamos en aplicaciones como Cortana [35], Siri [36], Alexa [37] o el asistente de Google [38], que utilizan inteligencia artificial para interpretar y ejecutar comandos dictados por la voz del usuario. Si bien estas aplicaciones suelen ser de código propietario, podría resultar factible utilizarlas como servicio para construir un sensor e intérprete de frases o en su defecto interiorizarnos en su desarrollo para rescatar aspectos claves de su implementación tales como estrategias para el procesamiento de fonemas, tipos de redes neuronales o modelos de entrenamientos utilizados, entre otros.

3.2.2 Sensor de soplos

Mejorar la capacidad pulmonar y entrenar los músculos involucrados en la respiración no es exclusivo de los tratamientos de fonoaudiología sino que también aplica a disciplinas como la locución o el canto [39]. La respiración es de suma importancia para la normal producción de la voz y el habla; es requisito fundamental aprender a dominar el soplo fonatorio -fase de espiración, salida del aire durante la emisión vocal- para poder emitir sonidos continuos y fluidos [40]. Los fonoaudiólogos disponen actualmente de una gran colección de recursos analógicos para proponer ejercicios respiratorios principalmente a los niños, por ejemplo: orugas de papel para jugar carreras, levitación de pelotas de poliestireno expandido con un sorbete, inflar globos o soplar silbatos espantasuegras.



Figura 3.1. Orugas de papel para ejercicios respiratorios.

En el caso de las *orugas* de papel, se construyen orugas utilizando una tira de papel plegado en siete u ocho partes iguales, formando una suerte de puente. Cuando el paciente sopla, la oruga se aplasta contra la superficie que la sostiene, y al dejar de soplar el puente sufre un efecto resorte que hace que la oruga se mueva hacia adelante. De esta forma, regulando los tiempos de soplido y reposo el paciente puede hacer avanzar a la oruga y llegar a la meta. Esta metodología permite *gamificar* el ejercicio y presentarlo como un juego donde el desafío no es completar una rutina en un tratamiento sino darle vida a una criatura de papel y ganar una carrera.

En la aplicación *Las Aventuras de Tate* analizada en la sección 2.2.3 de este trabajo observamos que es posible utilizar el micrófono para detectar soplos ya que esta mecánica es parte de uno de los juegos propuestos, donde el usuario debe *limpiar* el polvo tóxico de la pantalla. También existen otras implementaciones, como la del simulador *Balloons in phone*, disponible en Google Play Store, que propone inflar globos virtuales hasta que exploten [41]. En ambos casos las implementaciones son de código propietario, por lo que es imposible utilizarlas como referencia para implementar un sensor de soplos propio, pero resulta alentador para esta investigación confirmar que es factible un desarrollo original utilizando como entrada los sonidos capturados por el micrófono al soplar.

3.2.3 Sensor de gestos

La disartria es un trastorno de articulación incluido dentro de la dislalia y donde el paciente está impedido de pronunciar algunas palabras debido a deficiencias en los músculos del habla [42]. Para este y otros trastornos como la disfagia, o para prevenir daños autoinfligidos como el desplazamiento de piezas dentales se realizan ejercicios de motricidad orofacial donde se involucran el rostro y la cavidad bucal: pómulos, nariz, labios, lengua, paladar [15]. La realización frecuente de praxias permite fortalecer los músculos de la zona y entrenar la propiocepción por parte del paciente para sustituir malos hábitos por

otros más saludables. Estos ejercicios resultan ser muy diversos pero comparten una característica común: se realizan por etapas, y cada etapa puede ser interpretada como un gesto.

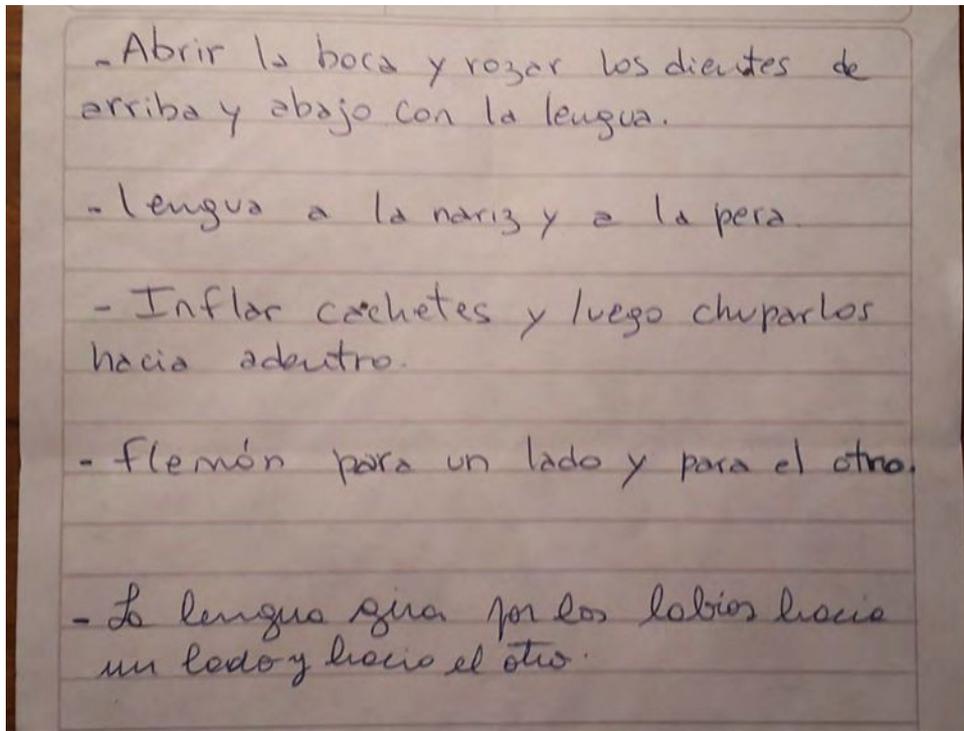


Figura 3.2. Praxias para la motricidad orofacial.

El reconocimiento facial es un área de investigación que durante los últimos años experimentó varios avances gracias a los trabajos realizados en procesamiento automático de imágenes y redes neuronales. Podemos encontrar la implementación de esta tecnología en sistemas de seguridad para validar la identidad de las personas, sea en circuitos de video vigilancia o para autenticarse en un dispositivo, como también en aplicaciones de naturaleza más lúdica como Instagram [43] o Tik Tok [44]. En estas últimas el reconocimiento facial se utiliza para construir mapas tridimensionales sobre el rostro de los usuarios y sobre ellos definir puntos de referencia que luego servirán para aplicar filtros, es decir, modificaciones digitales que actúan sobre la imagen o el video suministrado por el usuario y cuyos resultados suelen presentarse en pantalla en vivo.



Figura 3.3. Filtro de Instagram implementado por @lowercasecomics.

Existen filtros que además permiten capturar la actividad del usuario como método de interacción, por ejemplo, iniciando la ejecución de alguna animación o efecto cuando el usuario parpadea, abre la boca, sonrío o saca la lengua [45]. Estas experiencias nos permiten concluir que es posible implementar reconocimiento facial utilizando la cámara frontal de los dispositivos móviles, pero que además este reconocimiento se extiende a la identificación de gestos. Adicionalmente, la popularidad de aplicaciones como Instagram o Tik Tok, ambas con más de mil millones de descargas a mayo de 2021 en Play Store, indican que el procesamiento de imágenes es viable con una buena performance utilizando el *hardware* disponible en los dispositivos móviles promedio.

No es posible analizar las implementaciones de reconocimiento facial de Instagram o Tik Tok debido a que estas aplicaciones se distribuyen como código propietario, sin embargo existen *toolkits* de distribución libre como dlib [46] o TensorFlow [47] que cuentan con herramientas para procesar y clasificar imágenes o fotogramas, lo que eventualmente podría constituir el núcleo de un sensor de gestos de implementación propia.

3.3 Diseño de la aplicación

Una vez evaluada la factibilidad de la implementación de los sensores requeridos para interactuar con el usuario, podemos comenzar a trabajar en un planteo más concreto de una solución para finalmente elaborar un plan de acción. Resulta conveniente recordar que el trabajo en este momento se realiza en dos líneas bien definidas e interdependientes: una línea conceptual sobre la que trabajamos **qué** características desarrollar y **por qué** hacerlo, y una línea tecnológica que nos permite identificar **cómo** hacerlo.

Para avanzar en nuestra línea conceptual, identificar grupos de usuarios y el alcance de cada uno de ellos dentro del sistema, redactamos una descripción sencilla del mismo utilizando un lenguaje coloquial pero específico.

“La herramienta consiste en una aplicación móvil que sirve de ayuda durante la realización de un tratamiento fonoaudiológico. A través de la aplicación los usuarios pueden realizar sus rutinas de ejercicios, recibiendo una devolución por parte de la aplicación si los realizaron correctamente. Los usuarios van a ser motivados mediante la propuesta de un juego, y se les recordará que deben realizar las rutinas diariamente utilizando notificaciones. Los fonoaudiólogos son quienes confeccionan los ejercicios y rutinas de cada uno de sus pacientes. Los fonoaudiólogos que administren los tratamientos van a poder verificar la actividad de sus pacientes, y recibir registros multimedia por parte de estos para complementar la bitácora de progreso o suplementar los encuentros presenciales. Los administradores del sistema pueden acceder a todas las características disponibles para brindar asistencia a usuarios y fonoaudiólogos”

Con esta definición podemos clasificar a los usuarios en tres grupos: usuarios, fonoaudiólogos, y administradores. Por motivos prácticos decidimos denominarlos de la siguiente manera.

- **Pacientes.** Son los usuarios que realizan un tratamiento de fonoaudiología.
- **Supervisores.** Son los usuarios que administran los tratamientos de fonoaudiología de sus pacientes a cargo.
- **Administradores.** Son los usuarios que dan soporte a pacientes, supervisores, y otros administradores.

3.3.1 Roles

La definición de roles nos habilita a su vez a listar cada una de las acciones que deseamos que sean realizables por cada uno de ellos.

Pacientes

1. Pueden registrarse en la aplicación.
2. Pueden iniciar sesión en la aplicación.
3. Pueden cerrar sesión en la aplicación.
4. Pueden cambiar su contraseña de acceso.
5. Pueden enviar un registro de audio o video a su supervisor.
6. Pueden listar las rutinas confeccionadas por su supervisor y consultar la última fecha de realización.
7. Pueden realizar las rutinas asignadas por su supervisor.
8. Pueden listar los ejercicios admitidos por la aplicación para aprenderlos y practicarlos.
9. Pueden configurar recordatorios para recibirlos en su dispositivo móvil en el horario elegido.

Supervisores

1. Pueden registrarse en la aplicación. Deben ser autorizados por un administrador como supervisores.
2. Pueden iniciar sesión en la aplicación.
3. Pueden cerrar sesión en la aplicación.
4. Pueden cambiar su contraseña de acceso.
5. Pueden tomar pacientes bajo su tutela.
6. Pueden crear nuevos ejercicios.
7. Pueden crear nuevas rutinas para sus pacientes, activarlas o desactivarlas.
8. Pueden verificar la actividad de sus pacientes, consultando si realizaron o no las rutinas y cada ejercicio individualmente.

Administradores

1. Pueden restablecer la contraseña de cada usuario.
2. Pueden autorizar a un usuario como supervisor.
3. Pueden activar o desactivar usuarios.
4. Pueden aplicar medidas de corrección o mitigación de errores por acciones realizadas por pacientes o supervisores.

3.3.2 Arquitectura

Concluimos a partir de los roles diferenciados en la sección anterior que, si bien el requerimiento del uso de sensores presentes en los dispositivos móviles es indispensable para los pacientes, no es así para supervisores y administradores; por el contrario, el acceso a las acciones de supervisión y administración desde otros dispositivos a través de una aplicación de escritorio resultaría conveniente para facilitar algunos aspectos, entre ellos:

- La supervisión global del tratamiento, por ejemplo visualizando una mayor cantidad de rutinas asignadas al paciente.
- La accesibilidad en la visualización de calendarios con registros de actividad.
- La búsqueda de recursos multimedia para confeccionar ejercicios, por ejemplo utilizar otra ventana para buscar una imagen que ilustre un ejercicio.
- La utilización de otras herramientas de accesibilidad, por ejemplo para supervisores con la visión reducida.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que el almacenamiento de datos en el dispositivo del usuario como única estrategia de persistencia no es suficiente para garantizar disponibilidad, integridad, seguridad, portabilidad ni interoperatividad. Por ejemplo, el progreso del paciente en su tratamiento no debería perderse en caso de ser necesario utilizar un nuevo dispositivo móvil.

Estos nuevos requisitos no funcionales nos permiten observar la necesidad de implementar una instancia centralizada de base de datos y una aplicación web que facilite y extienda el acceso y uso de los recursos a supervisores y administradores. Con este esquema, además, consideramos acertado diseñar una API como capa de abstracción e interacción

por encima de los datos, de forma tal que sea accesible por la aplicación móvil, la aplicación web, y cualquier otra funcionalidad que pueda ser proyectada a futuro para aprovecharlos. La arquitectura del ecosistema obtenida es descrita gráficamente en la siguiente figura.

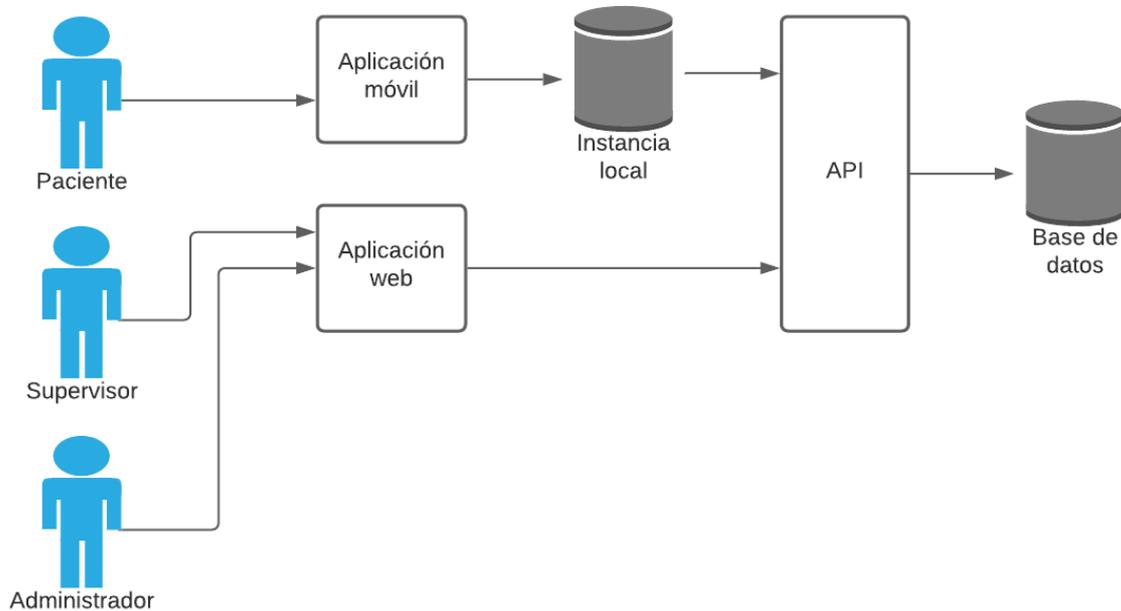


Figura 3.4. Arquitectura del ecosistema.

3.3.3 Modelo de datos

Para dar soporte a las características previamente mencionadas diseñamos para la aplicación web el modelo de datos descrito en la Figura 3.5.

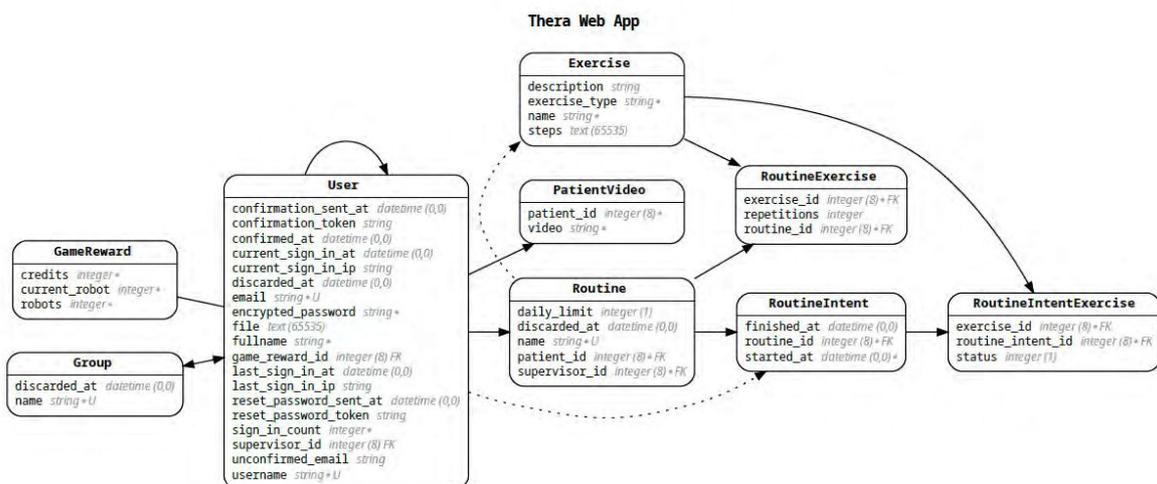


Figura 3.5. Modelo de datos de la aplicación web.

El modelo de datos involucra las siguientes clases, observando a las clases *User* y *Exercise* como núcleos de la aplicación.

- **User.** Es una de las clases principales, representa a los usuarios independientemente de su rol. Tiene como atributos información de autenticación, de auditoría y de contacto. En el caso de los usuarios Pacientes, permite indicar quién es su Supervisor.
- **Group.** Representa los roles que puede tener asignado un usuario.
- **GameReward.** Es una clase auxiliar y complementaria de *User*. Refleja información sobre los créditos que posee el usuario, el estado actual del robot en construcción, y la cantidad de robots completados.
- **PatientVideo.** Representa los videos de hasta 10 segundos que un usuario puede enviar a su Supervisor.
- **Exercise.** Es otra de las clases principales de la aplicación, representa a los ejercicios modelados en el sistema a través de su tipo, su nombre, su descripción y los pasos que contiene persistidos como JSON [48].
- **Routine.** Representa las rutinas que un Supervisor crea y asocia a un paciente.
- **RoutineExercise.** Permite especificar cómo una rutina se relaciona con un ejercicio, especificando la cantidad de repeticiones diarias objetivo.
- **RoutineIntent.** Representa la intención de un usuario de realizar una de las rutinas asignadas. Es fundamental para poder realizar el seguimiento de la actividad del usuario, y se utiliza para documentar cuándo el usuario inició y finalizó una de sus rutinas.
- **RoutineIntentExercise.** Se utiliza para profundizar en el seguimiento de la actividad de los pacientes, permitiendo registrar si los usuarios tuvieron éxito o no al momento de realizar cada uno de los ejercicios que componen sus rutinas.

El soporte a los datos almacenados localmente en el dispositivo móvil de cada paciente se describe en la Figura 3.6.

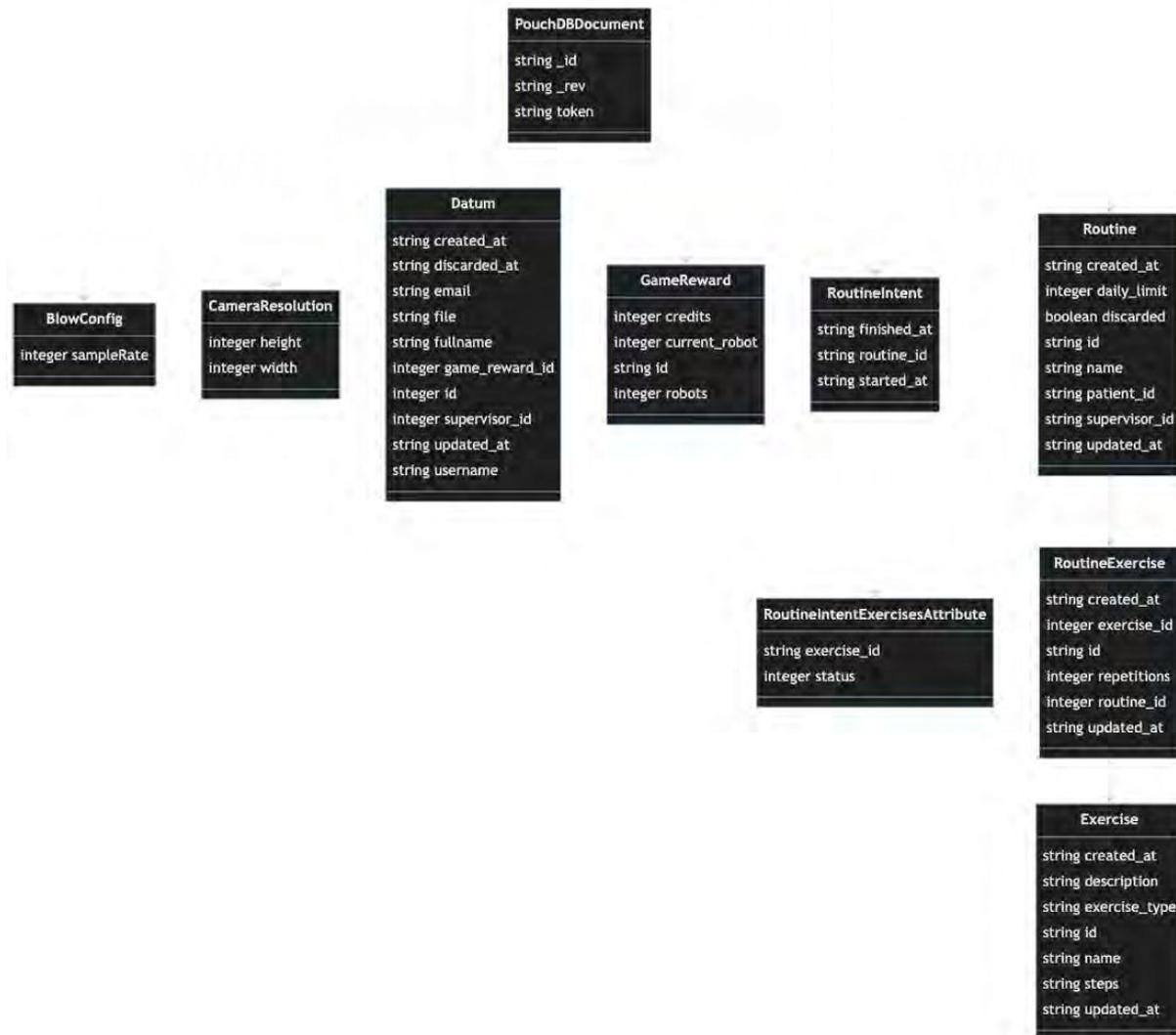


Figura 3.6. Modelo de datos de la aplicación móvil.

En la aplicación móvil el protagonismo lo tiene el usuario autenticado, ya que es a partir de la validación de sus credenciales que se envía la información de estado del mismo desde la aplicación web a la aplicación móvil. Los documentos almacenados se tipifican de la siguiente manera.

- **PouchDBDocument**. Es el documento raíz donde se almacena la información que identifica al usuario y el *token* provisto para operar con la aplicación web.
- **BlowConfig**. Es la configuración asignada para el uso del micrófono.
- **CameraResolution**. Es la configuración asignada para el uso de la cámara frontal.
- **Datum**. Es el documento donde se almacena la información del usuario como paciente, su dirección de correo electrónico de contacto, su nombre completa, las recompensas obtenidas, el nombre de usuario y el identificador de su supervisor.
- **GameReward**. En este documento se almacena el estado de las recompensas obtenidas, entre ellas, cantidad de créditos disponibles, estado actual del androide en construcción, y cantidad de androides completos.

- **RoutineIntent**. En esta biblioteca se almacenan todos los intentos del usuario por realizar una rutina, independientemente de que la haya completado.
- **RoutineIntentExerciseAttribute**. En esta biblioteca se almacena la información específica sobre la realización de cada ejercicio de una rutina, en particular si fue realizado con éxito o no.
- **Routine**. En esta biblioteca se almacenan las rutinas asignadas al usuario.
- **RoutineExercise**. Este documento es el que permite relacionar una rutina con cada uno de los ejercicios que la componen, permitiendo especificar la cantidad de repeticiones.
- **Exercise**. Esta biblioteca almacena la información del ejercicio a realizar: tipo, nombre, descripción, y los pasos que contiene, esto último descrito como JSON.

3.4 Diseño del juego

De acuerdo a la Pirámide de Elementos de *Gamification* descrita en la sección 2.4, la implementación de *gamification* involucra definir **dinámicas** a partir de **mecánicas** que se construyen con **componentes**. Para el caso particular de este trabajo, contamos con un elemento indivisible por defecto dado por el contexto, que es el ejercicio a realizar. Pero en este punto vale observar que la construcción de la pirámide no implica necesariamente comenzar por la base para llegar a la cúspide sino que describe una relación funcional entre los grupos de elementos; en otras palabras, podríamos primero definir una narrativa que sirva como dinámica para luego trabajar sobre sus mecánicas y componentes. Esto es válido ya que la narrativa suele venir acompañada de un vocabulario que puede implicar modificaciones sobre los dos grupos subyacentes. Por ejemplo, si el juego propuesto incluyera una narrativa sobre piratas, sería conveniente que los retos (mecánicas) sucedan en alta mar o involucren tesoros, y los logros se celebren con monedas de oro.

Para este trabajo, una vez establecidos los ejercicios a implementar, cuáles sensores vamos utilizar y cómo, y los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación en su totalidad, podemos comenzar a pensar en estos aspectos de *gamification* que sirvan de abstracción para el tratamiento por medio de una semántica que funcione como *pegamento* para todos estos elementos. Para honrar a la honestidad intelectual es necesario mencionar que la creación de esta narrativa no es producto de un evento puntual y finito sino que consiste en un proceso de maduración permanente donde se incorporaron, modificaron y eliminaron componentes para obtener un resultado incompleto pero suficiente; a fines prácticos, vamos a describirlo como una sucesión de eventos incrementales.

3.4.1 Diseño del contexto y la semántica

El estudio de los sensores descritos en la sección 3.2 significó nuestro primer acercamiento en el marco de este trabajo a la interpretación de información del mundo real utilizando computadoras. En el caso del sensor de gestos, por ejemplo, el desafío no consiste en captar imágenes que puedan contener un rostro sino saber que estamos captando imágenes de un rostro y, eventualmente, identificar el estado de ese rostro. De manera análoga podemos pensar en el sensor de palabras; no se captan sonidos, se capta la voz y se interpretan las palabras pronunciadas. En ambos casos se utilizan técnicas de

aprendizaje automático, una de las ramas de la inteligencia artificial sobre las que profundizaremos en el capítulo 4. Sabemos que la inteligencia artificial es un campo de las ciencias de la computación de suma importancia en los últimos años, a tal punto que es considerado como uno de los pilares de la cuarta revolución industrial [49], y la principal herramienta mediante la cual la humanidad aspira a proyectar exponencialmente su inteligencia [50]. Con este *dossier* es inevitable imaginar su potencial como tema principal en una ficción. Sin embargo, cuando volvemos al caso real, ¿qué estamos haciendo? ¿qué pretendemos lograr? Un sensor de palabras funciona porque una computadora *aprendió* a identificar palabras, y para que aprenda es necesario *enseñarle*. Por otro lado, un tratamiento fonoaudiológico implica en muchos casos un aprendizaje por parte del paciente; en este punto la simetría entre la propuesta del mundo real y la del mundo ficcional es evidente: ¿y si invertimos los roles? Que sea el paciente quien “le enseña” a la aplicación cómo hacer los ejercicios, que sea quien “ayuda” a la aplicación en pos de un objetivo definido. Pero, ¿cuál objetivo?

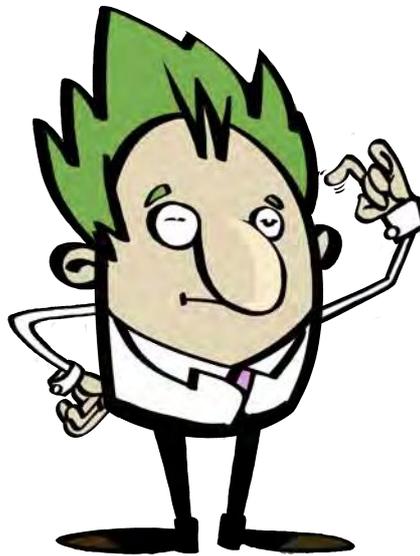


Figura 3.7. El profesor Alan Theralov nos ayuda a pensar.

En esta instancia descubrimos que nuestro objetivo resultaba ser, paradójicamente, el mismo que el de nuestra aplicación. Nuestro “juego” era el mismo juego que deberían resolver los pacientes de tratamientos fonoaudiológicos: entrenar a un dispositivo tecnológico para reconocer palabras, frases, gestos y soplidos para aprenderlos y poder utilizarlos en pos de un objetivo. Así nace el **proyecto Thera**, el ambicioso trabajo del profesor Alan Theralov, un investigador experto en inteligencia artificial que desde hace varios años trabaja en un androide capaz de interactuar con los seres humanos para relacionarse y colaborar con ellos. El profesor convoca a todos los voluntarios que deseen ayudarlo a participar en las sesiones de entrenamiento del androide Thera, para enseñarle los gestos, las palabras y las interacciones que utilizamos los humanos. Al completar con éxito cada sesión obtendremos créditos que luego podremos canjear por piezas para construir nuestro propio androide. El profesor nos facilita además una extensa biblioteca donde podemos aprender cómo prepararnos para entrenar al robot, y una poderosa

computadora desde la cual podremos iniciar los entrenamientos o configurar nuestra agenda para recordar cuándo realizarlos.

3.4.2 Diseño de interfaces

Para el diseño de las interfaces de nuestra aplicación comenzamos a trabajar con bocetos basándonos en lo relevado durante el estudio de las aplicaciones descritas en la sección 2.4. Nuestro planteo inicial consistía en tres pestañas: rutinas, estado/progreso y guía de ejercicios. Podemos observar estos primeros planteos en la Figura 3.8.

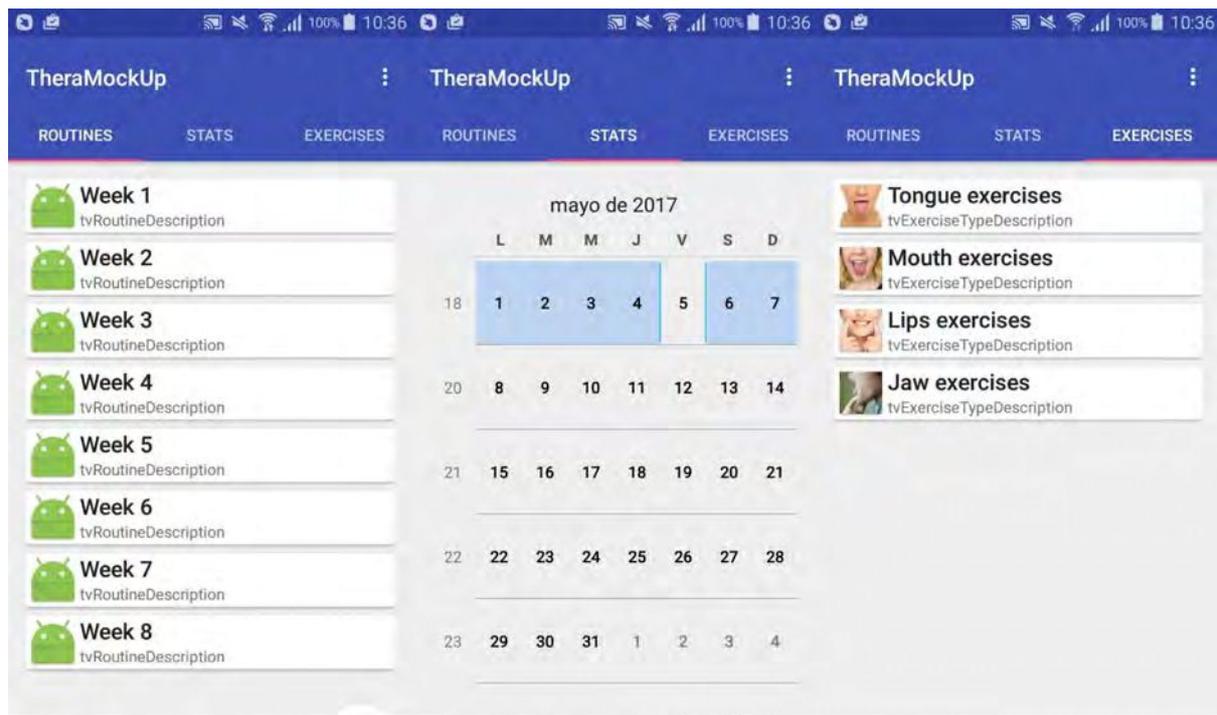


Figura 3.8. Primeros bocetos de la aplicación móvil.

Esta maqueta, si bien resultaba práctica y funcional, carecía de atractivo, en particular para niños y jóvenes, y tampoco permitía construir la aplicación *gamificada* que imaginábamos. Buscamos asesoramiento con Antonella Venica [51], Licenciada en Diseño en Comunicación Visual, quien nos explicó que “para establecer un *lenguaje* en la interfaz es necesario definir el *contexto* en el que vamos a utilizar este *lenguaje*”. A partir de esta premisa identificamos que nuestro contexto ya estaba definido: el laboratorio/taller del profesor Theralov, y esto nos permitió definir los elementos que componen nuestro lenguaje; el androide Thera, las herramientas utilizadas para ensamblar un androide, el equipamiento de un laboratorio, entre otros.

Para ofrecer una experiencia atractiva y accesible investigamos los diseños propuestos por otros autores para diseños de laboratorios, los cuales compartimos en la Figura 3.9.

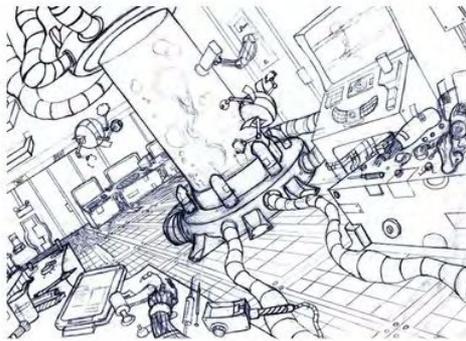
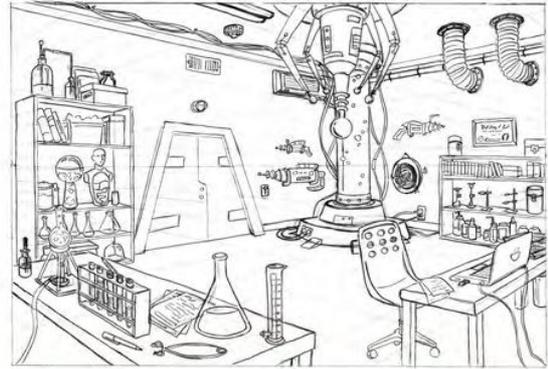


Figura 3.9. Diseños de laboratorios.

En los cuatro diseños presentados observamos la presencia de distintas regiones: plataformas donde se construyen o realizan experimentos misteriosos, mesas de trabajo, puertas, computadoras, paneles de control y bibliotecas. El vocabulario que identificamos con este relevamiento también podría ser el vocabulario que materialice el lenguaje de nuestra interfaz. Una biblioteca podría almacenar libros con información sobre cómo entrenar y construir al androide; una plataforma enigmática sería el lugar donde se construyera el androide; y desde una computadora podríamos consultar y recibir instrucciones sobre cuál trabajo realizar para avanzar con nuestro proyecto. Esta naturaleza tríptica de la interfaz, ahora, tenía forma de laboratorio, y gracias a la intervención del artista plástico y docente de las cátedras de Dibujo y Muralismo de la Facultad de Artes (UNLP), Pablo Motta [52], nuestro laboratorio comenzó a transformarse en algo concreto.

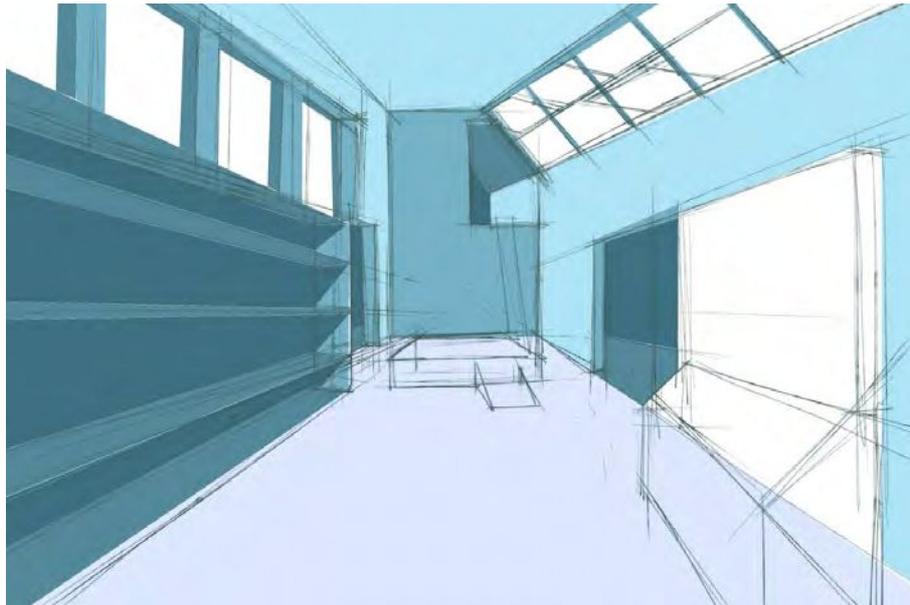


Figura 3.10. Primer boceto del laboratorio del profesor Theralov.

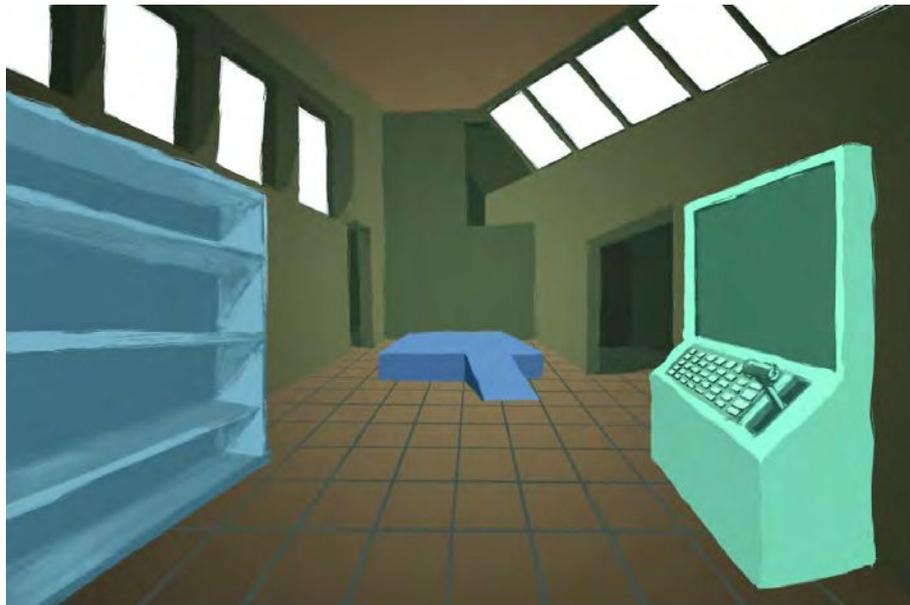


Figura 3.11. Segundo boceto del laboratorio del profesor Theralov.

Nuestro laboratorio necesitaba ahora a un científico que trabajara en él. Basándonos en programas para niños y jóvenes, principalmente de los años 1990 y 2000, tales como *Hijitus*, *El Laboratorio de Dexter*, *El Mundo de Beakman*, y *Jimmy Neutron*, imaginamos a un profesor de baja estatura y cabellos alocados.



Figura 3.12. Primer boceto del profesor Theralov.

La genial intervención de Pablo Motta permitió que el primer boceto manuscrito que compartimos en la Figura 3.12 se transforme en la figura simpática y divertida que observamos en la Figura 3.13.

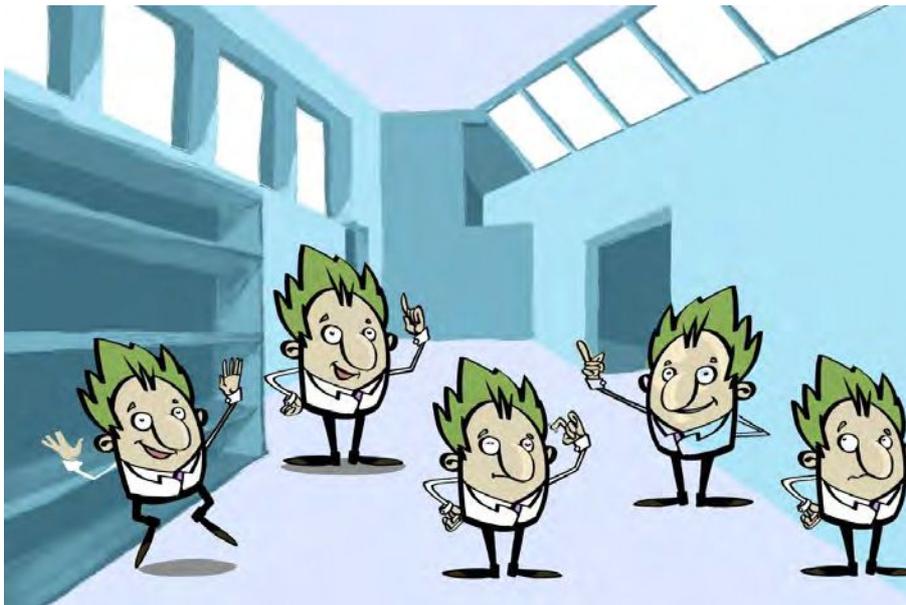


Figura 3.13. El profesor Theralov en su laboratorio.

Finalmente, con el profesor ya instalado en su laboratorio, solo faltaba darle una forma al androide Thera. Buscando en diversos repositorios de imágenes encontramos el trabajo de la ilustradora Olivia Cheng [53], autora de la ilustración que vemos en la Figura 3.14, el rostro amigable de un androide que con un primer vistazo identificamos como el rostro de nuestro androide Thera.

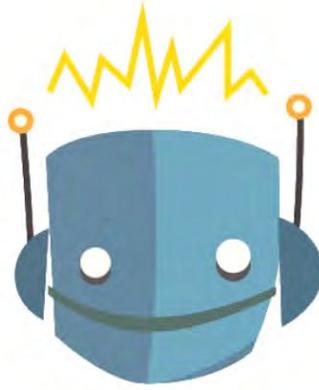


Figura 3.14. El androide Thera.

Consultamos a Olivia sobre la posibilidad de utilizar su trabajo en este proyecto, y gentilmente nos otorgó una licencia *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International Public License* [54] para poder incluirlo de manera legal y transformarlo en la cara visible del proyecto. Luego acudimos nuevamente a Pablo Motta para solicitarle que construyera un cuerpo para el androide, visto que en ese cuerpo estarían las piezas que los usuarios deberían canjear. De esta forma, el diseño de la interfaz quedó completo tal y como lo vemos en la Figura 3.15.



Figura 3.15. Interfaz completa de la aplicación.

3.5 Otros aspectos

Para finalizar con el diseño de nuestra aplicación, y en función de los objetivos planteados y los requerimientos no funcionales que de ellos se desprenden, tenemos que mencionar la licencia mediante la cual decidimos distribuir el desarrollo realizado en el marco de este trabajo. De esto depende la calidad del software en términos de funcionalidad, auditabilidad, seguridad, pero principalmente extensibilidad, explotabilidad y reusabilidad.

Observamos en los relevamientos de aplicaciones expuestos en las secciones 2.2 y 2.4 que los proyectos estudiados no se distribuyen junto con su código fuente, lo que hace imposible aprender sobre cómo se implementaron algunas funcionalidades, en especial aquellas relacionadas con el uso y configuración de sensores. En este sentido apuntamos a que este proyecto sea una contribución no tal vez como el mejor software o la mejor implementación sino como una experiencia documentada que pueda servir a otros desarrolladores como base para nuevas propuestas innovadoras, tanto en el ámbito público como privado. Es por ello que para no imponer restricciones sobre la explotación de proyectos derivados de este trabajo optamos por distribuirlo bajo licencia *Apache License 2.0* [55], utilizada por grandes proyectos como el sistema operativo Android, el servidor HTTP Apache, o el lenguaje de programación Swift.

Entre las principales ventajas de la adopción de esta licencia destacamos que no se trata de una licencia *copyleft*, es decir, no se exige que el software derivado de este proyecto deba adoptar la misma licencia y, consecuentemente, permite ser incorporado en aplicaciones destinadas a la explotación comercial. Esta resulta ser una decisión controvertida ya que si bien nuestra posición es siempre a favor del software libre y celebramos su existencia, consideramos que en este caso los potenciales proyectos derivados estarán relacionados con la accesibilidad y la salud, y en este sentido abrir el juego a distintos actores y organizaciones prima por sobre las restricciones que pueda imponer una licencia.

Capítulo 4: Sensores

4.1 Implementación de un sensor e intérprete de frases

4.1.1 Introducción

El reconocimiento de voz es un subcampo interdisciplinario de las ciencias de la computación y lingüística computacional que desarrolla metodologías y tecnologías que permiten el reconocimiento y traducción del lenguaje hablado en texto por computadoras [56]. Para implementar nuestro sensor e intérprete de frases utilizamos la biblioteca `@react-native-voice/voice`, la cual nos facilita el acceso al servicio de voz de Android [57]. Este servicio se encarga de capturar la entrada de audio del micrófono del dispositivo para analizar y devolver una o más interpretaciones posibles. El servicio puede hacer uso o no de la conexión a Internet del dispositivo, dependiendo de si el usuario cuenta con los archivos de Reconocimiento de Voz Sin Conexión en su idioma en el mismo. En caso de no poseerlos, el audio se envía a servidores remotos donde se realiza el proceso de reconocimiento de voz y luego devuelven la respuesta al dispositivo del usuario.

4.1.2 Propuesta e implementación

Desde el punto de vista conceptual, la implementación del sensor e intérprete de frases resulta ser la más sencilla en el marco de este capítulo visto que involucra herramientas ya desarrolladas por terceros y disponibles para su uso de forma libre y gratuita.

La propuesta de uso del sensor consiste en mostrar al usuario una palabra o frase escrita configurada previamente en compañía de su supervisor. Además, se acompaña de una imagen relacionada con la frase de forma tal que resulte accesible para usuarios que no puedan leer. Una vez obtenida la entrada de audio provista por el usuario y procesada de forma local o remota, se compara si corresponde con la palabra o frase seleccionada. Es importante mencionar que el servicio no devuelve un resultado concreto sino una lista ordenada de acuerdo al *grado de confianza* que el detector asocia. Si la palabra o frase de mayor ponderación corresponde con el objetivo a detectar, el sensor informa que la detección fue exitosa.

Para implementar nuestro sensor utilizamos los siguientes métodos de la biblioteca `@react-native-voice/voice`.

- `Voice.start(LOCALE)`. Nos permite iniciar la detección con el parámetro `LOCALE` del idioma de acuerdo a su especificación en los estándares ISO 639-1 [58] e ISO 3166-2 [59]. Por ejemplo, para trabajar con la variante argentina del idioma español indicamos como argumento “es-AR”.

La detección y sus resultados podemos trabajarlos suscribiendo *callbacks* a los distintos eventos que el servicio informa.

- *Voice.onSpeechStart(event)*. Se dispara cuando el llamado al método *Voice.start()* se ejecuta sin errores. En nuestro proyecto resulta importante para poder mostrar una animación que informe al usuario que la detección está en curso.
- *Voice.onSpeechEnd(event)*. Se dispara cuando el servicio detecta que el usuario dejó de hablar. Resulta útil para mostrar una animación de detección finalizada.
- *Voice.onSpeechError(event)*. Se dispara cuando ocurre algún error con el servicio, por ejemplo, que no está disponible o que no se puede alcanzar por falta de conectividad.
- *Voice.onSpeechResults(event)*. Se dispara cuando el servicio pone a disposición los resultados de la detección. Es el método más importante para la detección ya que es el que nos permite acceder a la respuesta y compararla con la frase o palabra objetivo.

Se describen otros detalles sobre este sensor en el Capítulo 5, acerca de su implementación.

4.2 Implementación de un sensor de soplidos

4.2.1 Introducción

El sonido es cualquier fenómeno que involucre la propagación de ondas mecánicas a través de un medio (fluido o sólido) que esté generando el movimiento vibratorio de un cuerpo [60]. En Internet pueden encontrarse algunas implementaciones de sensores de soplidos que proponen utilizar la intensidad del sonido captado por el micrófono para detectar si se está produciendo un sonido o no [61]. Si bien esto funciona para la detección de soplidos, la ocurrencia de falsos positivos resulta considerable al exponer al micrófono a sonidos con frecuencias altas. Además, otro aspecto a tener en cuenta es la continuidad, es decir, detectar un solo pico en el volumen no implica necesariamente que se esté produciendo un soplido sino que la detección debe ser sostenida en el tiempo.

4.2.2 Investigación, propuesta e implementación

Utilizando Spectroid, una aplicación que nos permite analizar el espectro de sonido capturado por el micrófono de un dispositivo móvil [62], observamos que al soplar se detectan altas amplitudes entre las frecuencias 1 y 600, en contraste con lo que sucede al registrar sonidos que no son soplidos. Vamos a denominar estas frecuencias como *frecuencias de interés*. A continuación compartimos y comparamos tres de los resultados obtenidos al capturar y registrar los espectrogramas de los soplidos, de temas musicales y del silencio.

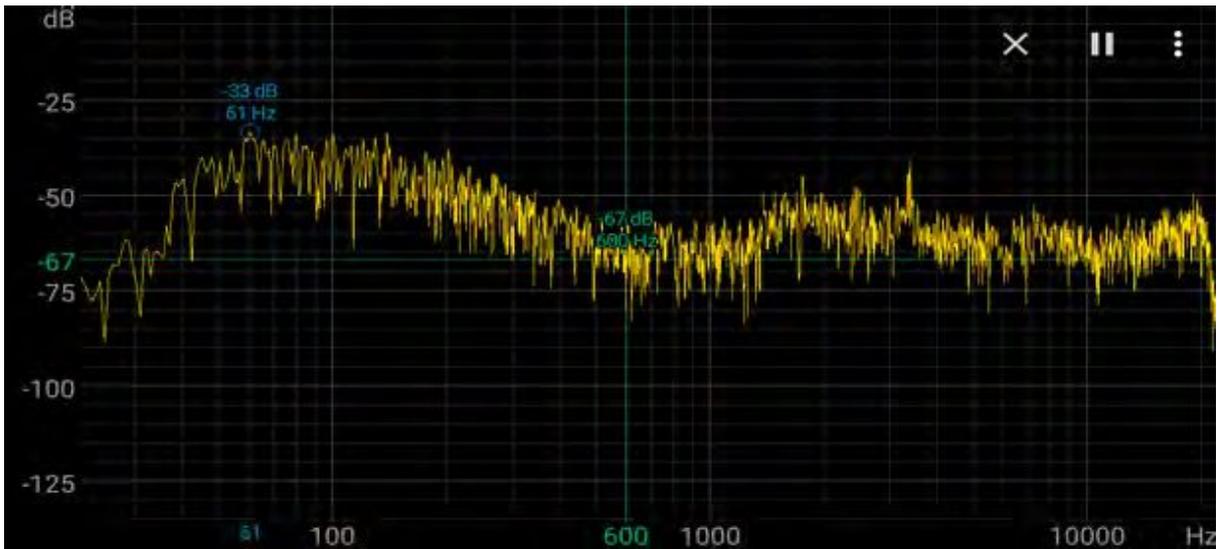


Figura 4.1. Espectrograma de un soplo.

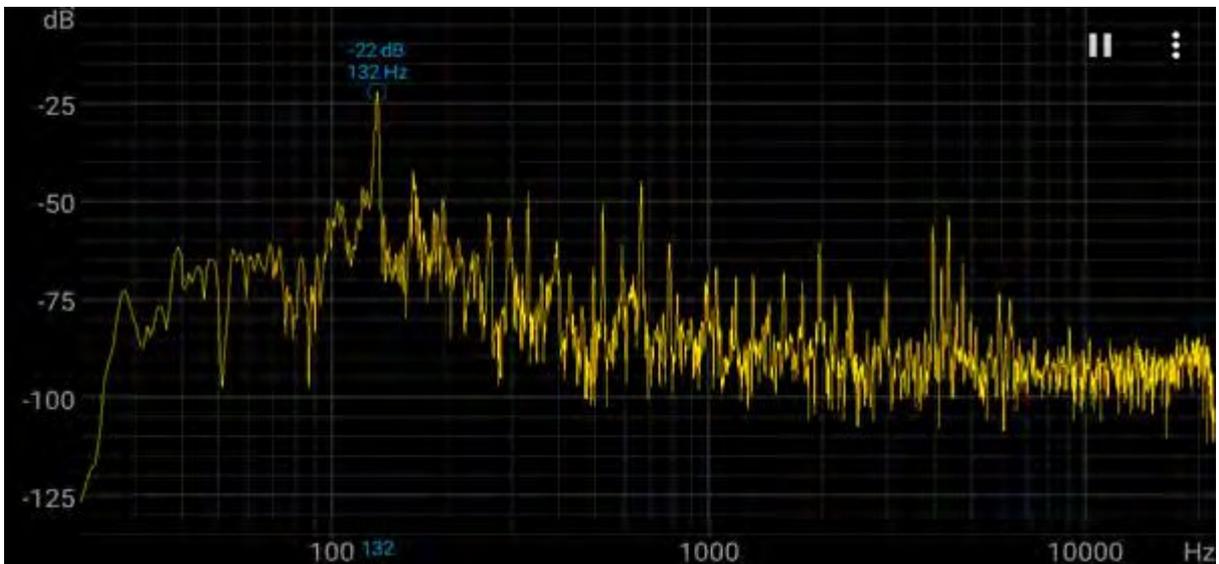


Figura 4.2. Espectrograma de la canción Kansas - Dust in the Wind.

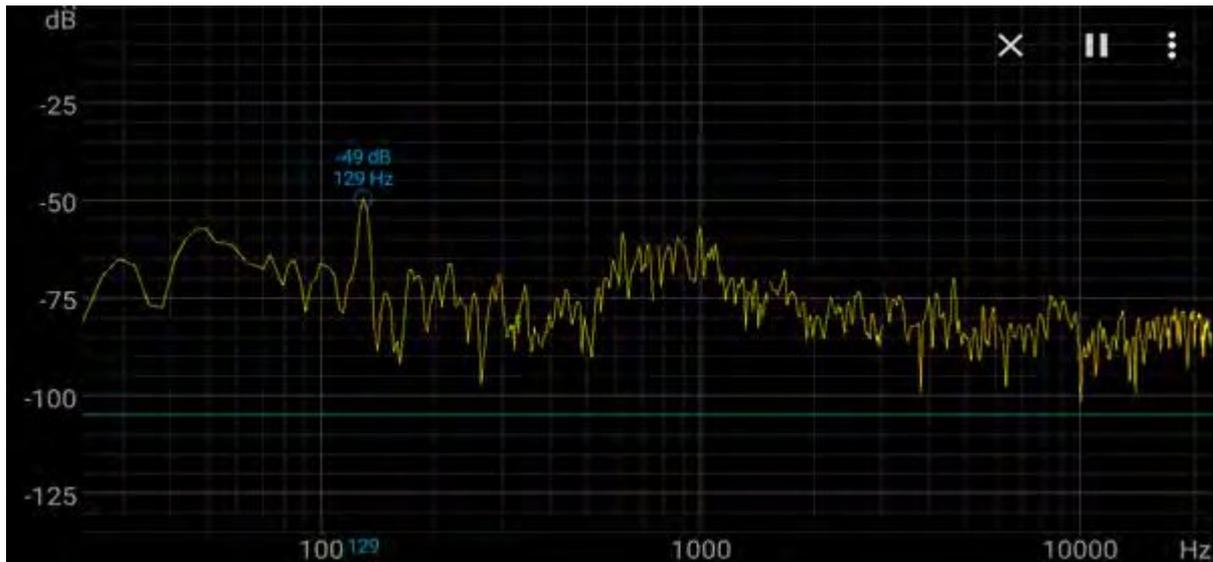


Figura 4.3. Espectrograma del silencio.

A partir del registro de las *frecuencias de interés* podemos procesarlas para calcular (1) la máxima amplitud registrada y (2) un porcentaje del área de la máxima amplitud en cada una de ellas. A continuación indicamos sobre un espectrograma de un soplido estos aspectos.

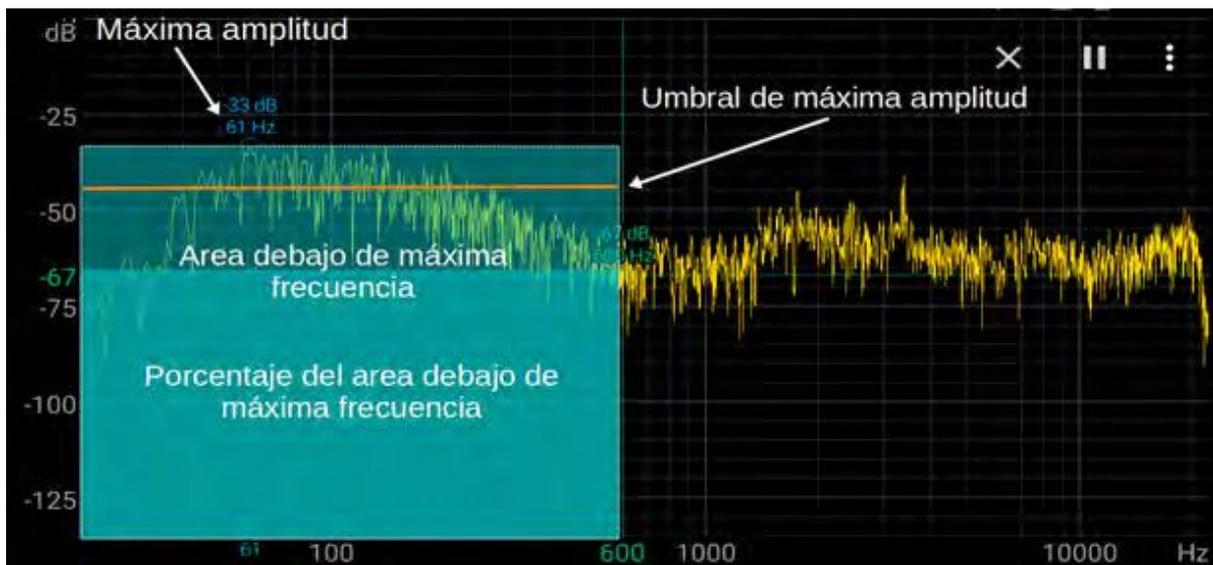


Figura 4.4. Espectrograma de un soplido con indicaciones.

Observamos que para detectar un soplido se deben cumplir todas y cada una de las siguientes condiciones.

- La mayor amplitud entre las *frecuencias de interés* debe sobrepasar un umbral preestablecido. Este umbral está indicado con una línea horizontal naranja en la Figura 4.4.
- La sumatoria de las amplitudes dentro del rango de *frecuencias de interés* debe ser mayor a un porcentaje del área debajo de la frecuencia de mayor amplitud. Esto permite evaluar una métrica acerca de la distribución en distintas frecuencias de la

energía empleada para la generación del sonido, observando un amesetamiento del espectrograma de un soplo entre las *frecuencias de interés*.

- El soplo debe tener continuidad temporal, es decir, las dos condiciones anteriores deben sostenerse en el tiempo al menos durante una cantidad determinada de muestreos.

En la Figura 4.4 podemos observar que se cumplen las condiciones previamente descritas, lo que nos permite determinar que el sonido registrado corresponde al de un soplo. Para contrastar, vamos a analizar los espectrogramas de sonidos que no corresponden a un soplo, observando cuáles son las condiciones que no se cumplen.

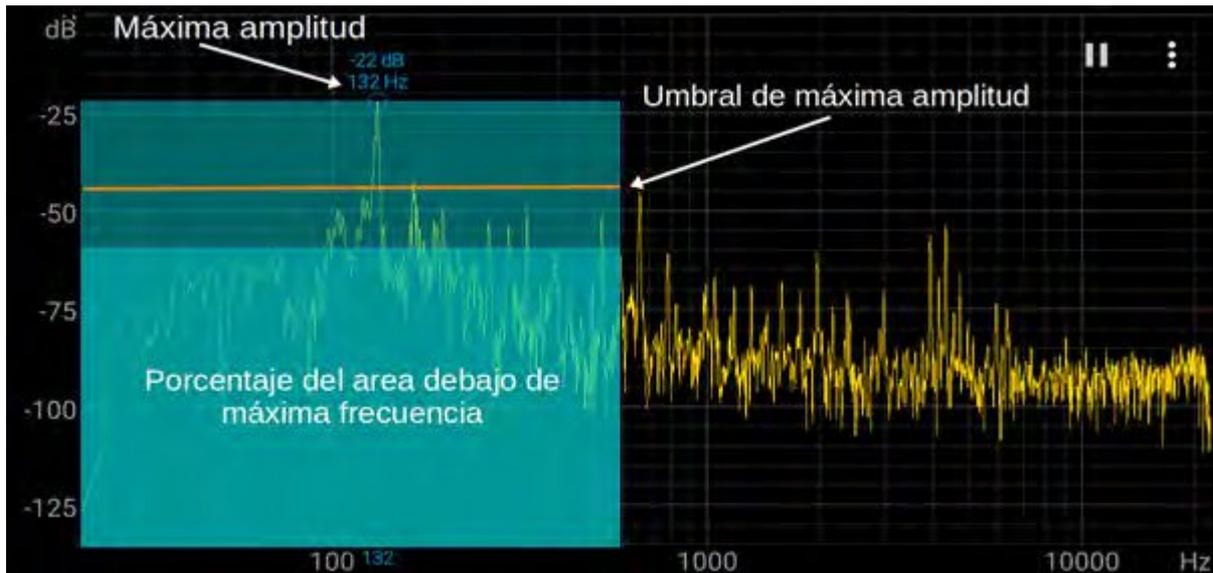


Figura 4.5. Espectrograma de la canción Kansas - Dust in the Wind con indicaciones.

En el caso del análisis de un tema musical, observamos que el registro de la máxima amplitud de las *frecuencias de interés* supera el umbral determinado, sin embargo el área debajo de la curva de amplitudes es menor que un porcentaje del área descrita por la máxima amplitud y el rango de *frecuencias de interés*.

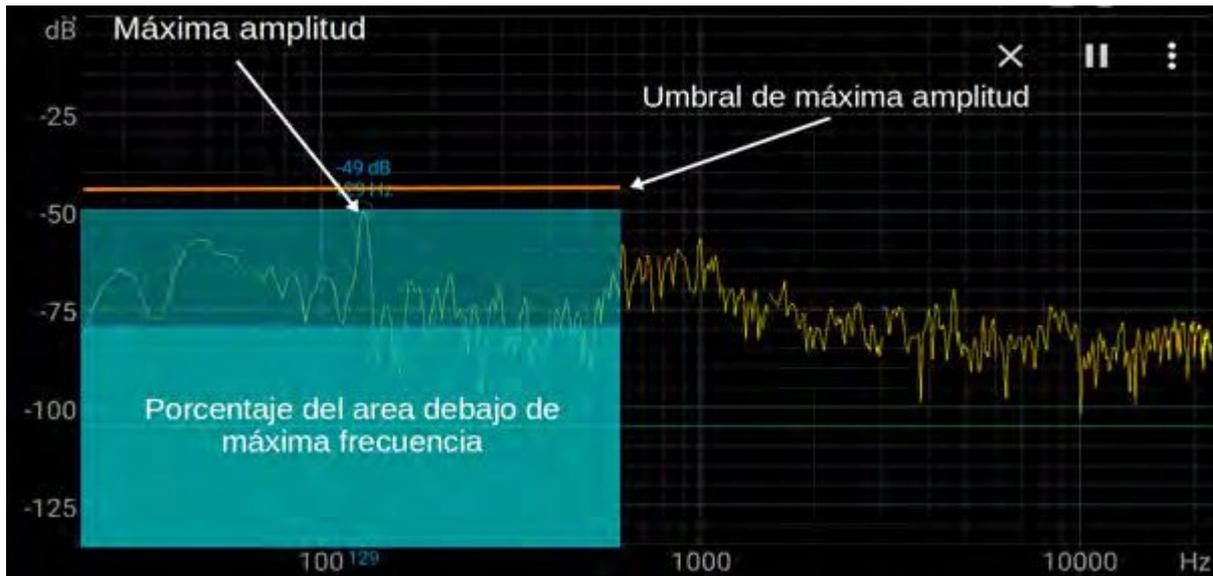


Figura 4.6. Espectrograma del silencio con indicaciones.

En el espectrograma del silencio podemos observar con claridad que la máxima amplitud registrada no supera el umbral preestablecido, por lo que a pesar de que el área debajo de la curva amarilla supera el porcentaje del área descrita por la máxima amplitud dentro del rango de *frecuencias de interés*.

La elección del porcentaje óptimo del área a comparar no resulta ser arbitraria sino que es producto de la evaluación de muestras de sonidos, temas musicales y sonidos ambiente con distintos valores y la comparación de sus resultados, los cuales compartimos en la Tabla 4.1.

	Dispositivo #1			Dispositivo #2		
	Soplido	Música	Ambiente	Soplido	Música	Ambiente
Muestras	50	50	50	50	50	50
Valor	Detección de soplos					
0.1	50	39	41	50	38	44
0.2	50	39	42	50	39	43
0.3	50	35	37	50	36	40
0.4	50	26	28	49	24	23
0.5	50	14	12	50	17	15
0.6	50	4	6	50	5	7
0.7	50	0	2	50	0	3
0.8	39	0	1	41	0	1
0.9	22	0	1	24	0	0

Tabla 4.1. Evaluación de parámetros para detección de soplos.

Vale mencionar que para realizar la experimentación previamente descrita la implementación del sensor ya era una realidad, pero resulta conveniente repasar algunos aspectos técnicos y concretos de la misma

A través del paquete *react-native-recording* [63] podemos acceder a los datos disponibles en AudioRecord [64] de la biblioteca provista por la plataforma Android, lo que nos permite trabajar con la entrada de audio del *hardware* del dispositivo. Utilizando la Transformada de Fourier [65] podemos descomponer las ondas de entrada, que son el producto de ondas simples constituyentes. Estas ondas simples nos permiten trasladar el análisis del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, tal y como pudimos verlo en los espectrogramas previamente analizados. En la Figura 4.7 podemos ver de forma gráfica como la Transformada de Fourier nos permite obtener ondas simples a partir de las ondas de entrada.

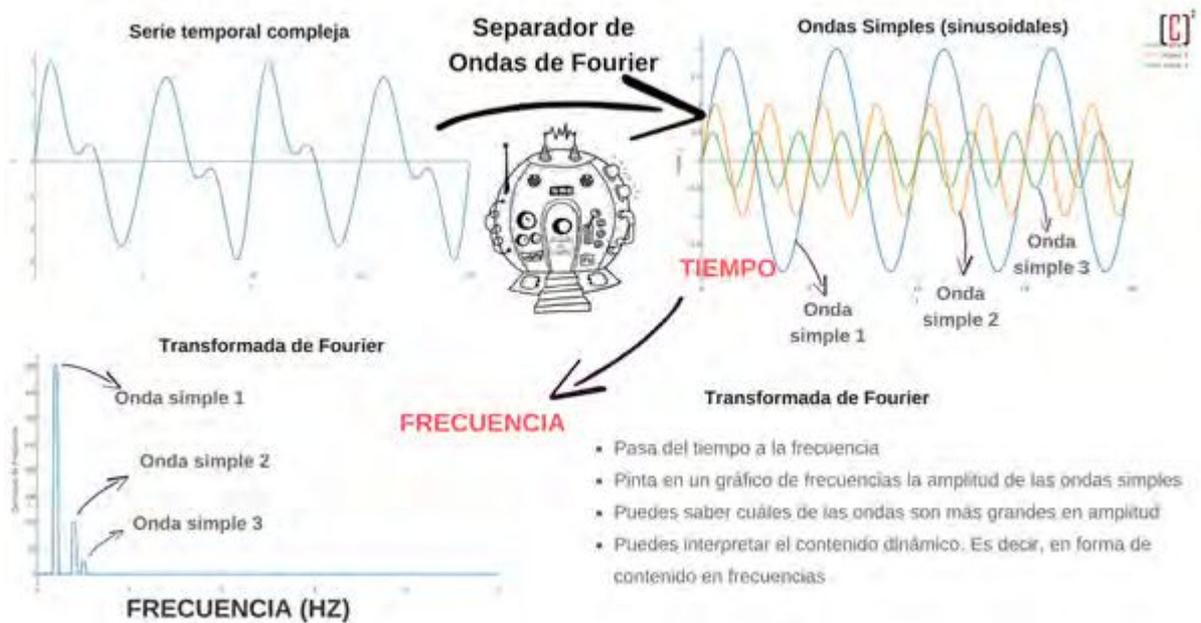


Figura 4.7. Descomposición de ondas de entrada en ondas simples constituyentes.

A partir de esta observación, implementamos un algoritmo que realiza la detección mediante los siguientes pasos.

1. Capturamos la entrada de audio utilizando el paquete *react-native-recording*.
2. Aplicamos la Transformada Rápida de Fourier [66], implementada en el paquete *fftjs-suplements* [67], que depende de *fft.js* [68].
3. Evaluamos la sumatoria de las amplitudes de las *frecuencias de interés*.
4. Evaluamos la mayor amplitud entre las *frecuencias de interés*.
5. Evaluamos el porcentaje del área descrita por la frecuencia de mayor amplitud en el rango de *frecuencias de interés*.
6. Validamos que se cumplan las condiciones de superación del umbral de amplitud, de comparación de las áreas calculadas en los pasos 3 y 5, y de continuidad temporal.

Resulta oportuno mencionar que el uso de estas bibliotecas nos permitió reportar un *bug* [69] en una de ellas, el cual fue reconocido, aceptado y corregido por su autor a partir de la propuesta enviada, contribuyendo así con un proyecto de código abierto.

4.3 Implementación de un sensor de gestos

4.3.1 Introducción

Los avances en el desarrollo de la inteligencia artificial, en concreto en el área de las redes neuronales convolucionales profundas [70], y el poder de procesamiento de los dispositivos móviles actuales nos permiten detectar y reconocer objetos en tiempo real en imágenes capturadas por la cámara. La detección de objetos es el proceso mediante el cual se analiza una imagen, se reconocen objetos y se describe su posición, indicando un punto central o

mediante un rectángulo que lo delimita. Se diferencia de la clasificación o reconocimiento de imágenes ya que esta última solo indica cuál es el objeto detectado en la imagen.

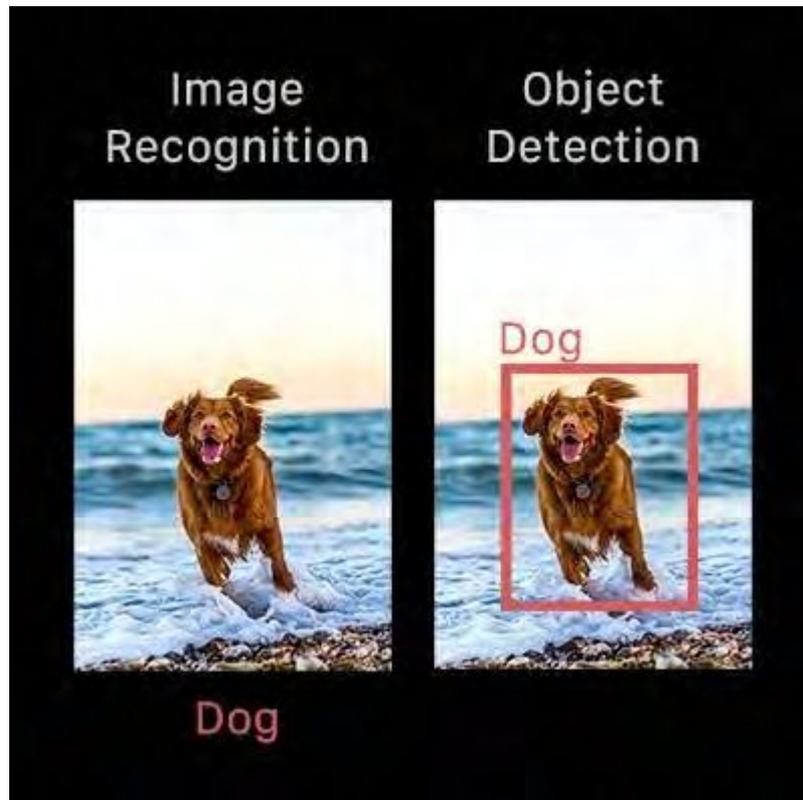


Figura 4.8. Reconocimiento de imágenes y detección de objetos.

Las redes neuronales convolucionales son un tipo de red neuronal artificial con aprendizaje supervisado que procesa sus capas imitando al córtex visual del ojo humano, de manera tal de poder identificar las distintas características en las entradas, lo que consecuentemente permite que pueda identificar objetos [71]. Para ello, la red dispone de varias capas ocultas especializadas y con una jerarquía; esto quiere decir que las primeras capas pueden identificar bordes, y se van especializando hasta llegar a capas más profundas que pueden reconocer formas complejas como un rostro o un animal. En la Figura 4.9 podemos observar el diagrama de una red neuronal convolucional, sus capas y su especialización.

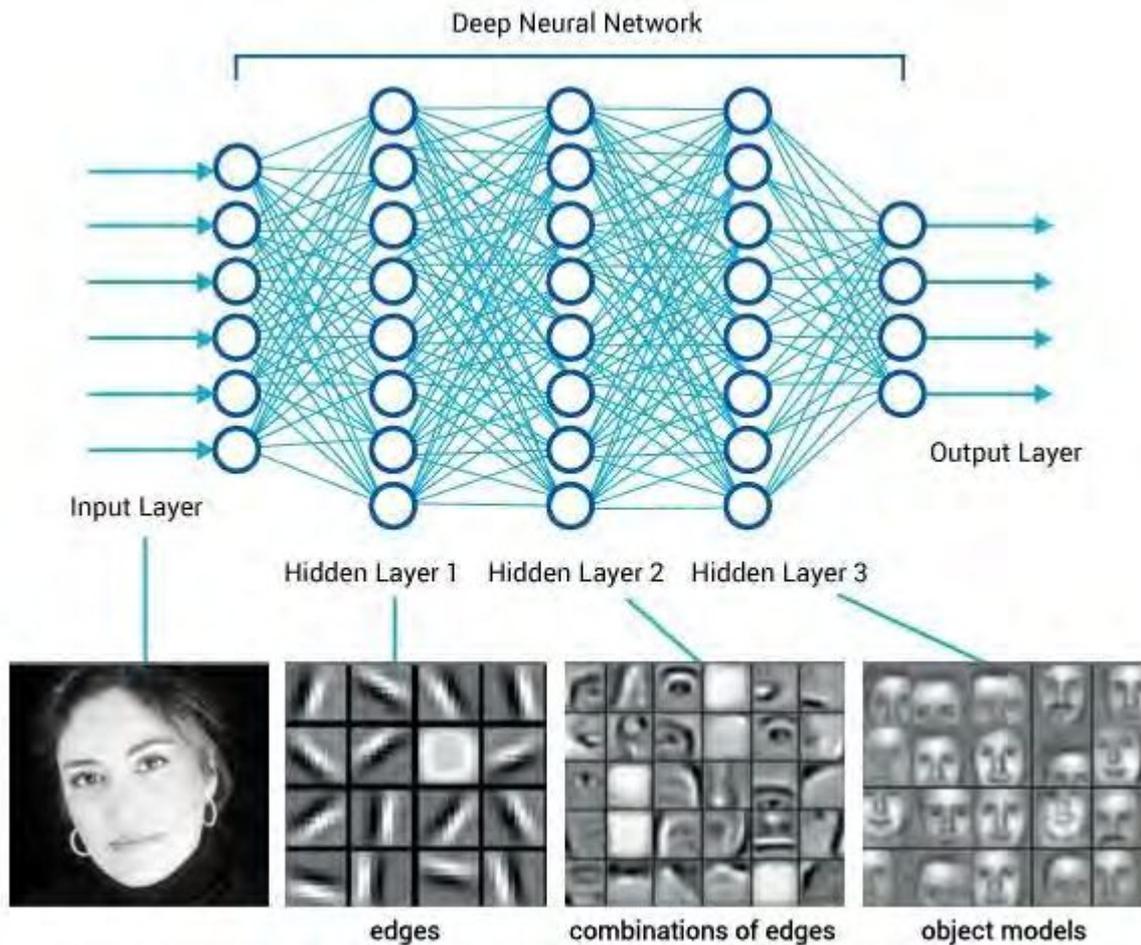


Figura 4.9. Diagrama de una red neuronal convolucional.

En la Figura 4.9 podemos distinguir los siguientes tipos de capas..

- **Input Layer, o Capa de Entrada.** Cada una de las neuronas se corresponde con un píxel de la imagen, ya sea en escala de grises o color.
- **Hidden Layers, o Capas Ocultas.** Las capas ocultas aprenden características determinadas jerárquicamente; en el ejemplo de la Figura las primeras detectan bordes, luego la combinación de bordes, partes del rostro, etc.
- **Output Layer, o Capa de Salida.** Esta capa es la que finalmente indica qué etiqueta se corresponde con la imagen.

Para utilizar redes neuronales artificiales debemos distinguir dos etapas de trabajo.

1. **Etapas de Entrenamiento.** A partir de un conjunto de datos etiquetados generamos un modelo que luego pueda ser utilizado para la inferencia. Cada uno de los datos es procesado por la red neuronal y se compara con el resultado esperado. A partir del cálculo del "error" se actualizan los parámetros o pesos de la red para que esta se comporte de la manera esperada. Esta etapa suele ser la más costosa computacionalmente.

2. **Etapa de Inferencia.** En esta etapa se utiliza el modelo ya entrenado para deducir una etiqueta a partir de una entrada concreta.

En la Figura 4.10 podemos observar una representación gráfica de las etapas de entrenamiento e inferencia de una red neuronal convolucional, con el ejemplo de la detección de una bicicleta.

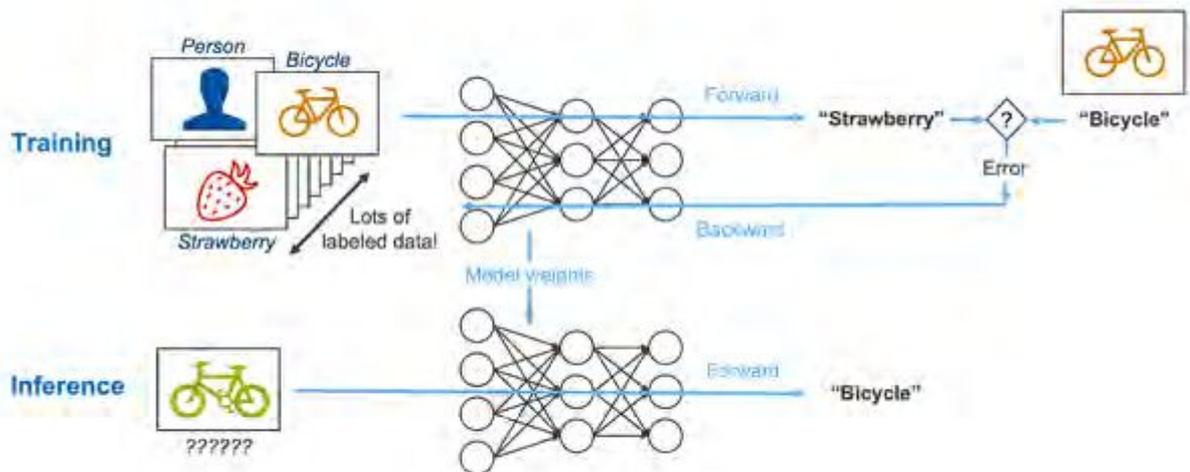


Figura 4.10. Etapas de entrenamiento e inferencia de una red neuronal convolucional.

4.3.2 Implementación

4.3.2.1 dlib

La propuesta original de este trabajo, tal y como puede consultarse en su informe de avance, estipulaba el uso de la biblioteca *dlib* [46] como herramienta para implementar los algoritmos de inteligencia artificial para construir el sensor de gestos propuesto.

dlib es un *toolkit* implementado en C++ que incluye múltiples algoritmos de *machine learning*, entre ellos varias herramientas para la detección de objetos y el reconocimiento de rostros. Cuenta además con una API para trabajar con concurrencia y paralelismo de manera sencilla, además de una extensa y detallada documentación. Se distribuye como código *open source* y está respaldado por una comunidad de más de 150 desarrolladores.

El uso de *dlib* en nuestro desarrollo es posible gracias a las herramientas disponibles en el lenguaje Java para implementar *bridges* con bibliotecas escritas en C++. En el caso de este trabajo, además, debemos contar con *bridges* para utilizar las herramientas en Java desde nuestro código JavaScript, visto que la biblioteca elegida para desarrollar la aplicación móvil es React Native. Un *bridge* consiste en la implementación de una interfaz que permite a un lenguaje utilizar la implementación de otro, por ejemplo, desde código desarrollado en Java utilizar una función escrita en C++ [72].

Si bien en un principio logramos implementar, entrenar y utilizar con resultados exitosos un modelo de red neuronal para la detección de gestos, el uso excesivo de *bridges* en adición

a la imposibilidad de acceder de manera directa a la información capturada por la cámara significó una caída considerable en la *performance* de la aplicación, solo siendo posible ejecutarlo en dispositivos de alta gama con disponibilidad de recursos de *hardware*. Debido a estas dificultades y visto que el objetivo de este trabajo involucra herramientas de inteligencia artificial pero no incluye el desarrollo de las mismas, el proyecto se demoró mientras buscamos y evaluamos alternativas que nos permitan cumplir con los requerimientos funcionales y no funcionales descritos en capítulos anteriores.

4.3.2.2 TensorFlow

TensorFlow es una biblioteca de software de aprendizaje automático, de distribución gratuita y *open source*, lanzada en 2015 por Google. Dispone de herramientas para un gran rango de tareas pero tiene un particular enfoque en el entrenamiento e inferencia de redes neuronales profundas. Está disponible en varios lenguajes, entre los que destacamos Python y JavaScript. La implementación de Python es utilizada para el entrenamiento del modelo, mientras que la versión en JavaScript se utiliza para realizar la inferencia en el dispositivo a partir del modelo generado. TensorFlow hace uso de matrices multidimensionales de tipo uniforme, conocidas como tensores, como concepto base para realizar operaciones [47].

4.3.3 Etapa de entrenamiento

4.3.3.1 Dataset

Para entrenar una red neuronal es necesario disponer de datos; no existe consenso respecto a cuántos datos son suficientes visto que se presume que está en función del problema a abordar [73]. En el caso que involucra nuestro trabajo vamos a hacer uso de un algoritmo de clasificación de imágenes, por lo que los datos que necesitamos para entrenar a nuestro algoritmo son imágenes etiquetadas, es decir, con algún tipo de indicación sobre qué representa la imagen. A partir del relevamiento realizado sobre los ejercicios que se llevan a cabo en una terapia fonoaudiológica seleccionamos las siguientes 23 etiquetas de interés para obtener imágenes y realizar el entrenamiento:

1. boca_abierta_lengua_abajo
2. boca_abierta_lengua_arriba
3. caramelo_abajo
4. caramelo_arriba
5. caramelo_derecha
6. caramelo_izquierda
7. conejito
8. inflar_cachete_derecho
9. inflar_cachete_izquierdo
10. inflar_cachetes
11. lateralizar_boca_derecha
12. lateralizar_boca_izquierda
13. lengua_abajo

14. lengua_arriba
15. lengua_derecha
16. lengua_izquierda
17. morder_labio_inferior
18. morder_labio_superior
19. protruir_boca_abierta
20. protruir_boca_cerrada
21. reposo
22. retruir_abierta
23. retruir_cerrada

Al no encontrar ningún *dataset* disponible que se adapte a nuestras necesidades, decidimos implementar un proyecto en paralelo para el desarrollo de una aplicación web que permita a una población de colaboradores capturar y enviar las imágenes necesarias desde sus dispositivos móviles, y una campaña de difusión para sumar voluntades. Esta tarea se describe en la sección 5.3 de este documento. El trabajo realizado con los colaboradores puede resumirse en dos etapas.

1. Se explica cómo deben tomarse las fotos para cada una de las 23 etiquetas.
2. Se envían las imágenes a un servidor, donde son guardadas cada una con su correspondiente etiqueta.

Gracias a la colaboración de un importante grupo de personas logramos recolectar un total de aproximadamente 1200 imágenes entre todas las etiquetas. Debido a la cláusula de confidencialidad propuesta a los colaboradores para respetar su privacidad, las imágenes fueron descartadas una vez entrenado el modelo.

4.3.3 2 BlazeFace

Tanto para el entrenamiento como para la posterior etapa de inferencia, las imágenes son preprocesadas de la siguiente manera.

1. Detectamos el rostro humano en la imagen utilizando BlazeFace [74], un modelo liviano capaz de detectar rostros adaptado para el funcionamiento en la GPU de los dispositivos móviles [75]. Esto nos permite identificar rápidamente y con el uso de pocos recursos de *hardware* la ubicación del rostro de la persona, además de puntos de interés como los ojos y la boca, como puede observarse en la Figura 4.11.

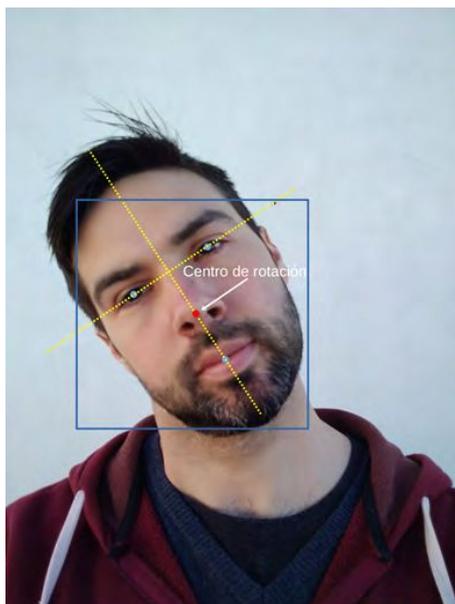


Figura 4.11. Ejemplo de puntos de interés brindados por BlazeFace.

2. Rotamos la imagen tomando como centro el punto ubicado entre los ojos y la boca, y calculando la inclinación a partir de alinear el eje horizontal y vertical del rostro detectado con los ejes de coordenadas, como puede observarse en la Figura 4.12. Esta normalización mejora las probabilidades de realizar una clasificación correcta.

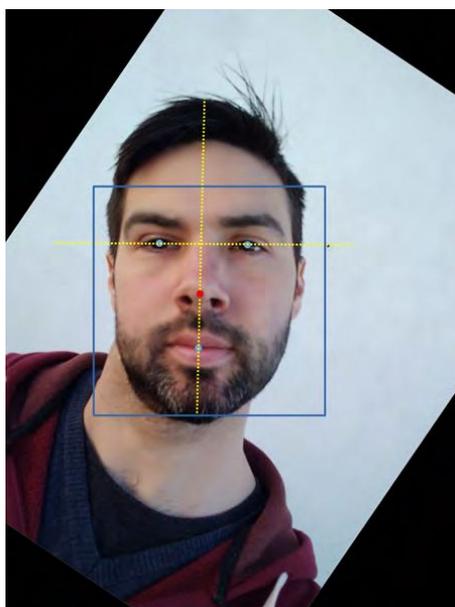


Figura 4.12. Imagen rotada alineada a los ejes de coordenadas.

3. Recortamos el rostro de la imagen como puede observarse en la Figura 4.13.



Figura 4.13. Imagen del rostro recortado.

4. Utilizamos la imagen resultante para entrenar al modelo o inferir su clasificación, según corresponda.

Resulta prudente mencionar a fin de poder ubicarnos en la cronología de la ejecución de este proyecto que la primera versión de BlazeFace disponible en TensorFlow fue lanzada en enero de 2020 [76]. El modelo fue dejado de lado en mayo de 2022 en favor de Face Detection. [77]

4.3.3.3 MobileNet v2

La transferencia de aprendizaje es una técnica muy importante en el aprendizaje profundo. Consiste en la reutilización de un modelo pre entrenado para la resolución de un problema en otro problema distinto, pero que comparta ciertas características con el problema original.

Para entrenar nuestro modelo para implementar un sensor de gestos utilizamos como base el modelo MobileNet v2 [78], un modelo pequeño y de baja latencia pensado para utilizarse en dispositivos con bajo poder computacional [79]. Este modelo fue originalmente entrenado con el *dataset* ImageNet (ILSVRC-2020-CLS) [80]. Podemos encontrar dos tipos de modelos: los completos, entrenados con el *dataset* con sufijo *classification*, capaz de identificar la presencia o ausencia en una imagen de 1000 categorías de objetos; y los que solo tienen los pesos de las conexiones entre las neuronas, pero que les falta la última capa, denominada *feature vector*. Con estos últimos modelos podemos realizar transferencia de aprendizaje, ya que contienen la información de las capas internas de la red pero sin la capa final, que es la que debemos agregar para que logre realizar la tarea de clasificación de gestos que necesitamos.

4.3.3.4 Data Augmentation

El aumento de datos consiste en un conjunto de técnicas utilizadas para incrementar artificialmente la cantidad de datos generando copias con pequeñas diferencias o variaciones a partir de los datos originales, o generando un conjunto de datos desde cero. Estos datos generados sirven para entrenar y generar un modelo más robusto [81].

En el caso particular de nuestro modelo para un sensor de gestos, sobre las imágenes de los rostros se utilizan transformaciones, espejados, rotaciones, recortes, inyección de ruido y modificaciones de colores. El uso de una o más de estas técnicas sobre las imágenes originales nos permite construir nuevas imágenes de un universo válido. Por ejemplo, a las imágenes etiquetadas como “lengua_izquierda” se le puede aplicar un espejado horizontal para ser etiquetadas como “lengua_derecha”, y viceversa. Otros cambios aleatorios en los colores, haciendo a la imagen más oscura, más luminosa, o cambiando su tinte, nos permite abarcar distintos niveles de iluminación en el entorno del usuario. Podemos observar dichas transformaciones en la Figura 4.14.



Figura 4.14. Imágenes generadas utilizando data augmentation.

Mediante esta técnica logramos incrementar nuestro conjunto original de 1200 imágenes a un total de 5500, el cual fue nuevamente aumentado al momento del entrenamiento aplicando diferentes niveles de zoom de manera aleatoria.

4.3.3.5 Entrenamiento del modelo

TensorFlow cuenta con una herramienta llamada *make_image_classifier*, un *script* que permite entrenar un modelo desde la línea de comandos a partir de agrupar las imágenes que sirven como datos en carpetas nombradas con la etiqueta que se desea aplicar [82]. Podemos observar un ejemplo de uso de este *script* en el siguiente bloque de código.

```
make_image_classifier \  
  --image_dir ./datasets/generated/$DATASET \  
  --tfhub_module  
https://tfhub.dev/google/imagenet/mobilenet_v2_${DEPTH}_${SIZE}/feature_  
vector/4 \  
  --image_size $SIZE \  
  --train_epochs 25 \  
  --do_data_augmentation \  
  --do_fine_tuning \  
  --nohorizontal_flip \  
  --rotation_range 0 \  
  --zoom_range 0.1 \  
  --learning_rate 0.005 \  
  --saved_model_dir $OUTPUT_MODEL_FOLDER \  

```

```
--labels_output_file $LABELS_PATH
```

Para referenciar los parámetros y argumentos utilizados, listamos la siguiente definición.

- *image_dir*. la carpeta donde se ubica el *dataset* a utilizar.
- *thub_module*. la URL desde la cual se descargará el modelo base para entrenar a nuestro modelo. Utilizamos *mobilenet_v2* donde *SIZE* es el tamaño de la imagen (en este caso, 96x96 píxeles) y *DEPTH* es la profundidad de la red (en este caso, 050). A mayor profundidad, mejores resultados pero mayor costo computacional.
- *image_size*. es igual que el tamaño utilizado en la imagen del modelo.
- *train_epocs*. hiperparámetro que controla el número de pasadas completas que se hace del *dataset* para entrenar a nuestro modelo.
- *do_data_augmentation*. permite generar imágenes adicionales a partir del *dataset* original.
- *do_fine_tuning*. permite entrenar, además de la capa final, capas internas del modelo.
- *nohorizontal_flip*. cancela el espejado horizontal de las imágenes, el cual hicimos previamente en otro proceso para no mezclar imágenes de izquierda y derecha.
- *zoom_range*. controla el rango de zoom a la hora de crear imágenes adicionales.
- *learning_rate*. controla la tasa de aprendizaje del modelo. Si el valor es muy grande, los parámetros o pesos del modelo oscilarán demasiado; si es muy pequeño el modelo tardará demasiado en aprender.
- *saved_model_dir*. la carpeta donde se almacenará el modelo entrenado.
- *labels_output_file*. el archivo donde se guardarán las etiquetas del modelo.

4.3.4 Etapa de inferencia

La inferencia de las etiquetas asociadas a la imagen del rostros se realiza en el dispositivo móvil con el modelo resultante de la etapa de entrenamiento. Utilizando la biblioteca *@tensorflow/tfjs-react-native* [83] obtenemos acceso en tiempo real a los tensores de las imágenes captadas por la cámara del dispositivo móvil. A partir de esta información se procede con los siguientes pasos para completar la detección.

1. Detectamos el rostro con BlazeFace, obteniendo un rectángulo en el que está circunscripto y puntos de interés en la boca, la nariz y los ojos.
2. Verificamos que el rostro esté de frente, observando si la nariz se encuentra entre los ojos y la boca.
3. Rotamos la imagen para que la línea que forma el punto medio entre los ojos y la boca esté alineada al eje vertical.
4. Recortamos el rostro de la imagen.
5. Proveemos a nuestro modelo entrenado con la imagen recortada del rostro para su clasificación. El modelo nos responde con una serie de etiquetas asociadas a un puntaje indicando la similitud con la misma.

La evaluación del mejor puntaje adjunto a cada etiqueta, considerando además la superación de un umbral de confianza preestablecido, nos permite concluir la ocurrencia y detección de alguno de los gestos evaluados, lo que nos permite finalizar con la implementación de nuestro sensor de gestos.

Capítulo 5: Proyecto Thera

5.1 Aplicación móvil

5.1.1 Sistema operativo

En los capítulos anteriores estudiamos diversos aspectos en aplicaciones que sirven como herramientas para los tratamientos de fonoaudiología o que sirven de ejemplo de *gamification* aplicado al seguimiento de rutinas. Observamos que estas se desarrollaron principalmente para dispositivos móviles, en particular para satisfacer determinados requerimientos funcionales derivados de características intrínsecas de los objetivos planteados, por ejemplo: movilidad del usuario, disponibilidad del dispositivo, uso de sensores, entre otros. Sobre este aspecto debemos considerar que tal como comentamos en la sección 2.3, los dispositivos móviles corren principalmente sobre sistemas operativos **Android** o **iOS**, representando en conjunto el 99.7% del mercado en Argentina en enero de 2021, a partir de los datos obtenidos del tráfico web clasificado según el tipo de sistema operativo usado [26].

5.1.1.1 Android

Android es un sistema operativo desarrollado por Google para dispositivos móviles. Está basado en el núcleo de Linux y diseñado para una amplia variedad de dispositivos, como teléfonos, tablets, televisores, relojes e incluso automóviles, todos ellos provistos por una multiplicidad de fabricantes [84]. El código fuente de Android se distribuye bajo la licencia Apache [85].

El desarrollo de aplicaciones para Android puede realizarse desde cualquier equipo que pueda ejecutar los sistemas operativos Windows, Mac OS, Linux o Chrome OS. Google distribuye de manera gratuita su SDK -del inglés *software development kit*, es un conjunto de herramientas que se utilizan para implementar aplicaciones para una plataforma- además de un entorno de desarrollo que incluye, entre otras herramientas, un editor visual para crear vistas de forma interactiva, un emulador de dispositivos y un editor de código inteligente [86]. Las aplicaciones nativas para Android se implementan generalmente utilizando los lenguajes de programación Java o Kotlin.

Las aplicaciones para Android se distribuyen a través de la tienda oficial de Google, Play Store. Para suscribir una nueva aplicación es necesario que el desarrollador o el grupo de desarrollo se registre como tal, abonando una licencia.

En enero de 2021 se registró que el 91.9% del tráfico web se realizó desde dispositivos con Android [26].

5.1.1.2 iOS

iOS es el sistema operativo desarrollado por Apple Inc. para sus dispositivos móviles iPhone, iPod y iPad. Es software propietario y no permite ser instalado en hardware que no

haya sido diseñado por Apple [87]. El desarrollo de aplicaciones para iOS requiere disponer de un dispositivo Apple ya que su SDK XCode solo funciona con el sistema operativo Mac OS X. Si bien existen soluciones para trabajar con XCode sin un equipo Apple, por ejemplo con entornos *hackintosh* -equipos que no fueron fabricados por Apple pero que pueden correr Mac OS-, no suelen cumplir con los requisitos de estabilidad necesarios para un desarrollo sin contratiempos, ni permiten acceder a la totalidad de las funcionalidades requeridas, en este caso, para hacer uso de los elementos de hardware que nos permitan implementar los sensores proyectados en el Capítulo 4 de este trabajo.

El desarrollo para iOS requiere además de dispositivos iPhone o iPad para su monitoreo y para realizar pruebas. Si bien esto podría ser resuelto con emuladores, esto no nos permitiría evaluar el rendimiento en un dispositivo real de algunos aspectos críticos, por ejemplo, cuántos fotogramas por segundo puede procesar nuestro sensor de gestos en su estado de reconocimiento. Además, se requiere de una plataforma Apple para suscribir la aplicación resultante en App Store, la tienda de aplicaciones de la compañía.

En enero de 2021 en Argentina solo el 7.8% del tráfico web se realizó desde un dispositivo Apple con iOS, lo que nos indica que la población de usuarios de iOS es importante pero lejos está de ser mayoritaria [26].

Como conclusión, por los motivos previamente descritos decidimos no avanzar con el desarrollo de la aplicación para dispositivos que funcionen con iOS.

5.1.2 Lenguajes, *frameworks* y otras tecnologías

Las aplicaciones para Android se desarrollan con los lenguajes de programación Java y Kotlin, según observamos en la sección 5.1.1.1 de este documento. Sin embargo, existen una serie de herramientas que permiten desarrollar aplicaciones para Android con otros lenguajes, sin involucrarse con los aspectos propios de las aplicaciones nativas y proponiendo un proceso de desarrollo similar al de una aplicación web.

Como parte de un trabajo de investigación previo al desarrollo de la aplicación móvil evaluamos tres alternativas, observando sus ventajas y desventajas en función de la experiencia y familiaridad de los autores de este trabajo con ellas. Las herramientas analizadas fueron: **Ionic, React Native y Java**.

Un *framework* es una abstracción de *software*, el cual provee una serie de funcionalidades genéricas que el usuario puede modificar con código propio para adaptarlo a sus necesidades [88]. Por ejemplo, un *framework* puede proveer herramientas para autenticar usuarios, autorizar acciones, interactuar con una base de datos, proteger los datos de ataques comunes, entre otras funciones.

Ionic es un *framework* que permite implementar aplicaciones móviles como si se tratara de aplicaciones web. Permite utilizar lenguajes como HTML, CSS, Javascript y el paradigma Model-View-Controller, que resulta amigable para los desarrolladores. Además, posee una comunidad consolidada con actualizaciones frecuentes y soporte, y utiliza tecnologías vigentes como Angular. Cuenta con una amplia biblioteca de extensiones que potencian sus

funcionalidades, y permite exportar aplicaciones para Android y para iOS [89]. Como contrapartida, las aplicaciones desarrolladas con Ionic son en realidad aplicaciones web encapsuladas junto con un navegador; esto significa que las aplicaciones no son performantes como las aplicaciones nativas y que la integración con bibliotecas como TensorFlow o el acceso al hardware del dispositivo pueda resultar dificultoso.

React Native es otro *framework* que permite desarrollar aplicaciones móviles como si fueran aplicaciones web con React. El desarrollo se realiza principalmente con JavaScript; las vistas se implementan con JSX, un lenguaje similar a HTML y JavaScript. React Native es desarrollado por Facebook, lo que significa que es una herramienta consolidada en términos de actualizaciones y soporte. Las aplicaciones generadas con React Native son aplicaciones nativas; más aún, es posible integrar código nativo -por ejemplo, en Java para el caso de Android- en las aplicaciones y luego utilizarlo en la aplicación implementada con JavaScript [90]. React Native presenta una curva de aprendizaje a considerar, en especial para aquellos desarrolladores que no están familiarizados con React, por ejemplo, al momento de introducir paradigmas como la programación orientada a componentes o incorporar bibliotecas como Redux para administrar el estado de la aplicación.

Java no provee herramientas por sí solo sino que viene acompañado de Android Studio y la colección de herramientas provistas por Google descritas en la sección 5.1.1.1. Si bien cuenta con un editor visual, la construcción de interfaces y animaciones difiere con las metodologías web, lo que en conjunto con la preferencia de JavaScript sobre Java lo vuelve una opción poco atractiva para los autores de este trabajo.

En función de su versatilidad y posibilidad de generar aplicaciones nativas, el *framework* elegido para implementar esta aplicación móvil fue **React Native**. Para complementar a React Native con una biblioteca de componentes alternativa a los diseños de Material Design se decidió utilizar UI Kitten y la colección de íconos Eva [91].

El motor de bases de datos utilizado para almacenar los datos del usuario en la aplicación móvil es PouchDB. PouchDB es la implementación en JavaScript de CouchDB, una base de datos NoSQL de código abierto desarrollada por la Apache Software Foundation [92].

El entorno de desarrollo se montó utilizando Docker, adoptando como imagen base *reactnativecommunity/react-native-android* [93], la cual provee todas las herramientas y dependencias necesarias para generar aplicaciones React Native *out-of-the-box* -locución inglesa que significa que el producto funciona inmediatamente al ser activado-. Docker es una tecnología que permite desplegar aplicaciones dentro de contenedores de software, los cuales se construyen a partir de imágenes que pueden distribuirse y utilizarse en cualquier sistema base compatible [94]. De esta forma garantizamos que el desarrollo tanto de esta versión como de otras futuras se realicen dentro de un entorno homogéneo.

El código de la aplicación móvil se encuentra disponible en el siguiente repositorio: <https://github.com/project-thera/thera-mobile-app>

La aplicación móvil productiva se encuentra disponible en Google Play Store en el enlace publicado en el siguiente sitio web: <https://www.proyectothera.com.ar>

Además, se suscribió un documento referido a las políticas de privacidad de la aplicación, cuya última versión se encuentra disponible en: <https://www.proyectothera.com.ar/politica-privacidad.html>

5.1.3 Vistas e interfaces

La aplicación móvil se encuentra ambientada en el laboratorio del profesor Thera, tal como fue descrito en la sección 3.4.1 de este trabajo. Cuenta con una amplia colección de vistas, las cuales observamos y describimos en las siguientes secciones.

5.1.3.1 Inicio de sesión, registro de usuario y recuperación de contraseña

La primera pantalla con la que se encuentra el usuario al iniciar la aplicación móvil, en caso de no estar autenticado, es la de inicio de sesión. El formulario está rotulado con el simpático rostro del androide Thera, acompañado por un campo de *Correo electrónico* y otro de *Contraseña*, como podemos observar en la Figura 5.1.



Figura 5.1. Inicio de sesión.

El usuario debe completar estos campos con los datos que registró al crear su cuenta. Una vez completos, debe presionar el botón *Ingresar* para que la información sea validada por el servidor. Un mensaje emergente le informará si la autenticación resultó exitosa o no. Además, se proveen dos enlaces, *Creá tu cuenta* para registrar un nuevo usuario, y *¿Olvidaste tu contraseña?* para iniciar el proceso de recuperación de contraseña.

Si el usuario necesita crear su cuenta, al presionar en *Creá tu cuenta* accede al formulario de registro que podemos apreciar en la Figura 5.2. La creación de un nuevo usuario requiere completar el *Nombre de usuario* deseado, el *Nombre y apellido* del usuario, su *Dirección de correo electrónico*, y la *Contraseña*, la cual debe ingresarse en dos oportunidades para evitar errores. Una vez completado el formulario, el usuario puede presionar en el botón *Continuar* para que los datos sean verificados por el servidor.

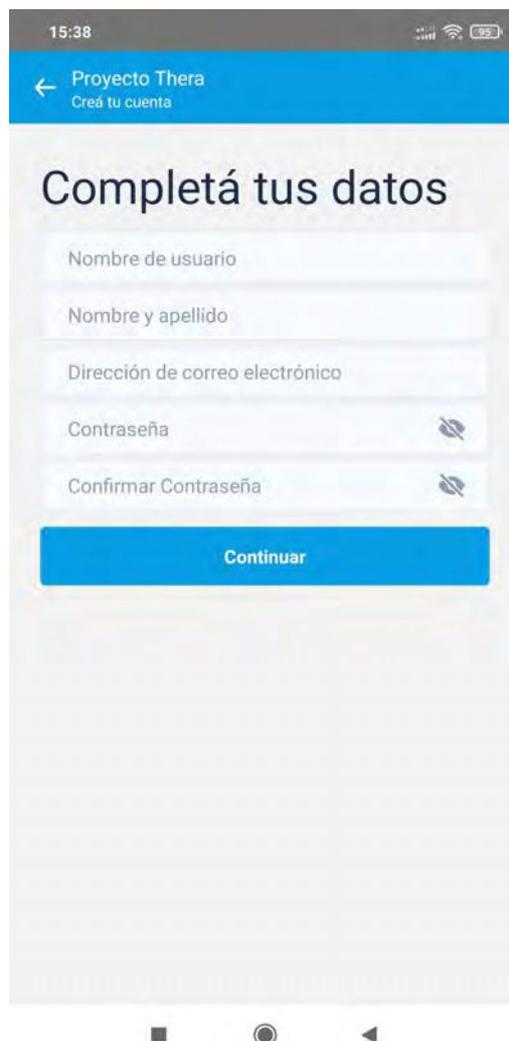
The image shows a mobile application interface for user registration. At the top, there is a blue header bar with a back arrow, the text 'Proyecto Thera', and a sub-header 'Creá tu cuenta'. Below the header, the main title 'Completá tus datos' is displayed in a large, bold font. The form consists of five input fields: 'Nombre de usuario', 'Nombre y apellido', 'Dirección de correo electrónico', 'Contraseña', and 'Confirmar Contraseña'. The password fields have small icons on the right side, likely for toggling visibility. At the bottom of the form is a prominent blue button labeled 'Continuar'. The entire form is set against a light gray background. At the very bottom of the screen, the standard Android navigation bar is visible.

Figura 5.2. Formulario de registro de nuevo usuario.

Si el registro del nuevo usuario resulta exitoso, entonces recibirá un correo electrónico para confirmar que la casilla informada le pertenece, como podemos ver en la Figura 5.3. Esto es fundamental ya que toda comunicación posterior se realizará a través de dicha casilla de

correo, incluyendo el cambio de contraseña. En caso que se encuentren errores en el formulario, la aplicación muestra un mensaje emergente informando de su existencia, y luego se remarcan los campos que dieron origen a estos errores; por ejemplo, porque la dirección de correo electrónico ya fue registrada con anterioridad.

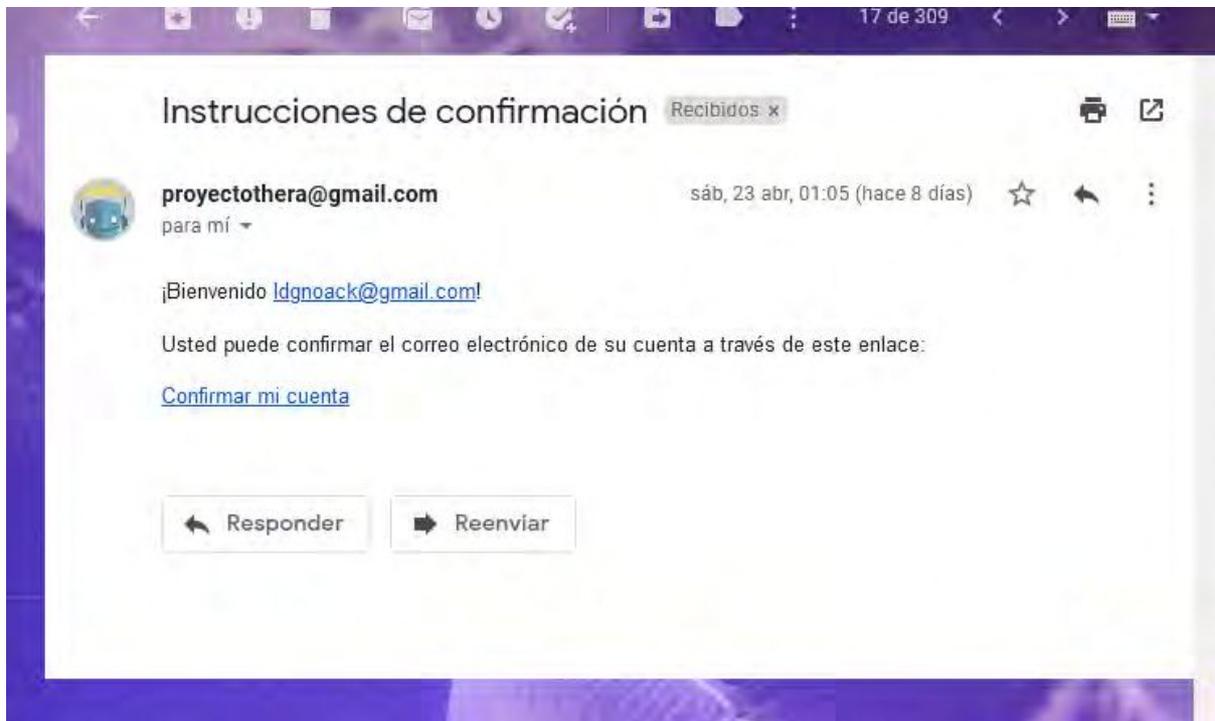


Figura 5.3. Correo de confirmación de cuenta de usuario.

En caso que el usuario haya olvidado su contraseña y desee restablecerla, el botón *Olvidaste tu contraseña* permite acceder al formulario de recuperación de contraseña que podemos ver en la Figura 5.4. En este formulario, el usuario puede indicar cuál es la *Dirección de correo electrónico* asociada a su usuario, y una vez que presione el botón *Continuar* el sistema le enviará las instrucciones para restablecer su contraseña a la casilla indicada.

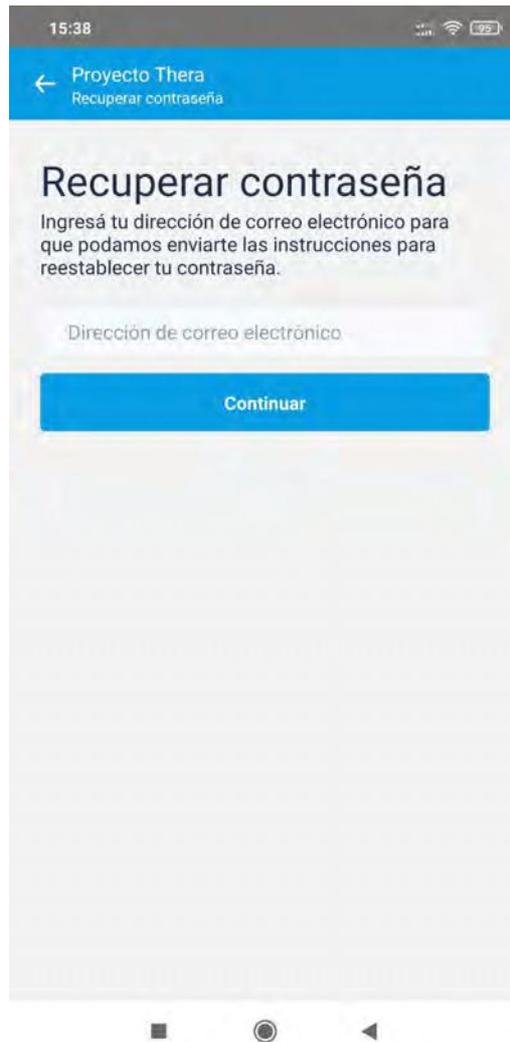


Figura 5.4. Recuperar contraseña.

5.1.3.2 Pantalla principal

Cuando el usuario ingresa a la aplicación, sea autenticándose con sus credenciales o porque ya estaba autenticado previamente, se sumerge en el laboratorio donde se lleva adelante el **proyecto Thera**. El laboratorio se presenta como un tríptico, siendo la región central la vista por defecto, desde la que se puede observar el progreso en la construcción de un nuevo androide. En la Figura 5.5 podemos observar una combinación de las regiones que componen al laboratorio. El profesor Theralov se ubica de manera aleatoria en cualquiera de las tres locaciones, realizando distintas actividades, para transmitir una experiencia dinámica al usuario: en este laboratorio están ocurriendo cosas.

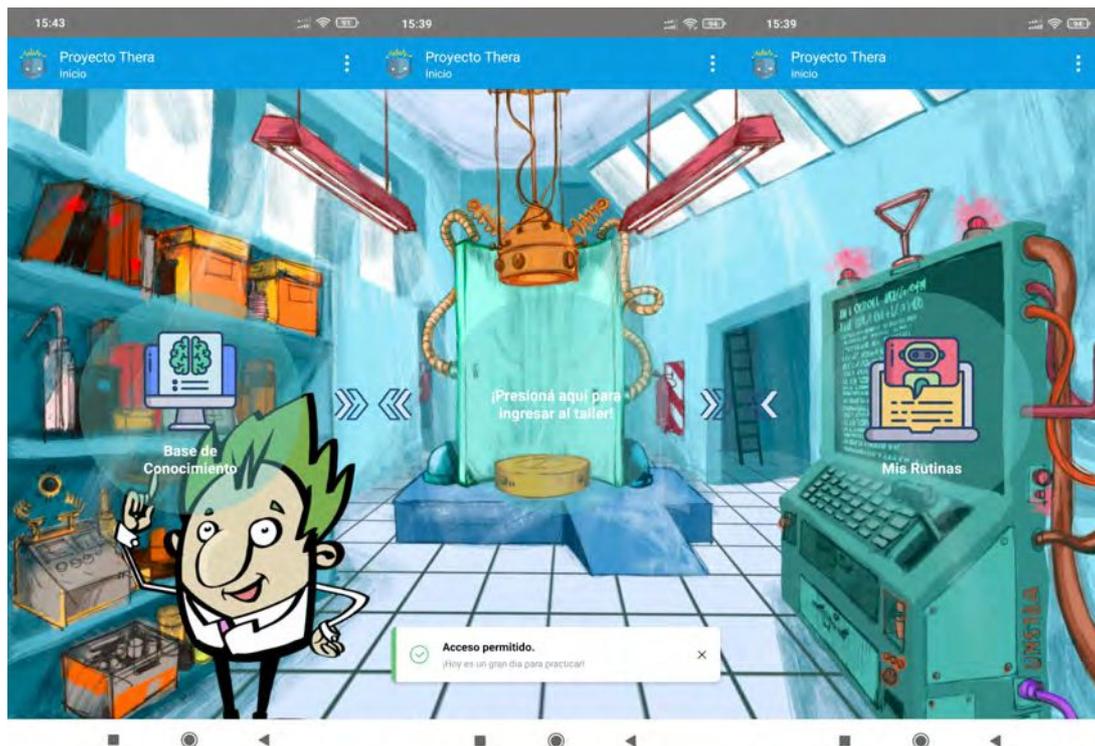


Figura 5.5. El laboratorio del profesor Theralov.

El laboratorio cuenta con tres regiones, cada una con una funcionalidad específica. En el panel de la izquierda podemos consultar la *Base de conocimiento*, un glosario de los ejercicios disponibles en la aplicación para que el usuario practique antes de entrenar al androide; en el panel central podemos acceder al *Taller* donde el usuario puede canjear sus puntos por piezas para ir construyendo su androide; en panel de la derecha está ubicada la computadora que nos permite acceder a *Mis Rutinas*, desde donde el usuario puede consultar e iniciar sus rutinas, además de enviar audios y videos a su Supervisor.

5.1.3.3 Base de conocimiento

La *Base de conocimiento* permite al usuario conocer la totalidad de los ejercicios implementados en la aplicación, además de practicarlos sin afectar a sus rutinas. Este glosario se presenta como un listado que podemos observar en la Figura 5.6, mostrando el título y la descripción del ejercicio y un botón *Iniciar* para comenzar con su ejecución.



Figura 5.6. Base de conocimiento.

5.1.3.4 Taller

En la Figura 5.7 podemos ver el *Taller* al que el usuario puede acceder desde el panel central de la aplicación. La vista de *Taller* cuenta con una barra superior de estado, donde se puede verificar rápidamente el estado de la cuenta y el progreso. Bajo el ícono de *microchip* vemos la cantidad de créditos de la que dispone el usuario para canjear por piezas del androide; debajo del androide dentro de una rueda dentada se informa la cantidad de piezas que tiene del androide en construcción; y por último, bajo el ícono del androide se presenta la cantidad de androides que ya fueron completados.



Figura 5.7. Taller.

El *Taller* posee además un listado con las piezas que componen cada unidad del androide Thera, en el orden que deben ser instaladas. Sobre cada pieza podemos ver una imagen, su costo en créditos, la descripción de la pieza y el botón *Canjear*; al presionarlo, el usuario puede obtener la pieza deseada si cuenta con la cantidad de créditos suficiente.

5.1.3.5 Mis Rutinas

En la Figura 5.8 vemos la vista de *Mis Rutinas*. Desde esta interfaz el usuario puede ver listadas las rutinas activas definidas por su Supervisor. Para facilitar la actualización de las mismas en una dinámica de consultorio, se provee un botón *Actualizar* que permite obtener del servidor los últimos cambios en las rutinas realizados por el Supervisor.



Figura 5.8. Mis Rutinas.

Además, se incluye un botón *Enviar video*, que permite al usuario grabar un audio o video de hasta 10 segundos de duración para enviar a su Supervisor. Este servicio lo vemos ilustrado en la Figura 5.9.

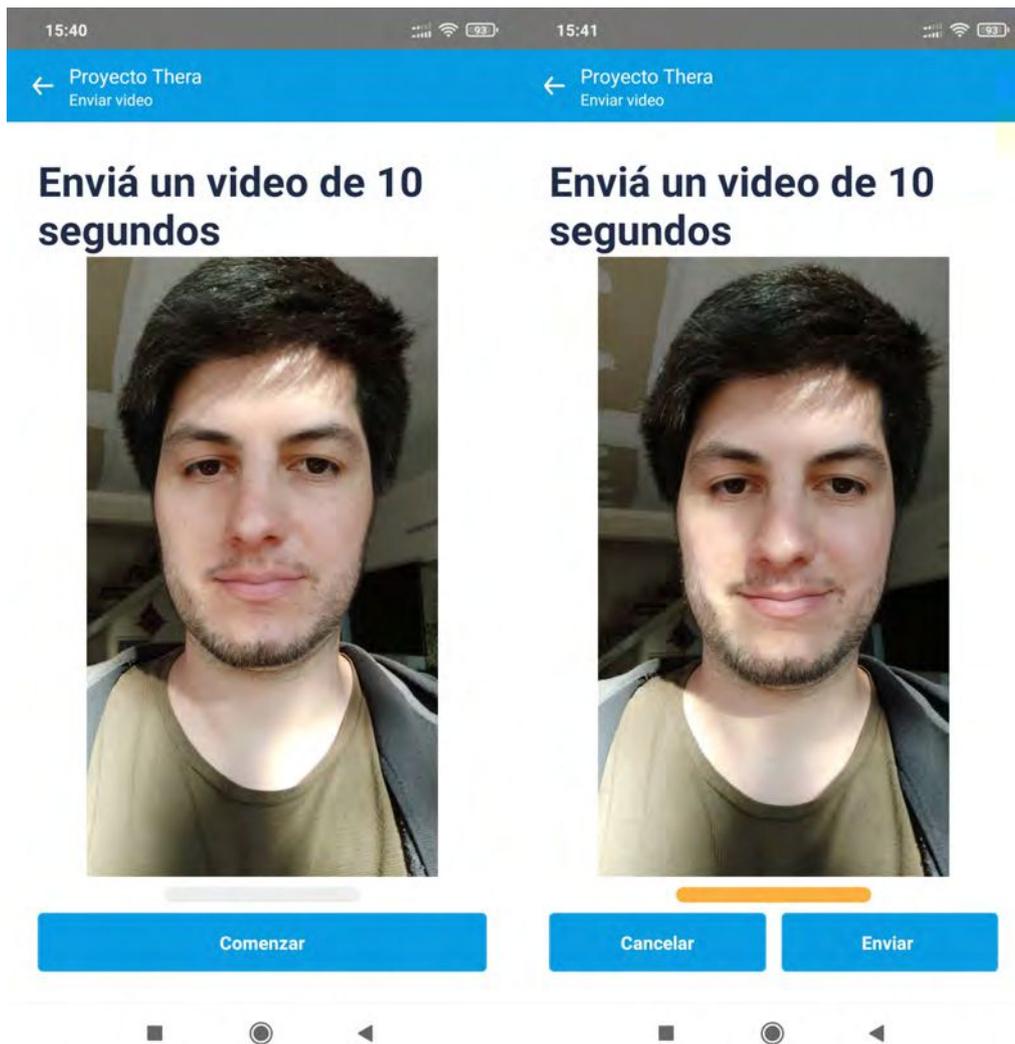


Figura 5.9. Enviar un video.

El usuario dispone de un botón *Comenzar* que inicia la grabación del video. Una vez terminado, se habilitan los botones *Cancelar*, para descartar la grabación, y *Enviar*, para enviar el video al servidor.

En el listado que ocupa la parte inferior de la vista de *Mis Rutinas* observamos el listado de rutinas activas, indicadas con su nombre e información sobre la última vez que fue realizada. Además, cada una está acompañada por un botón *Iniciar* que comienza con la ejecución de la colección de ejercicios.

5.1.3.6 Ejercicios

Tanto si el usuario accede desde la *Base de conocimiento* como al iniciar una rutina desde *Mis Rutinas*, los ejercicios se presentan de manera homogénea de acuerdo al tipo de sensor del que hagan uso.

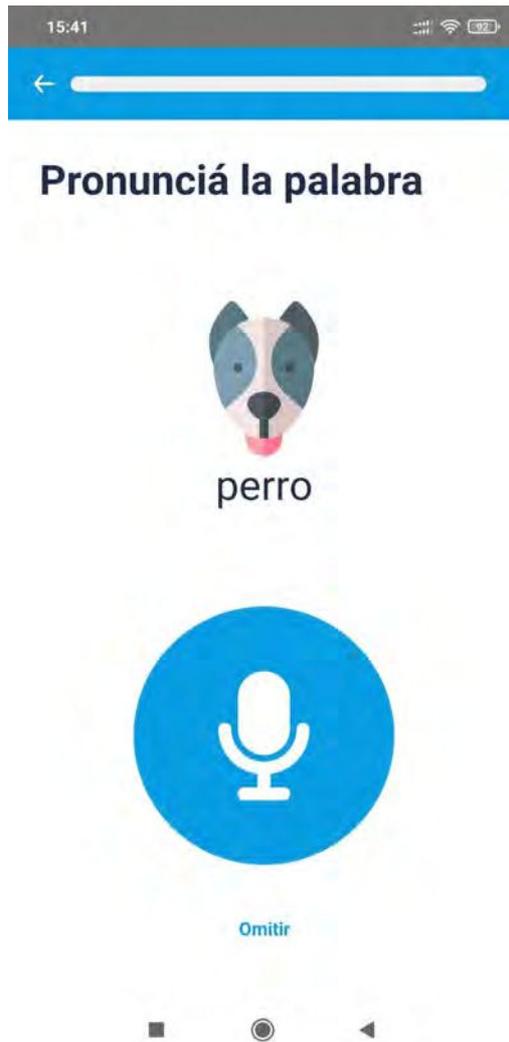


Figura 5.10. Ejercicios con el sensor de palabras y frases.

En la Figura 5.10 podemos observar la vista para los ejercicios que hacen uso del sensor de palabras y frases. Estos ejercicios son indicados con un título que ordena *Pronunciá la palabra*; debajo se ubica la imagen que auxilia a la identificación de la frase o palabra, la cual se ubica inmediatamente a continuación. Un gran botón con el ícono de un micrófono permite al usuario habilitar la captura de audio, la cual se indica con el mismo botón modificado con una paleta de color rojo. En caso que el usuario no pueda o no desee completar este ejercicio, se provee un botón *Omitir* al final de la vista para avanzar con el siguiente ejercicio.



Figura 5.11. Ejercicios con el sensor de soplos.

Los ejercicios que utilizan el sensor de soplos se resumen, en esta versión, a un juego que plantea como desafío inflar globos de distintos colores. Los globos estallan una vez que la aplicación detecta que el usuario sopló la cantidad de segundos determinada por su Supervisor, y el ejercicio se marca como completado. Una animación y un efecto de sonido de explosión acompañan al estallido del globo. Podemos observar esta interfaz en la Figura 5.11, donde se presenta un título con la instrucción *Soplá tu pantalla*, y el protagonismo lo toma el globo, que crece a medida que el usuario sopla. Finalmente se presenta un botón *Omitir* para que el usuario avance al siguiente ejercicio en caso que no pueda o no desee completar esta instancia.

En la Figura 5.12 podemos visualizar la vista para los ejercicios que utilizan el sensor de gestos.



Figura 5.12. Ejercicios con el sensor de gestos.

La vista respeta la estructura de aquellas diseñadas para los sensores previamente descritos. Un título indica la lectura de las instrucciones, propias de cada gesto, y la captura de video en vivo de la cámara frontal se presenta en un recuadro de previsualización, para que el usuario pueda validar el gesto realizado. Debajo de este recuadro se ubica una barra de progreso de la detección del gesto, y finalmente un botón para *Omitir* el ejercicio en caso que el usuario no pueda completarlo.

En todos los casos previamente descritos en esta sección podemos observar que sobre la barra de navegación superior se ubica una barra de progreso, la cual indica al usuario el progreso en la realización de su rutina.

5.1.3.7 Otras vistas

Para finalizar con el recorrido de las vistas que componen a la aplicación móvil resulta importante destacar el menú contextual que se puede desplegar desde cualquiera de los paneles de la pantalla principal, presionando los tres puntos verticales ubicados sobre el vértice superior derecho de la pantalla, como podemos observar en la Figura 5.13.



Figura 5.13. Menú contextual.

Desde este menú el usuario puede acceder a distintas opciones.

- **Mi cuenta.** El usuario puede consultar el estado de su cuenta y editar algunos atributos.
- **Configuración.** El usuario puede editar parámetros para el uso del *hardware* de su dispositivo.
- **Sincronizar.** Permite al usuario sincronizar la aplicación móvil con los datos almacenados en la aplicación web.
- **Acerca del Proyecto Thera.** Información sobre el proyecto, sus autores, y el contexto de su ejecución.
- **Cerrar sesión.** Permite al usuario cerrar sesión.

Entre estas opciones destacamos la opción *Configuración*, la cual permite configurar la frecuencia de muestreo del micrófono y la resolución de la cámara frontal, de manera tal que el registro tanto del audio como del video sea correo y la experiencia del usuario óptima. Podemos ver la vista de *Configuración* en la Figura 5.14.



Figura 5.14. Configuración.

Desde esta vista el usuario puede además configurar recordatorios. La aplicación móvil permite al usuario definir un horario en el cual una notificación *push* -es decir, una notificación que se muestra en el panel de notificaciones, independientemente de que la aplicación esté en ejecución o no-. Esta funcionalidad asiste al usuario para recordarle cuándo realizar sus rutinas.

5.2 Aplicación web

5.2.1 Lenguaje, *framework* y otras herramientas

El desarrollo de la aplicación web fue realizado con un *stack* tecnológico compuesto por herramientas de uso libre y gratuito, con vigencia en el mercado, validadas por otros proyectos y con prospección para futuras actualizaciones, y que además sean del dominio de los autores de este trabajo.

Para la implementación del *backend* se determinó utilizar el *framework Ruby on Rails* [95], implementado en el lenguaje de programación *Ruby*. *Ruby* es un lenguaje de uso general, dinámico, interpretado y pensado dentro del paradigma de la programación orientada a objetos. El código escrito en *Ruby* es simple, similar a cualquier texto escrito en inglés, por lo que su comprensión resulta accesible incluso para aquellas personas que no saben programar. El lenguaje se distribuye como *open source* de manera gratuita, y cuenta como respaldo con una importante comunidad de desarrolladores que extienden sus capacidades gracias al desarrollo de gemas, paquetes que suman funcionalidad al lenguaje [96]. *Ruby on Rails* es el *framework* más popular implementado en este lenguaje, incluyendo *out-of-the-box* una batería de gemas para resolver una multiplicidad de requerimientos comunes a todas las aplicaciones web, como por ejemplo *activemodel* y *activerecord* como ORM -del inglés *object-relational mapping*, técnica para convertir objetos de la aplicación en entradas en la base de datos- para interactuar con distintos sistemas de bases de datos relaciones, o *activejob* para gestionar y ejecutar tareas en segundo plano. *Ruby on Rails* es utilizado por importantes proyectos como GitLab [97] o Shopify [98].

En el caso del *frontend* la tecnología elegida para poder construir interfaces simples, dinámicas y amigables para el usuario fue el *framework Vue.js* [99]. *Vue.js* es una herramienta *open source* de distribución gratuita implementada en *JavaScript*, que nos permite estructurar nuestras interfaces de acuerdo al paradigma de programación orientada a componentes. Además, nos permite incorporar la biblioteca *Vuetify* [100], una implementación libre de los componentes de Material Design de Google, que nos permite acceder y utilizar paneles, tarjetas, barras de navegación, listas y otros elementos con solo incorporarla en nuestro proyecto.

Entre otras herramientas que vale mencionar como protagonistas de este desarrollo encontramos el RDBMS -del inglés *relational database management system*, o sistema de gestión de bases de datos relacionales- *MariaDB* [101], un sistema compatible con MySQL. Tanto para montar el servicio de bases de datos como para ejecutar el servidor web utilizamos *Docker*, configurando un entorno de desarrollo con *Docker Compose*, una herramienta que permite especificar los servicios necesarios y ejecutarlos en contenedores que registran características idénticas independientemente de la plataforma en la que se ejecuten.

Para el versionado del código utilizamos *GitHub*, unificando todos los proyectos que hacen al ecosistema de aplicaciones desarrolladas dentro del grupo *Project Thera* [103]. *GitHub* cuenta con tecnologías de integración continua bajo el nombre *GitHub Actions*, los que nos permite automatizar la generación de imágenes de producción de *Docker* una vez que los cambios en la rama principal *main* son autorizados e incorporados. Gracias a esta configuración podemos simplificar y facilitar la distribución y actualización de la aplicación web.

El código de la aplicación web se encuentra disponible en el siguiente repositorio: <https://github.com/project-thera/thera-webapp>

La aplicación web productiva se encuentra disponible en el siguiente enlace: <https://app.proyectothera.com.ar/>

5.2.2 JSON:API

La comunicación entre el *backend* y el *frontend* la realizamos mediante el uso de consultas y respuestas estructuradas. En el marco de este trabajo decidimos utilizar el estándar *JSON:API* [104], una especificación para construir API -del inglés *application programming interface*, o interfaz de programación de aplicaciones-, que nos indica y sugiere cómo deben ser estructurados los requerimientos realizados a nuestro servidor y cómo deben ser construidas las respuestas, de manera tal de simplificar la comunicación con sus clientes. La implementación de *JSON:API* se realizó en el *backend* utilizando la gema *JSONAPI:Utils* [105], la cual permite exponer un modelo definido con *activemodel* y *activerecord* de manera rápida, especificando cuáles atributos presentar o qué filtros admitir. Desde el lado de *frontend* la integración también resulta sencilla gracias al paquete *active-resource* [106]. La autorización de acceso a los recursos la implementamos con las gemas *devise* [107] y *jsonapi-authorization*. Destacamos como experiencia durante el desarrollo que la adopción del estándar *JSON:API* simplificó y redujo los tiempos de implementación gracias a la posibilidad de incorporar estas herramientas, las cuales se encuentran extensamente probadas y documentadas por cientos de desarrolladores de acuerdo a sus estadísticas en GitHub.

5.2.3 Vistas e interfaces

Para la implementación de vistas e interfaces de la aplicación web decidimos optar por un diseño simple y minimalista basado en los componentes provistos por la biblioteca *Vuetify*. De acuerdo a lo analizado en la sección 3.3.1 de este documento, donde describimos los roles de usuario de la aplicación, la aplicación web está destinada a usuarios Administradores y Supervisores, por lo que el diseño debe priorizar los aspectos funcionales por encima de los aspectos estéticos.

A continuación ofrecemos una colección de capturas de pantalla de la aplicación web con el objetivo de facilitar su descripción al lector.

5.2.3.1 Inicio de sesión

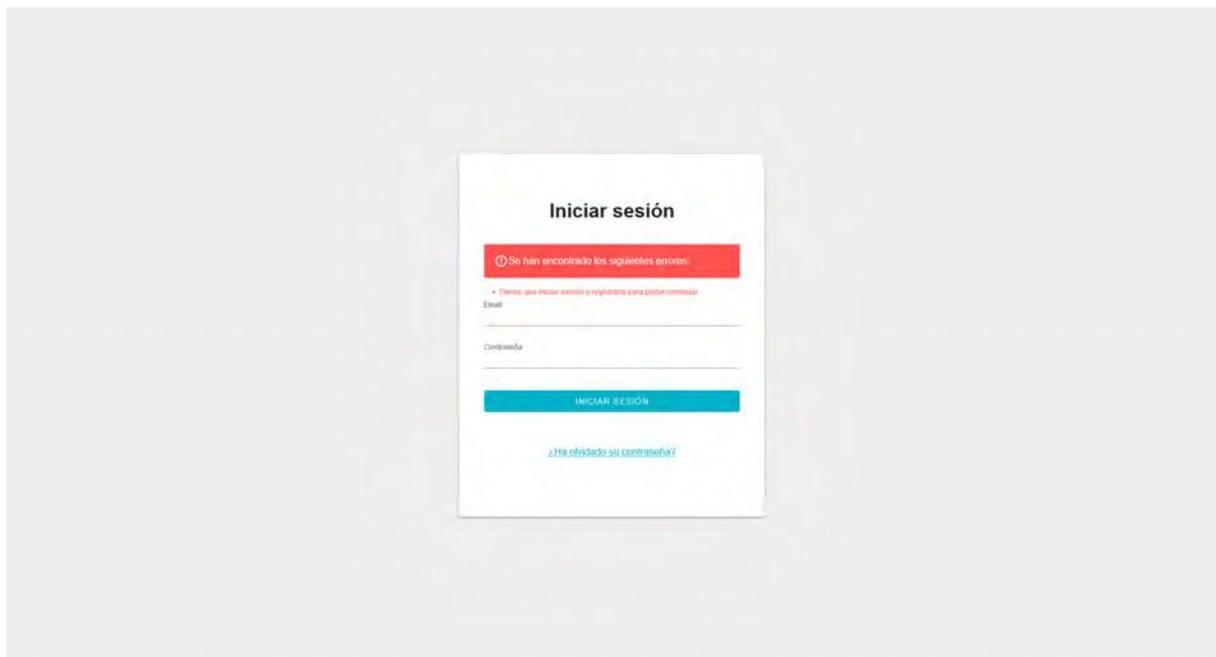


Figura 5.15. Inicio de sesión.

En la Figura 5.15 podemos observar el formulario de inicio de sesión en la aplicación, para el cual se solicita la dirección de correo electrónico registrada por el usuario y la contraseña. Todas las funcionalidades de la aplicación web requieren que el usuario esté autenticado en la plataforma. Opcionalmente se ofrece informar que se ha olvidado la contraseña para solicitar que sea restablecida.

5.2.3.2 Módulo Pacientes

Nombre completo	Correo electrónico	Último inicio de sesión	Supervisor
Lucio Di Giacomo Noack	lgnock@gmail.com	24/04/2022 04:48:40	Lucio Di Giacomo Noack
Lolo Perez	lolp@gmail.com		Sin supervisor
Renato Silva	paciente_con_supervision_10@thera.com.ar	21/04/2022 12:55:05	Inés Ortiz
Laureano García	paciente@thera.com.ar		Inés Ortiz
Dolores Rizzo Heredia	paciente_con_supervision_19@thera.com.ar		Inés Ortiz
Zoe Pacheco	paciente_con_supervision_10@thera.com.ar		Inés Ortiz
Maria Ledesma	paciente_con_supervision_17@thera.com.ar		Inés Ortiz
Magdalena García	paciente_con_supervision_16@thera.com.ar		Inés Ortiz
Antonio Corfés	paciente_con_supervision_15@thera.com.ar		Inés Ortiz
Luana Blanco Varga	paciente_con_supervision_14@thera.com.ar		Inés Ortiz

Figura 5.16. Listado de pacientes.

La pantalla por defecto una vez que se ha iniciado sesión es el listado de pacientes, como podemos apreciar en la Figura 5.16. En ella tanto Supervisores como Administradores pueden consultar el listado de usuarios, su nombre completo, dirección de correo electrónico, último inicio de sesión en la plataforma (web o móvil), y el usuario Supervisor asignado. Los Supervisores además tienen la opción de aplicar el filtro *Mostrar solo mis pacientes* para reducir el listado a los usuarios que están bajo su supervisión. Desde cada entrada de usuario se puede acceder a su ficha mediante el botón *Ver* o agregar/quitar la supervisión mediante los botones *Agregar a mis pacientes* o *Dejar de supervisar*. Además se provee un formulario de *Búsqueda rápida* sobre la barra de navegación superior, el cual permite filtrar usuarios por *Nombre completo* o *Correo electrónico*.

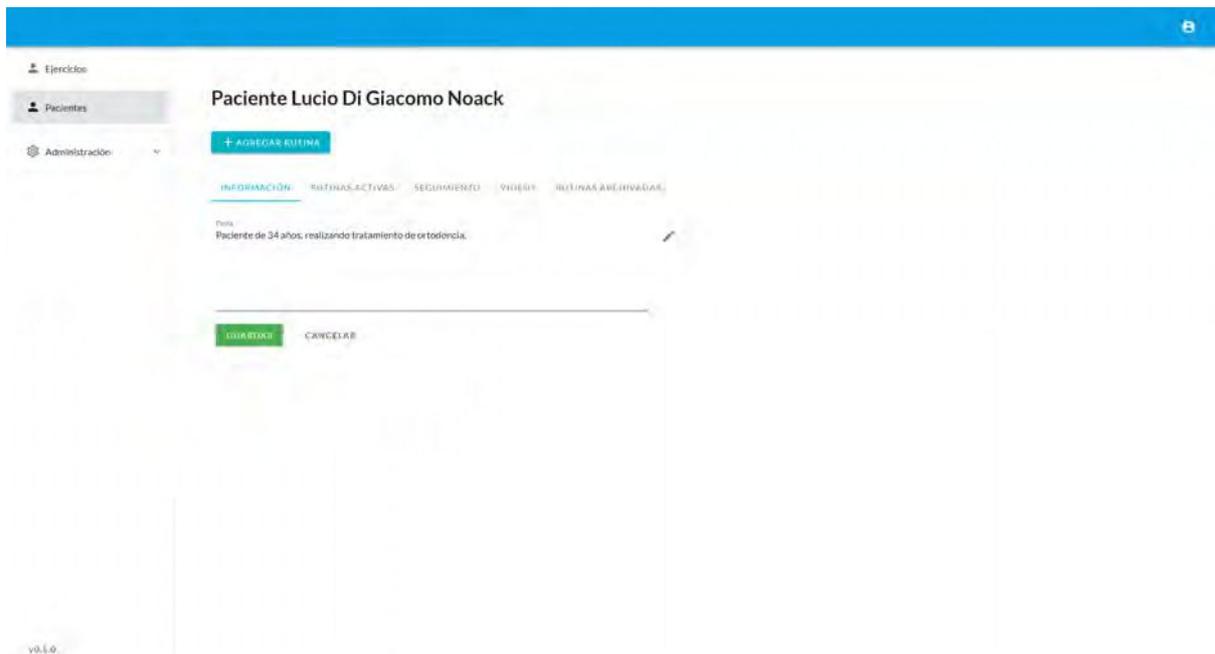


Figura 5.17. Ficha de paciente, pestaña de Información.

Como observamos en la Figura 5.17, una vez que presionamos el botón *Ver* en la entrada de un paciente, accedemos a su ficha, la cual cuenta con cinco pestañas: *Información*, *Rutinas activas*, *Seguimiento*, *Videos* y *Rutinas Archivadas*. En la pestaña de *Información* el Supervisor puede cargar notas sobre el paciente, por ejemplo, describiendo su estado, evolución, motivos del tratamiento, entre otra información que pueda resultar útil para el desarrollo del tratamiento.

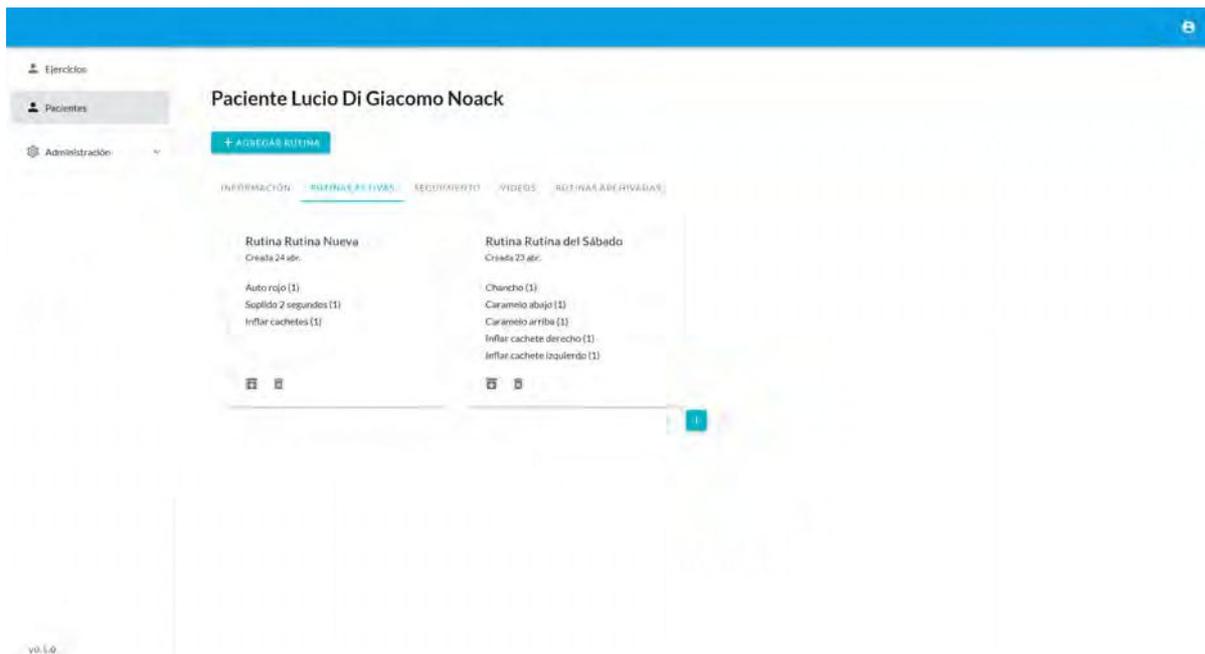


Figura 5.18. Ficha de paciente, pestaña de Rutinas Activas.

En la pestaña de *Rutinas Activas* el Supervisor puede consultar cuáles son las rutinas asignadas al paciente, es decir, que este último verá reflejadas en su aplicación móvil y será invitado a realizar. Las rutinas se presentan mediante un título y un listado de ejercicios que las componen, indicando la cantidad de repeticiones entre paréntesis. Las rutinas se agregan mediante el botón *Agregar Rutina* ubicado debajo del nombre del paciente en la ficha, y se pueden *archivar* o *eliminar* con los botones disponibles abajo a la izquierda en la tarjeta que representa cada rutina, tal como podemos apreciarlo en la Figura 5.18.

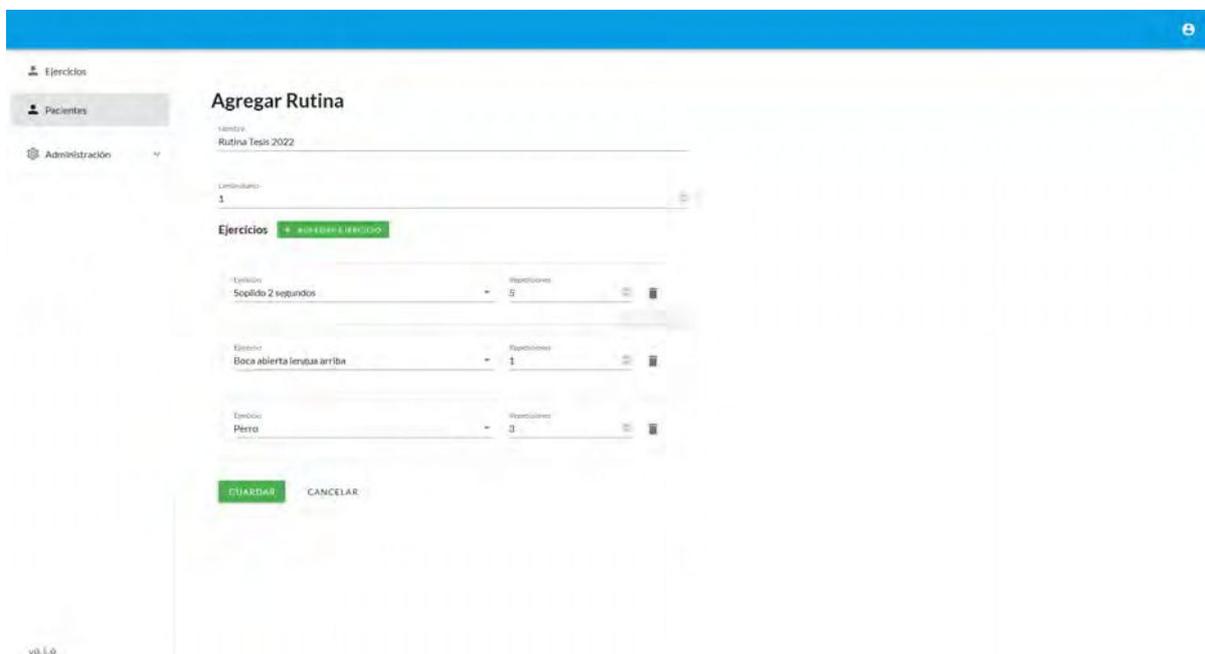


Figura 5.19. Ficha de paciente, agregar rutina.

Cuando el Supervisor hace clic en el botón *Agregar Rutina* se habilita el formulario de nueva rutina que vemos en la Figura 5.19. El Supervisor debe completarlo especificando un título, la cantidad de repeticiones diarias deseadas, y el listado de ejercicios. Los ejercicios se pueden agregar de manera dinámica presionando el botón *Agregar Ejercicio*. Cada ejercicio debe especificar el tipo de ejercicio y las repeticiones objetivo. Una vez configurada la rutina, el Supervisor debe presionar el botón *Guardar*; en caso de no querer avanzar con el registro de la misma, el botón *Cancelar* permite cancelar la operación y volver a la ficha del paciente.

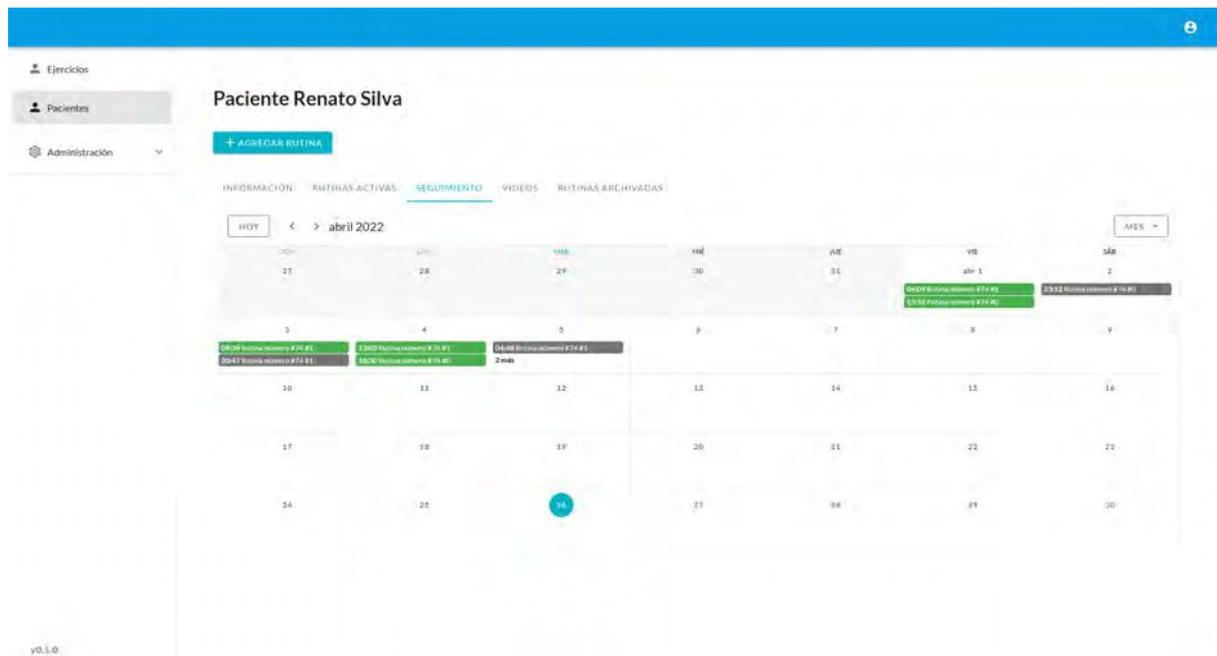


Figura 5.20. Ficha de paciente, pestaña de Seguimiento.

La pestaña de *Seguimiento* nos presenta un calendario configurable por el Supervisor o Administrador, como podemos ver en la Figura 5.20. Dentro de cada día observamos la actividad del paciente, registrando las rutinas completas con el color verde, y las incompletas con el color gris. Sobre cada rutina podemos consultar el detalle, como vemos a continuación en la Figura 5.21.

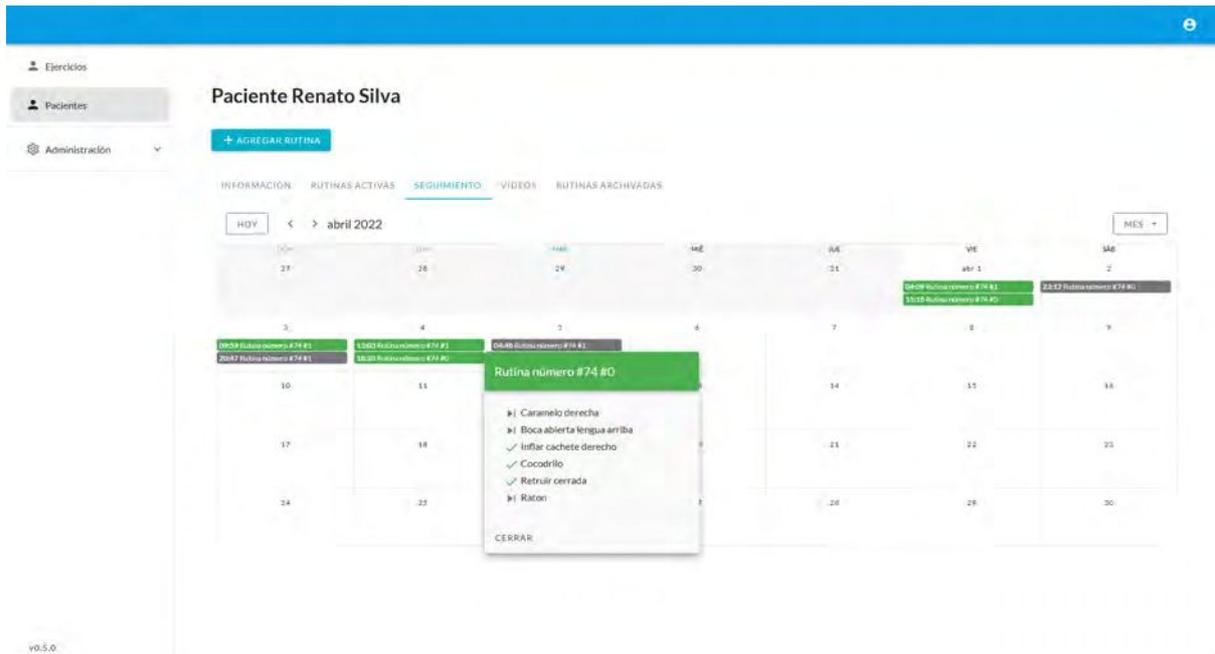


Figura 5.21. Ficha de paciente, pestaña de Seguimiento, calendario en detalle.

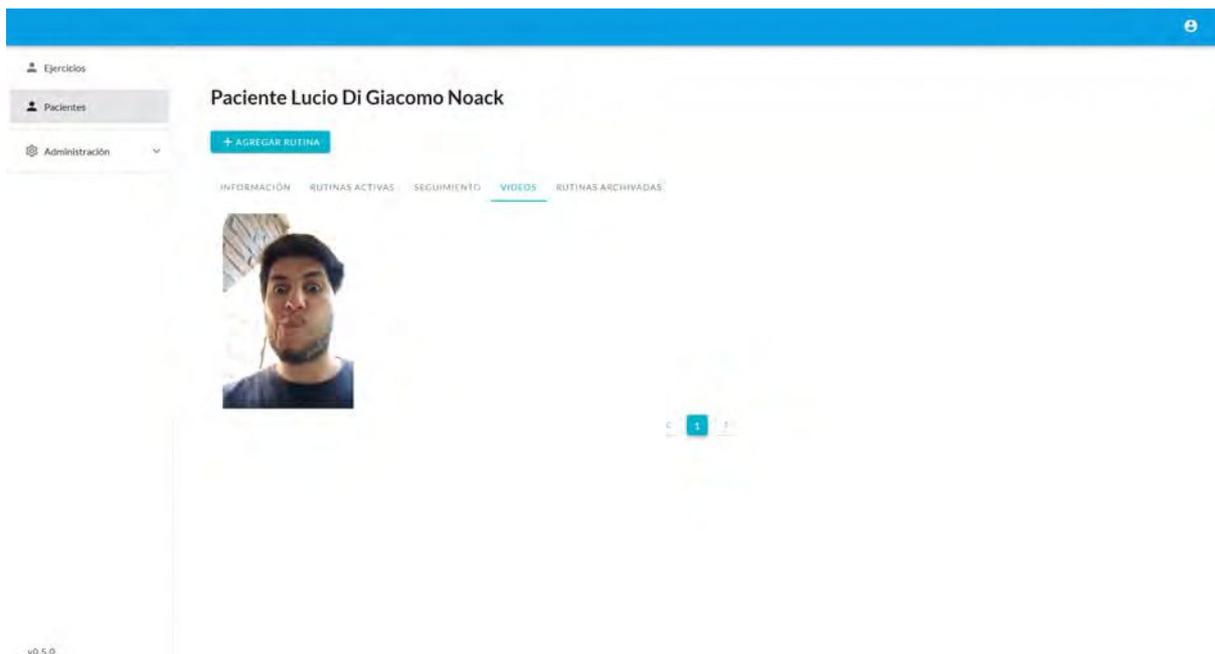


Figura 5.22. Ficha de paciente, pestaña de Videos.

Los pacientes tienen la posibilidad de enviar videos de hasta 10 segundos de duración a su Supervisor, los cuales pueden ser consultados en la pestaña de *Videos* como podemos ver en la Figura 5.22. En esta pestaña se presenta un listado de tarjetas con los videos que envió el paciente, y se pueden reproducir desde la web misma.

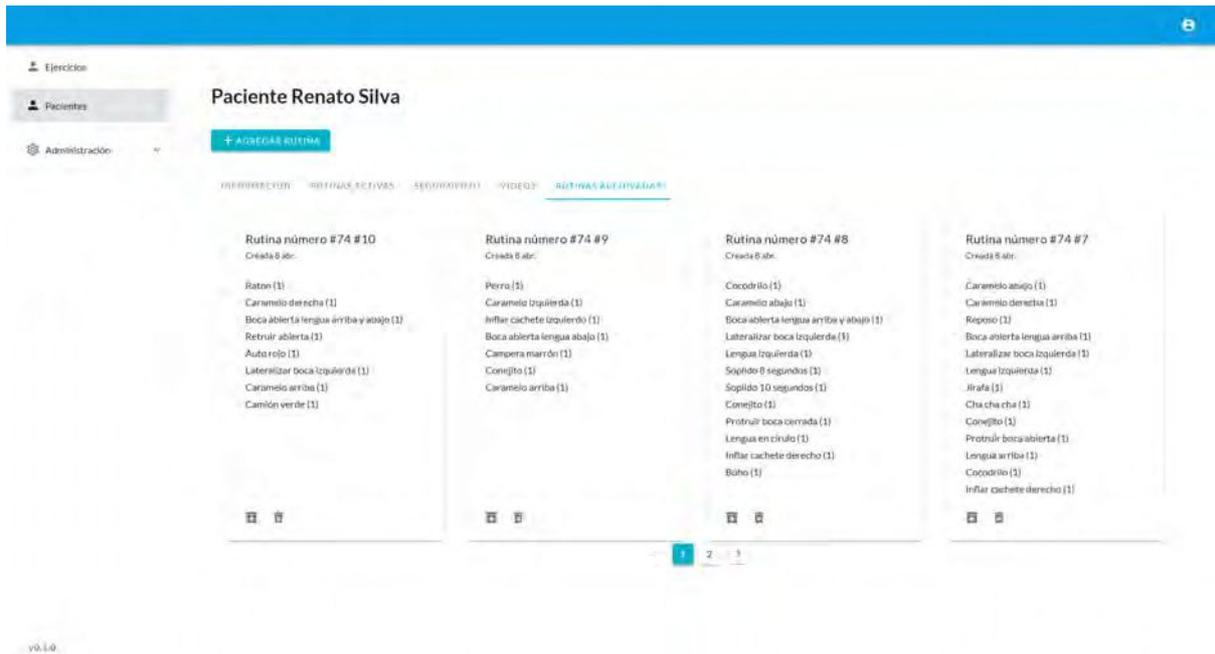


Figura 5.23. Ficha de paciente, pestaña de Rutinas Archivadas.

Finalmente, la ficha del paciente presenta la pestaña de *Rutinas Archivadas*, donde el Supervisor puede consultar las rutinas que ya no están activas para el tratamiento del paciente, con la posibilidad de recuperarlas o eliminarlas de manera definitiva mediante los botones ubicados en la parte inferior derecha de cada tarjeta, como podemos observar en la Figura 5.23.

5.2.3.3 Módulo Ejercicios

La plataforma permite a Supervisores y Administradores extender la biblioteca de ejercicios gracias al módulo de Ejercicios, donde pueden cargarse nuevos desafíos para integrar las rutinas de los pacientes.

Nombre	Tipo	Descripción	
Campera marrón	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Campera marrón".	5 abr.
Chá chá chá	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Chá chá chá".	5 abr.
Camión verde	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Camión verde".	5 abr.
Auto rojo	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Auto rojo".	5 abr.
Murcielago	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Murcielago".	5 abr.
Jirafa	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Jirafa".	5 abr.
Tortuga	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Tortuga".	5 abr.
Chanchi	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Chanchi".	5 abr.
Búho	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Búho".	5 abr.
Raton	Reconocimiento de voz	Presione el botón y pronuncie "Raton".	5 abr.

Figura 5.24. Listado de ejercicios.

En la Figura 5.24 podemos apreciar el listado de ejercicios disponible en la plataforma, los cuales podemos editar o eliminar presionando los botones disponibles a la derecha de cada entrada. Contamos además con el formulario de *Búsqueda rápida*, que nos permite filtrar el listado utilizando los campos *Nombre* o *Descripción* de los ejercicios. Para agregar un nuevo ejercicio debemos presionar en el botón *Agregar Ejercicio* ubicado debajo del título del listado.

Nuevo ejercicio

SORLEIDO RECONOCIMIENTO DE VOZ RECONOCIMIENTO FACIAL

Nombre: Informática

Descripción: Pronunciar la palabra "informática".

Pasos **AGREGAR PASO**

Objetivo: Informática 

Objetivo: 

GUARDAR CANCELAR

Figura 5.25. Agregar nuevo ejercicio.

Para sumar un nuevo ejercicio a la plataforma debemos especificarlo completando cada uno de los campos del formulario que vemos en la Figura 5.25. En primer lugar debemos seleccionar qué tipo de sensor utiliza el ejercicio: *Soplido*, *Reconocimiento de Voz* o *Reconocimiento Facial*. Definimos un *Nombre* y una *Descripción* para el mismo, y posteriormente el listado de *Pasos* para completarlo. Cada paso se define mediante un *Objetivo*. En el ejemplo, como vamos a configurar un ejercicio de *Reconocimiento de Voz*, el *Objetivo* es la palabra o frase a pronunciar, y podemos acompañarla de una imagen que se mostrará al paciente para facilitarle la tarea. Si nos equivocamos, podemos eliminar el paso presionando el botón *Eliminar* ubicado a la derecha de cada uno de estos. Una vez configurado el ejercicio, podemos guardarlo con el botón *Guardar*, o podemos cancelar la operación con el botón *Cancelar*.

5.2.3.4 Módulo Usuarios

La administración y gestión de usuarios la realizan los Administradores utilizando el módulo de usuarios. A través de él se puede consultar información de actividad de todos los usuarios, desactivarlos o asignar roles. Es importante destacar que todos los usuarios registrados son asignados como pacientes por defecto, para obtener el rol de Supervisor un Administrador debe otorgarlo manualmente.

Nombre de usuario	Nombre completo	Correo electrónico	Último inicio de sesión	Última dirección IP
lucio.digiacoemo	Lucio Di Giacomo Nisack	dniflugg@gmail.com	25/04/2022 11:14:25	181.23.148.173
ltdgnack	Lucio Di Giacomo Nisack	ltdgnack@gmail.com	24/04/2022 04:48:40	181.23.148.173
lolo	Lolo Perez	lolo@gnats.com		
paciente_con_supervision_10	Renato Silva	paciente_con_supervision_10@thera.com.ar	21/04/2022 12:05:05	181.23.131.251
paciente	Laureano Garcia	paciente@thera.com.ar		
paciente_con_supervision_19	Dolores Rizzo Hircedia	paciente_con_supervision_19@thera.com.ar		
paciente_con_supervision_18	Zoe Pacheco	paciente_con_supervision_18@thera.com.ar		
paciente_con_supervision_17	Marta Ledesma	paciente_con_supervision_17@thera.com.ar		
paciente_con_supervision_16	Magdalena Garcia	paciente_con_supervision_16@thera.com.ar		
paciente_con_supervision_15	Antonio Cortez	paciente_con_supervision_15@thera.com.ar		

Figura 5.26. Listado de usuarios.

En la Figura 5.26 vemos una captura del listado de usuarios, donde se especifica el *Nombre de usuario*, el *Nombre completo* de la persona a la que representa, el *Correo electrónico* registrado, la fecha y hora del *Último inicio de sesión* y la *Última dirección IP* registrada, estos dos últimos campos con fines de auditoría. Desde el listado se puede editar, activar, desactivar o eliminar un usuario.

The image shows a web interface for editing a user. On the left is a navigation menu with items: 'Ejercidos', 'Pacientes', 'Administración', 'Usuarios', and 'Grupos'. The main content area is titled 'Editar usuario lucio.digiacom'. It contains a form with the following fields:

- Nombre de usuario:** lucio@digiacom
- Nombre completo:** Lucio Di Giacomo Noack
- Correo electrónico:** dantf@gmail.com
- Grupos:** System Administrator

 At the bottom of the form are two buttons: 'GUARDAR' (highlighted in green) and 'CANCELAR'.

Figura 5.27. Formulario de usuario.

Al momento de editar un usuario vemos desplegado un formulario como el que se puede apreciar en la Figura 5.27. Podemos editar el nombre de usuario, el nombre completo, la dirección de correo electrónico registrada o configurar los grupos a los que pertenece. En este caso, destacamos el campo de *Grupos* ya que es el que permite a un usuario adoptar el rol de Supervisor o Administrador.

5.3 Aplicación de entrenamiento

5.3.1 Introducción

En la sección 4.3 de este trabajo estudiamos la implementación de un sensor de gestos, utilizando técnicas y herramientas de inteligencia artificial. En la sección 4.3.3 establecimos que para que una red neuronal pueda realizar su trabajo con éxito en la etapa de inferencia es fundamental que haya sido entrenada con un *dataset* amplio en su etapa de entrenamiento. Observamos, además, que si bien contamos con *datasets* para reconocer rostros, no contamos con imágenes que nos permitan detectar específicamente el estado de los rostros tal y como los buscamos, es decir, muestras de los gestos que nos planteamos sensor. Para construir nuestro propio *dataset* de gestos decidimos implementar una aplicación web a la cual denominamos *training*, la cual involucró un trabajo no solo de desarrollo sino también de producción audiovisual.

5.3.2 Lenguaje, *framework* y otras herramientas

El desarrollo de la aplicación de *training* se realizó utilizando las mismas tecnologías de las que hicimos uso para la aplicación web, las cuales describimos en la sección 5.2.1. Resulta oportuno mencionar que la aplicación de *training* corre en su entorno de producción sobre una *single-board computer Raspberry Pi 4 Model B 4GB* [108] y utilizando *Docker*.

5.3.3 Modelo de datos

Para modelar y almacenar los datos recopilados con la aplicación de entrenamiento diseñamos tres clases anidadas.

- **Usuarios.** Representan a los voluntarios que colaboran con sus fotos, almacena su correo electrónico para poder comunicar futuras novedades sobre el proyecto.
- **Etapas.** Representan cada uno de los gestos que necesitamos fotografiar.
- **Fotos.** Almacenan las fotos que el usuario toma y envía realizando un gesto, cada usuario puede enviar varias fotos realizando el mismo gesto.

5.3.4 Producción

La recopilación de imágenes válidas para el entrenamiento de nuestro sensor de gestos involucra la correcta realización de los mismos por parte de los colaboradores. Para simplificar la explicación de los pasos a seguir elegimos acompañar una descripción textual con un video descriptivo. Resulta deseable, siguiendo los lineamientos propuestos por *gamification*, desarrollar esta actividad dentro de un marco contextual ambientado en el universo del proyecto Thera; a tal efecto, decidimos diseñar la aplicación y producir los videos como si se tratara de una etapa previa al juego propuesto por la aplicación móvil.

Para cumplir con este objetivo montamos un estudio de producción audiovisual en casa, como podemos ver en la Figura 5.28, utilizando un teléfono móvil como cámara principal, un micrófono corbatero, un trípode y una pantalla verde para aplicar la técnica de *chroma key* y trasladarnos al laboratorio del profesor Alan Theralov. *Chroma Key* es una técnica de post producción para aplicar efectos visuales sobre imágenes o videos, y se aplica reemplazando un rango de colores del recurso fuente con otra imagen o video, lo que nos permite lograr el efecto de “incrustar” al primero en el segundo [109].



Figura 5.28. Un estudio de producción audiovisual en casa.

Utilizando el software *Adobe After Effects* [110] logramos aplicar el efecto de *chroma key* de manera exitosa, logrando entrar al laboratorio para dictar las instrucciones desde allí, como podemos apreciar en las Figuras 5.29 y 5.30. Además, incorporamos elementos de vestuario para personificar a un asistente del profesor.



Figura 5.29. Primeras pruebas aplicando chroma key.



Figura 5.30. Dentro del laboratorio del profesor aplicando chroma key.

La producción involucró la grabación de veinticinco videos, los cuales se publicaron en un canal de YouTube [111] creado con el nombre del proyecto. Los videos se configuraron fuera de los listados de la plataforma, de forma tal que solo puedan verse desde la aplicación de *training*. Se elaboró más de media hora de contenido audiovisual para el desarrollo de esta aplicación.

El código de la aplicación de *training* se encuentra disponible en el siguiente repositorio: <https://github.com/project-thera/thera-training-webapp>

La aplicación de *training* se encuentra disponible en el siguiente enlace: <https://training.proyectothera.com.ar/inicio>

5.3.5 Vistas e interfaces

La aplicación de *training* presenta dos vistas principales: un formulario de registro y bienvenida, y un listado de actividades para aprender cómo tomar fotos realizando los gestos necesarios, tomarlas y enviarlas a un servidor central.

5.3.5.1 Bienvenida y registro

En la vista de bienvenida se presenta un video de introducción al proyecto, explicando los aspectos básicos del mismo y los objetivos de la etapa de recopilación de imágenes para el entrenamiento de la red neuronal a utilizar en el sensor de gestos. Estos aspectos, si bien son técnicos, se presentan explicados en un contexto *gamificado*, explotando las similitudes entre la narrativa del **proyecto Thera** y nuestro trabajo. Como podemos observar en la Figura 5.31, debajo del video se presenta una transcripción del contenido del mismo, para posteriormente mostrar un formulario de registro que incluye un campo de *Correo electrónico* y un botón *Participar* para enviar el formulario.



Figura 5.31. Bienvenida y registro.

El formulario de registro resulta fundamental, de acuerdo a lo visto en la sección 5.3.3 de este documento, para agrupar las sesiones de fotos a partir del usuario fotografiado. Se invita a los colaboradores a completar tantas sesiones como les sea posible, modificando ángulos y distancias de enfoque, tipos de iluminación, momentos del día, entre otras

variables para completar un *dataset* heterogéneo. Además, el registro del correo electrónico permite invitar a los colaboradores a participar en etapas posteriores del proyecto.

Las imágenes obtenidas se enviaron y almacenaron en un servidor propietario de los autores de este trabajo, y se eliminaron una vez entrenado el modelo para preservar la privacidad de los colaboradores.

5.3.5.2 Captura de gestos

La captura de gestos se realizó mediante un listado de componentes para gestos, incluyendo los siguientes elementos.

- Un video instructivo que explica el gesto a realizar, cómo realizarlo, y una imagen de ejemplo.
- Una descripción textual que es una transcripción de la información presentada en el video, para aquellos usuarios que no puedan escuchar el video o necesiten alguna aclaración o asistencia adicional.
- Un botón *Tomá tu foto* que habilita el administrador de archivos si se utiliza desde un navegador web en una computadora de escritorio, o habilita la cámara frontal en caso de presionarlo desde un dispositivo móvil; esto último gracias al uso del atributo experimental *capture* [112] de HTML5.
- Un botón *Envía tu foto* para que el usuario pueda enviar la foto capturada al servidor.
- Un botón *Omitir* para que el usuario pueda saltar el gesto en caso de no desear tomar esa foto.

Podemos apreciar estos elementos en la Figura 5.32.

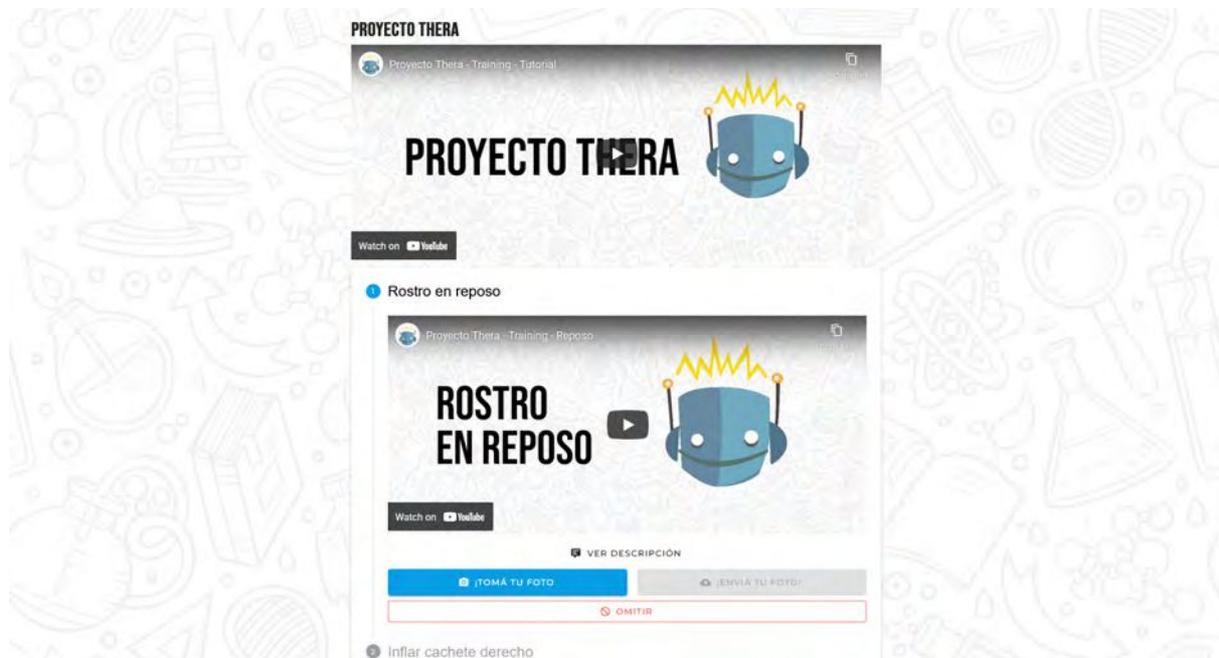


Figura 5.32. Captura de gestos.

La captura de gestos involucra completar 23 pasos de manera opcional, y cada una de las imágenes se asocia automáticamente a la etiqueta objetivo. El entrenamiento del modelo no es automático, ya que requiere una revisión manual de cada una de las imágenes para salvar errores u omisiones por parte de los colaboradores.

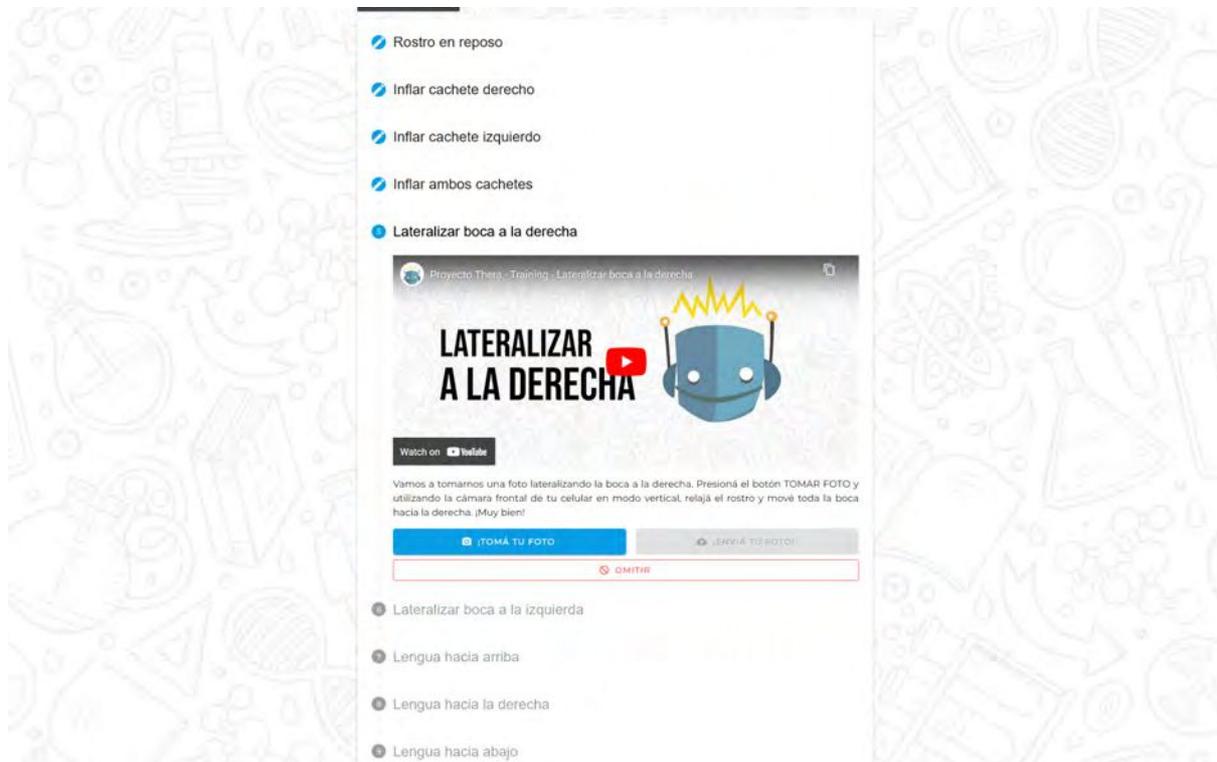


Figura 5.33. Formulario con varios gestos cargados.

En la Figura 5.33 podemos observar el estado del formulario con varios gestos cargados. Los colaboradores tienen la posibilidad de volver a gestos ya cargados u omitidos, para corregirlos o cargarlos. Esto es posible gracias al uso del componente *Stepper* provisto por la biblioteca *Vuetify*.

Gracias a la participación de más de 20 colaboradores se lograron completar 52 sesiones de capturas de imágenes con los gestos necesarios, totalizando cerca de 1200 imágenes en crudo -es decir, sin la aplicación de filtros o modificaciones por computadora- para entrenar nuestro modelo de datos e implementar el sensor de gestos.

Capítulo 6: Validación

6.1 Introducción

Con el objetivo de realizar un relevamiento de la percepción y aceptación del ecosistema de aplicaciones implementado, elaboramos una serie de actividades destinadas a usuarios, padres o tutores de usuarios y profesionales supervisores para que puedan conocer las funcionalidades desarrolladas a través de una guía de actividades y un formulario web donde puedan volcar sus devoluciones. A partir de los distintos roles, pero entendiendo que unos deben también conocer la experiencia de otros -por ejemplo, un supervisor debe conocer la experiencia de un usuario-, confeccionamos distintas guías para cada rol y aplicación y las propusimos de forma mixta a los actores involucrados. Para la realización de las tareas se programaron encuentros presenciales y virtuales con los voluntarios.

6.2 Validación de la aplicación móvil

6.2.1 Demografía y muestra

Para la validación de la aplicación móvil se definió un grupo de 50 voluntarios, de los cuales participaron efectivamente 43 personas. Visto que contar con una experiencia integral sobre la aplicación es fundamental para poder participar de un estudio sobre roles más específicos, también participaron de este grupo padres y tutores de usuarios, y supervisores, para poder ser convocados en etapas posteriores.

De acuerdo a un trabajo publicado por el ingeniero informático Jakob Nielsen [113], las pruebas de usabilidad complejas resultan un desperdicio de recursos visto que con solo 5 usuarios es posible relevar el 85% de los problemas de usabilidad de una aplicación. La función descrita por Nielsen considera un número N de problemas de usabilidad totales en la aplicación y un número L como el porcentaje de problemas que se pueden identificar con el examen de un único usuario. Podemos observar esta función en la Figura 6.1.

$$N(1-(1-L)^n)$$

Figura 6.1. Porcentaje de problemas en función de N y L.

Gracias a la investigación realizada en numerosos proyectos por el Nielsen Norman Group, se identificó que el valor típico para L suele ser 31%, y con esta adopción se traza la curva de la función con distintos valores de N, la cual vemos en la Figura 6.2., donde podemos observar con claridad que con 5 usuarios logramos relevar casi el 85% de los problemas de usabilidad, mientras que con 15 usuarios nos acercamos al 100%.

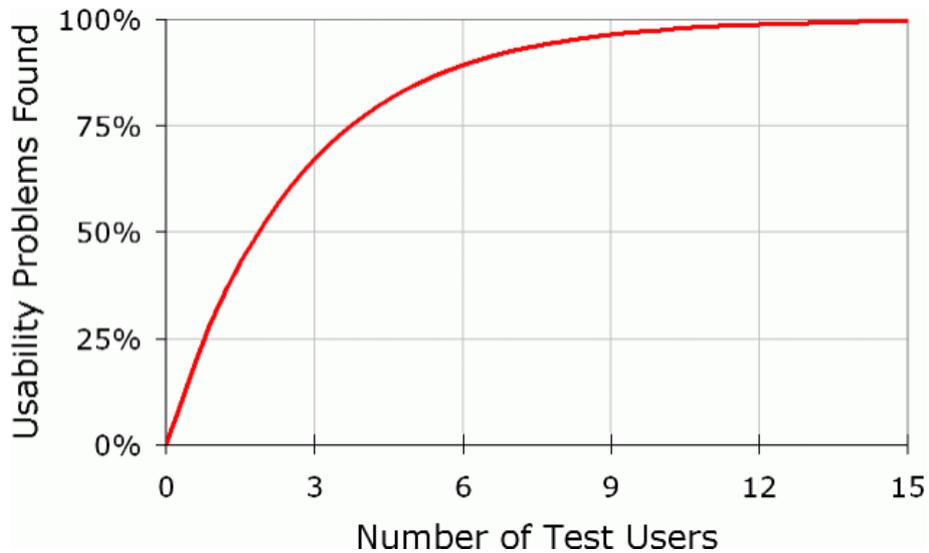


Figura 6.2. Gráfico de la función con L = 31%.

Para contar con una mirada amplia sobre la aplicación no solo desde el punto de vista técnico sino desde el sentimiento del usuario frente a la misma -en particular considerando aspectos como la timidez, tal y como lo mencionamos en la sección 2.1 de este trabajo- conformamos un grupo heterogéneo a partir de variables tales como la edad, la formación, o la experiencia con aplicaciones móviles.

El 59.5% de los usuarios se identifican con el género masculino, mientras que el 40.5% lo hacen con el femenino. El 2.3% de los voluntarios tienen entre 13 y 17 años, el 27.9% entre 18 y 25 años, el 60.5% entre 26 y 40 años, y el 9.3% más de 40 años. Participaron personas entre 15 y 81 años con distintos niveles de formación: primario, secundario, terciario, universitario de grado y de posgrado. El 100% de los voluntarios realizaron las tareas propuestas utilizando un teléfono con sistema operativo Android.

¿Con qué género te identificás?

42 respuestas

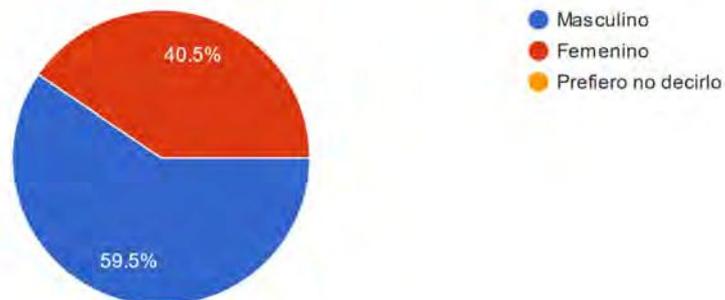


Figura 6.3. Distribución de los voluntarios según su género.

¿Cuántos años tenés?

43 respuestas

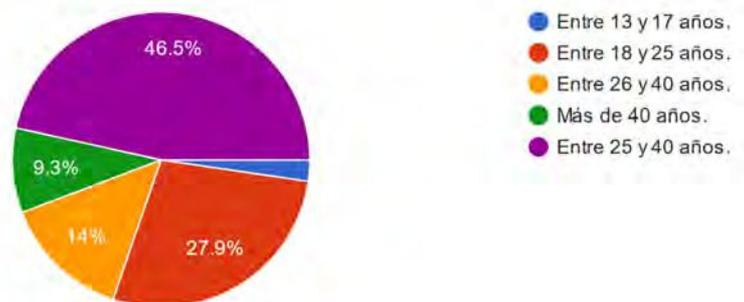


Figura 6.4. Distribución de los voluntarios según su edad.

6.2.2 Tareas

Se propusieron cinco tareas a los voluntarios a realizar de manera individual en encuentros presenciales y virtuales, con la excepción de padres y tutores de menores de 13 años a quienes se invitó a realizar la actividad en compañía de los mismos. Las tareas así como también el relevamiento demográfico presentado en la sección 6.2.1 se describieron utilizando un formulario web con componentes para capturar respuestas breves, de selección única, en escalas y textos largos. Se detalló una descripción general de la actividad, con guías a través de las preguntas a responder y adjuntando imágenes de ayuda en algunas de ellas. Cada tarea contó además con un espacio de texto libre para que los usuarios pudieran enviar sus comentarios sin estar supeditados a una pregunta concreta. El documento con tareas presentadas a los usuarios puede verse completo en el anexo I de este trabajo.

Las tareas evaluadas fueron las siguientes.

1. **Registro de usuario e inicio de sesión.** Esta tarea nos permitió observar si los usuarios fueron capaces de descargar la aplicación desde Play Store, iniciar la aplicación, registrar su usuario, confirmar la dirección de correo electrónico e iniciar sesión. Además, solicitamos a los usuarios enviar un correo electrónico a la casilla oficial del proyecto -proyectorthera@gmail.com- para establecer una vía de contacto con los desarrolladores por fuera del formulario, y solicitar la asignación de un supervisor para que sea creada una rutina.
2. **Recorrido del laboratorio y Configuración.** Esta tarea invita a los usuarios a recorrer la pantalla principal de la aplicación, reconocer los distintos paneles y asociarlos con sus objetivos. Permite evaluar si la navegación resulta intuitiva y es la primera impresión que el usuario tiene frente al universo gamificado que plantea el proyecto Thera. Además, se les indica que accedan a la Configuración de la aplicación para que el dispositivo funcione de manera correcta al utilizar los sensores.

3. **Base de Conocimientos y Ejercicios.** Esta tarea permite a los usuarios acceder al glosario de ejercicios y experimentarlos. Se propone elegir tres de ellos de manera aleatoria y realizarlos para verificar el funcionamiento de los sensores, al mismo tiempo que se evalúa la curiosidad del usuario respecto a la propuesta de la aplicación.
4. **Mis Rutinas.** Esta tarea expone a los usuarios la posibilidad de interactuar con su supervisor y le presenta la existencia de créditos como recompensa al completar los ejercicios. Además, se le ofrece la posibilidad de enviar un audio o video a su supervisor.
5. **¿Y si armamos un androide?.** Esta última tarea completa el recorrido de la experiencia gamificada presentado al usuario la posibilidad de construir un androide con los créditos obtenidos en la tarea anterior.

6.2.3 Resultados

Las tareas se evaluaron principalmente con preguntas concretas, indagando sobre si el usuario fue capaz o no de realizar la actividad asignada, e inmediatamente pidiéndole que evalúe la dificultad percibida con una escala numérica del 1 al 5, siendo 1 Muy Fácil y 5 Muy Difícil. Se introdujeron además otro tipo de preguntas para relevar algunos aspectos de interés, los cuales destacaremos oportunamente a continuación.

6.2.3.1 Tarea #1 - Registro de usuario e inicio de sesión

El 100% de los usuarios logró registrar su cuenta. De acuerdo a la dificultad percibida, el 93% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.5. Dificultad al registrar la cuenta.

El 97.7% de los usuarios logró iniciar sesión. El 2.3% requirió de asistencia para completar esta tarea. De acuerdo a la dificultad percibida, el 93.1% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

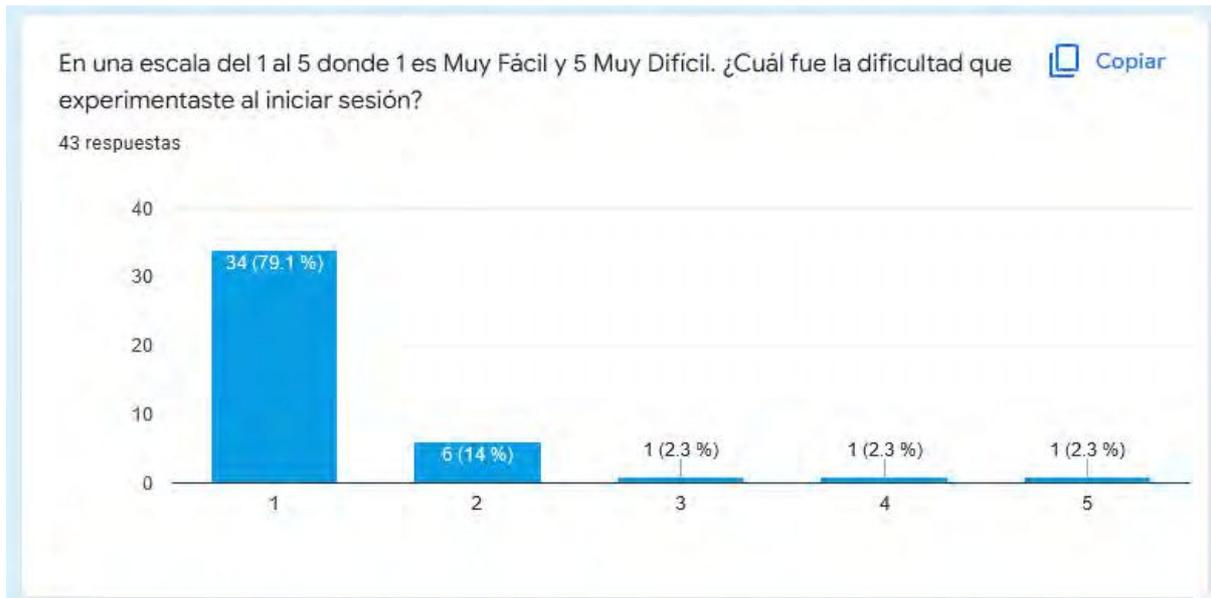


Figura 6.6. Dificultad al iniciar sesión.

En esta etapa se le solicitó al usuario que enviara un correo electrónico para solicitar supervisor. El 83.7% envió el correo electrónico, el 16.3% decidió no hacerlo e informar la solicitud de supervisor por otros medios.

Entre los comentarios adicionales registrados por los usuarios, la mayoría informó no haber experimentado inconvenientes. Algunos usuarios reportaron que el proceso de registro les resultó poco práctico, que no les había quedado claro qué debían hacer al iniciar la aplicación. Algunos usuarios reportaron no poder iniciar sesión a pesar de estar ingresando las credenciales correctas. Dos usuarios reportaron que el botón de registro quedó cargando a pesar de que el usuario ya estaba registrado. Un usuario reportó que el correo de confirmación le llegó a la carpeta de spam.

6.2.3.2 Tarea #2 - Recorrido del laboratorio y Configuración

El 100% de los usuarios logró recorrer los tres paneles que conforman el laboratorio. Adicionalmente, se solicitó a los usuarios una opinión libre acerca de su percepción del laboratorio. La mayoría de los usuarios expresaron que la estética del laboratorio les resultaba muy agradable, con una interfaz intuitiva y sencilla de recorrer. Algunos usuarios tuvieron dificultad para entender que debían deslizar la pantalla para moverse entre los paneles; uno de ellos observó que esto puede representar una dificultad para personas con movimientos reducidos, por ejemplo, aquellas que sufrieron un accidente cerebro vascular. Algunos usuarios sugirieron que esta pantalla debería contar con sonidos y animaciones, y que la estética les recordaba a los dibujos animados. Un usuario señaló que las flechas laterales deberían ser botones para moverse entre paneles además de indicadores para deslizar la pantalla. Un usuario comentó que no había entendido la interfaz pero que le pareció muy bonita y eso le motivó a seguir investigando la aplicación. Un usuario señaló que le gustaría tener la opción de trabajar con una científica mujer, y que la figura del

profesor Theralov responde a un estereotipo anticuado de científico por su guardapolvo y cabello “loco”.

Respecto al acceso a la configuración, el 100% de los usuarios logró encontrar la opción para hacerlo. De acuerdo a la dificultad percibida, el 95.4% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.7. Dificultad al acceder a la configuración.

El 97.7% de los usuarios logró configurar el recordatorio. De acuerdo a la dificultad percibida, el 93% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

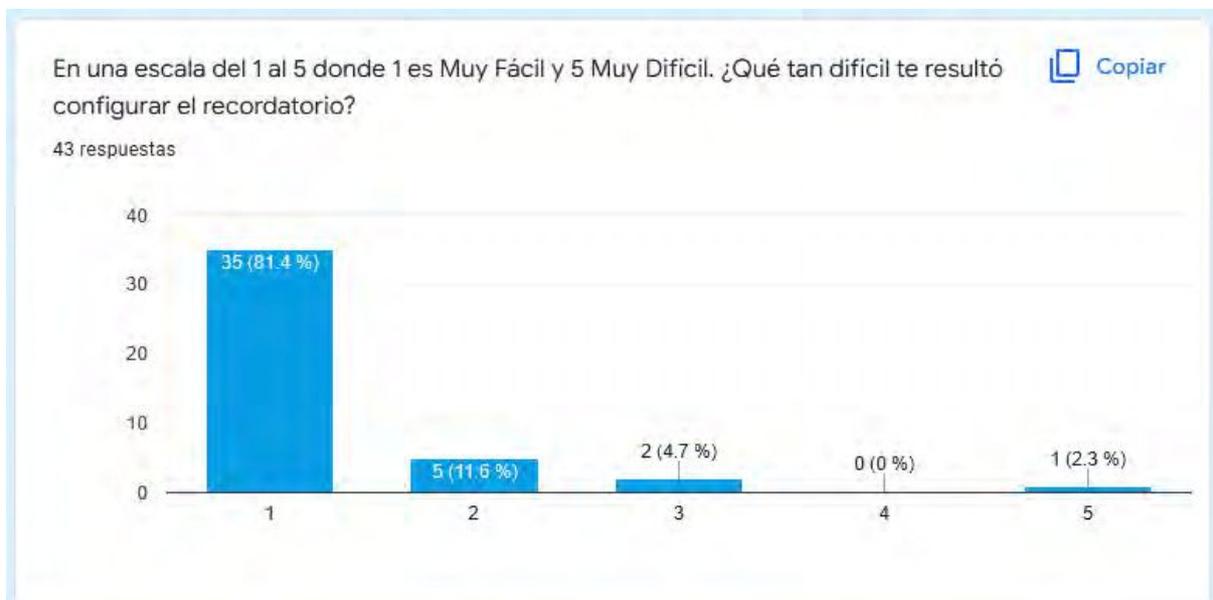


Figura 6.8. Dificultad al configurar el recordatorio.

Respecto a los comentarios libres sobre esta tarea, varios usuarios reportaron que no entendieron para qué se les pidió que configuren un horario de recordatorio, ni qué era lo que se les iba a recordar. Algunos usuarios manifestaron que les gustaría poder agregar varios recordatorios y poder especificar el día o la fecha además del horario. Algunos usuarios reportaron que el recordatorio no se envió en el horario configurado. Un usuario señaló que las instrucciones para la configuración del recordatorio deberían ser más visibles, utilizando otro tipo y tamaño de tipografía.

6.2.3.3 Tarea #3 - Base de Conocimientos y Ejercicios

El 100% de los usuarios logró encontrar la Base de Conocimientos. De acuerdo a la dificultad percibida, el 95.4% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

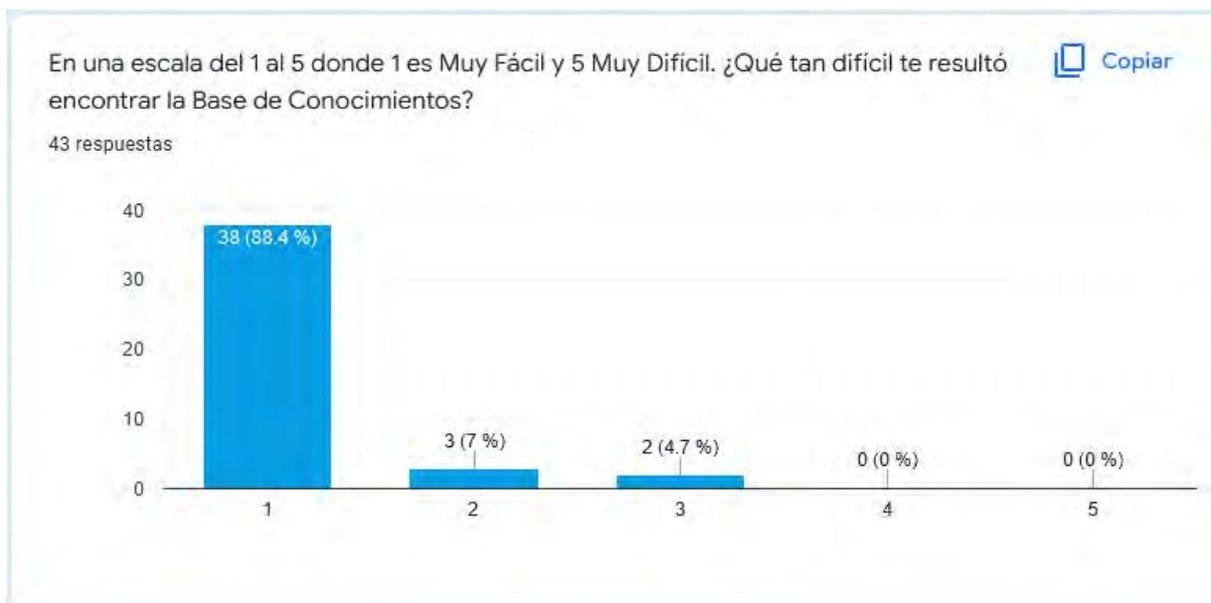


Figura 6.9. Dificultad al encontrar la Base de Conocimientos.

Al solicitar el elegir e iniciar tres de los ejercicios listados en la Base de Conocimientos, el 100% de los usuarios logró realizarlo. De acuerdo a la dificultad percibida, el 81.4% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.10. Dificultad al iniciar los ejercicios.

Respecto a la cantidad de ejercicios que los usuarios pudieron completar, el 41.9% logró completar los tres ejercicios, el 46.5% logró completar dos ejercicios, el 9.3% logró completar solo uno y el 2.3% no logró completar ninguno.

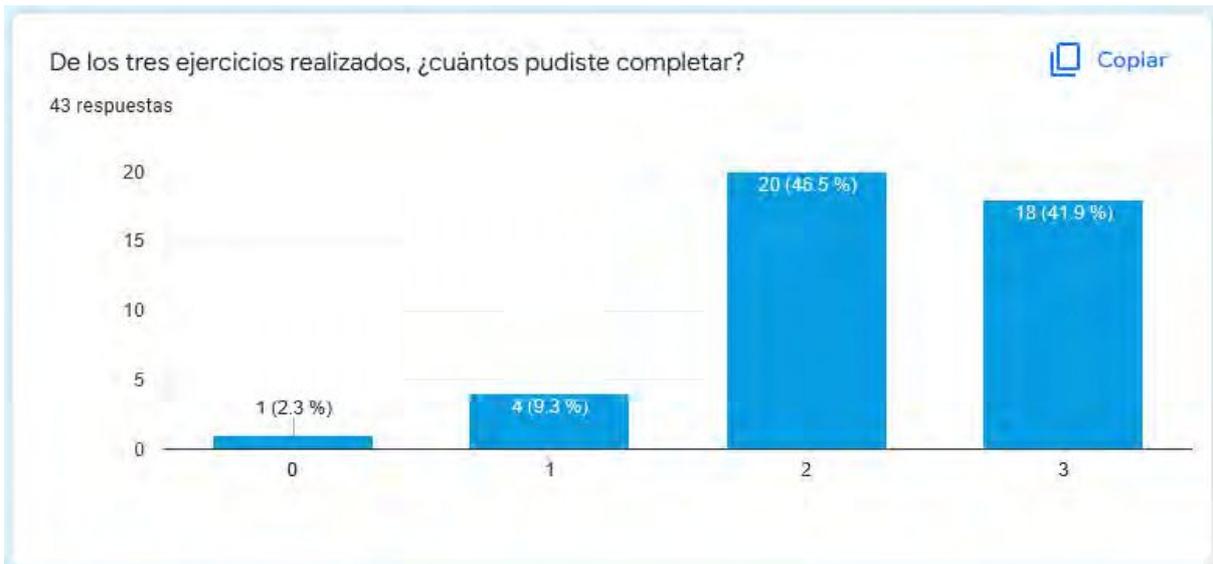


Figura 6.11. Cantidad de ejercicios completados.

A partir de estos valores podemos evaluar en primera instancia y de manera general, sin especificar los ejercicios, la eficacia de los sensores implementados. De acuerdo a la dificultad percibida, el 62.8% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

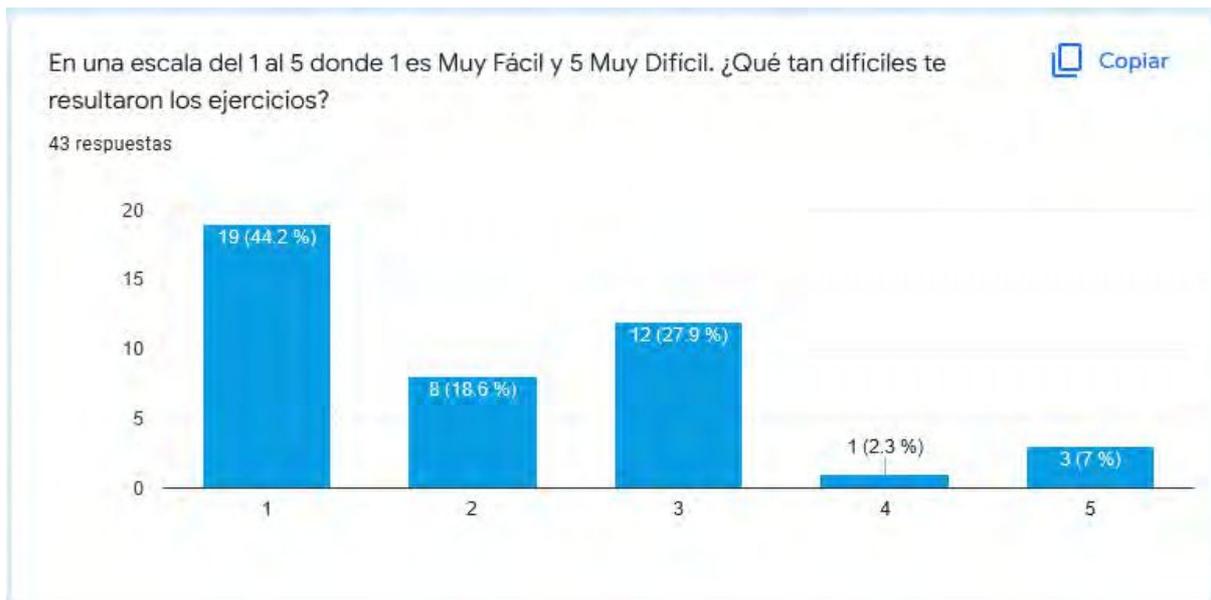


Figura 6.12. Dificultad al realizar los ejercicios.

En el espacio para comentarios libres los usuarios suscribieron sus opiniones respecto a esta primera experiencia con los ejercicios y los sensores. Algunos usuarios comentaron que les resultó complicado entender las instrucciones sobre cómo realizar correctamente los ejercicios, en particular con aquellos con nombres de fantasía como “conejito” o “caramelo” o con nombres técnicos como “protuir” o “retruir”. Algunos usuarios reportaron que no pudieron completar la etapa de reposo de los ejercicios ya que el sensor no reconocía el gesto. Algunos usuarios señalaron que el sensor de gestos tenía dificultades para funcionar si estaba usando lentes. Dos usuarios reportaron que los ejercicios de gestos que involucran la boca no les funcionaron y lo relacionaron con el hecho de tener barba o bigote. Varios usuarios reportaron que el botón para activar el micrófono en el sensor de frases y palabras les resultó confuso, y que no entendieron que debían presionarlo para hablar. Un usuario reportó que los ejercicios le resultaron divertidos y que despertaron el interés de una menor de 3 años al realizar el ejercicio de inflar globos con el sensor de soplidos. Un usuario señaló que la Base de Conocimientos tenía mucho texto y esto le resultaba desmotivador. Algunos usuarios reportaron que la navegación para volver al listado de ejercicios una vez terminada la actividad les resultó confusa. Algunos usuarios reportaron que la aplicación funcionaba lenta al utilizar el sensor de gestos.

Un hecho que resultó de interés en esta etapa y sobre el que decidimos tomar nota a pesar de ser objeto de una investigación ajena a este trabajo es que algunos usuarios manifestaron haberse dado cuenta de que eran incapaces de realizar algunos ejercicios, por ejemplo, inflar el cachete izquierdo, lateralizar la boca o sacar la lengua hacia arriba.

6.2.3.4 Tarea #4 - Mis Rutinas

El 97.7% de los usuarios logró encontrar Mis Rutinas. De acuerdo a la dificultad percibida, el 95.4% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.13. Dificultad al buscar Mis Rutinas.

El 93% de los usuarios logró realizar su rutina. De acuerdo a la dificultad percibida, el 74.4% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.14. Dificultad al realizar una rutina.

Resulta importante destacar en esta etapa que la asignación de supervisores y la creación de las rutinas se realizó de forma manual desde la aplicación web. A todos los usuarios se les asignó la misma rutina compuesta de una selección de ejercicios con objetivos específicos en función de su tipo y su cantidad, cuya descripción listamos a continuación.

1. Lengua a la derecha.
2. Lengua a la izquierda.

3. Palabra "Perro".
4. Soplar durante 1 segundo.
5. Inflar cachete derecho.
6. Inflar cachete izquierdo.
7. Palabra "Gato".
8. Soplar lido durante 1 segundo.

Con esta rutina logramos presentar al usuarios los tres sensores para el caso en que no hubiera evaluado en la Tarea #3. Respecto al sensor de gestos, logramos presentar ejercicios que identificamos como *fáciles* por contener una característica distintiva fácil de reconocer según pruebas internas, como es el caso de los ejercicios con la lengua, y otros que identificamos como *difíciles* ya que evalúan aspectos que presentan una gran distorsión de acuerdo a las características individuales de cada rostro, como es el caso de los ejercicios de inflar cachetes donde, por ejemplo, interviene la morfología de la persona y otras características tales como barba o bigote. Además, la rutina cuenta con 8 ejercicios, lo que permite obtener un máximo de 80 créditos para canjear en la Tarea #5 por alguna pieza del androide. Todas las piezas del androide valen 200 créditos, por lo que el usuario debe realizar tres veces la rutina como mínimo para lograr canjear una y observar el progreso en la construcción de la unidad.

El 62.8% de los usuarios observó que los ejercicios de la rutina asignada les funcionaron Bien o Muy Bien. En la Figura 6.15 podemos ver que los resultados y la distribución son similares a los graficados en la Figura 6.12.

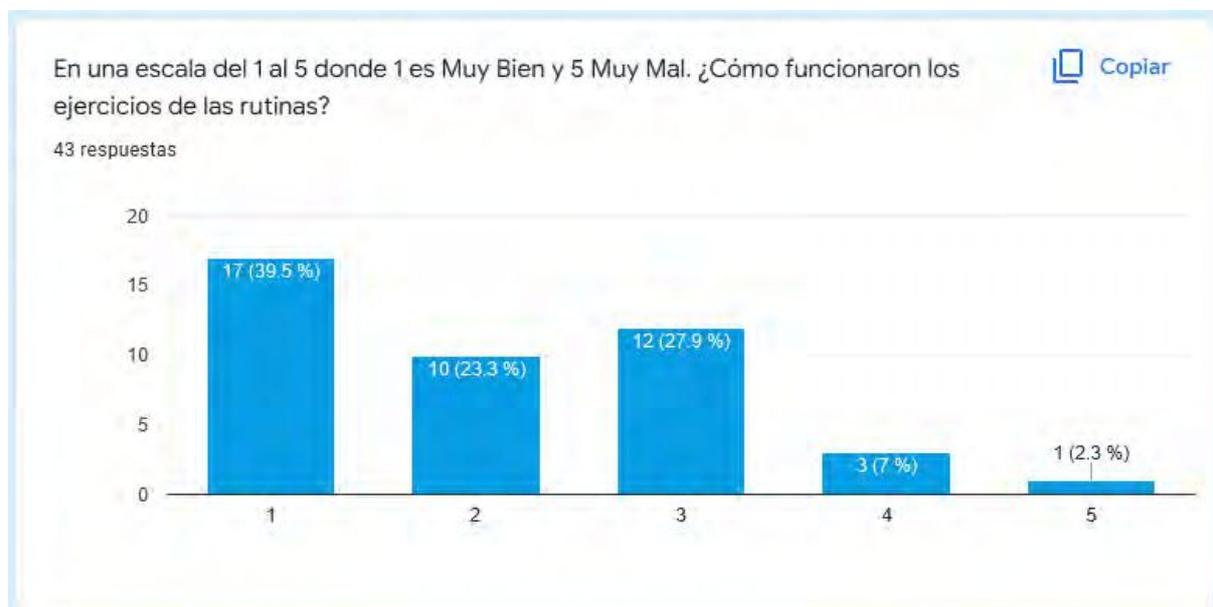


Figura 6.15. Evaluación del funcionamiento de los ejercicios de una rutina.

El 93% de los usuarios señaló que le resulta intrigante saber qué pueden hacer con los créditos obtenidos a partir de la correcta realización de los ejercicios.

En esta etapa decidimos introducir otro tipo de pregunta para probar la funcionalidad Enviar Video, que permite al usuario enviar un audio o video corto a su supervisor. Solicitamos a

los usuarios que envíen un breve saludo, informando que dicho video sería tratado de manera confidencial y eliminado una vez realizada la prueba. El 48.8% de los usuarios decidió no enviar el video, lo que nos permite pensar que puede existir cierta resistencia por parte de los usuarios a realizar algunas actividades frente a la cámara del dispositivo móvil.

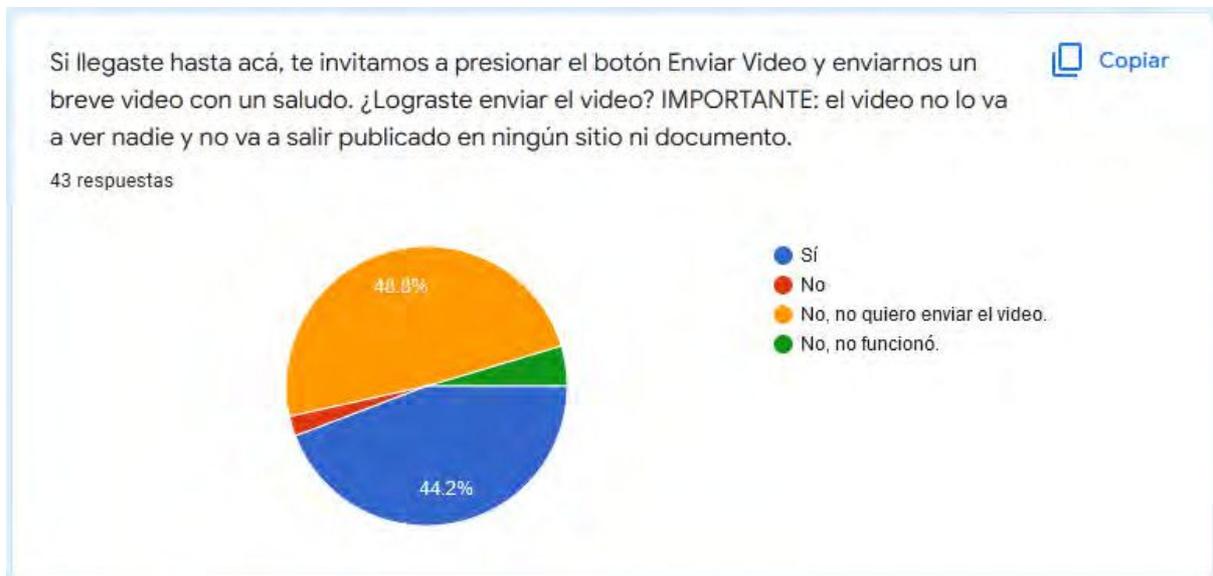


Figura 6.16. Enviar un saludo por video.

Entre los usuarios que sí enviaron el video, el 95.2% informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

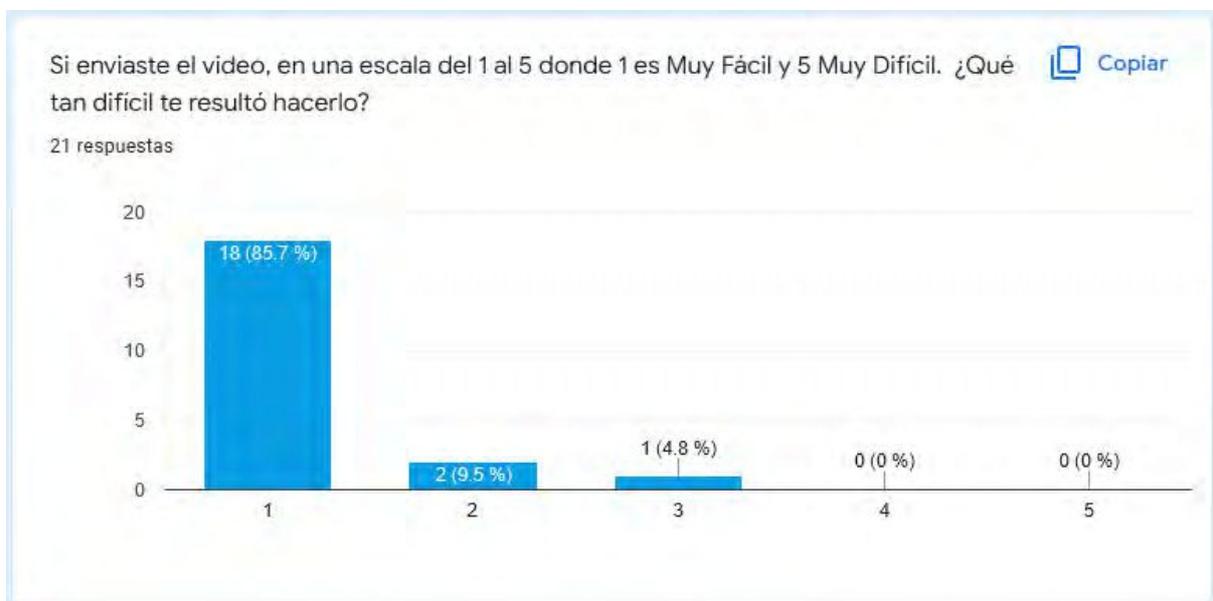


Figura 6.17. Dificultad al enviar un video.

En la sección para comentarios libres, algunos usuarios volvieron a reportar problemas con los ejercicios que utilizan el sensor de frases y palabras, señalando además que el botón les resultaba confuso y no entendían cuándo debían hablar. Algunos ejercicios reportaron que

los ejercicios de soplidos no les funcionaron, o que les gustaría que hubiera una barra que indique el progreso en el inflado del globo. Dos usuarios observaron que gracias a las rutinas identificaron que solo podían inflar los cachetes de un solo lado.

6.2.3.5 Tarea #5 - ¿Y si armamos un androide?

El 100% de los usuarios logró encontrar el taller. De acuerdo a la dificultad percibida, el 95.4% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

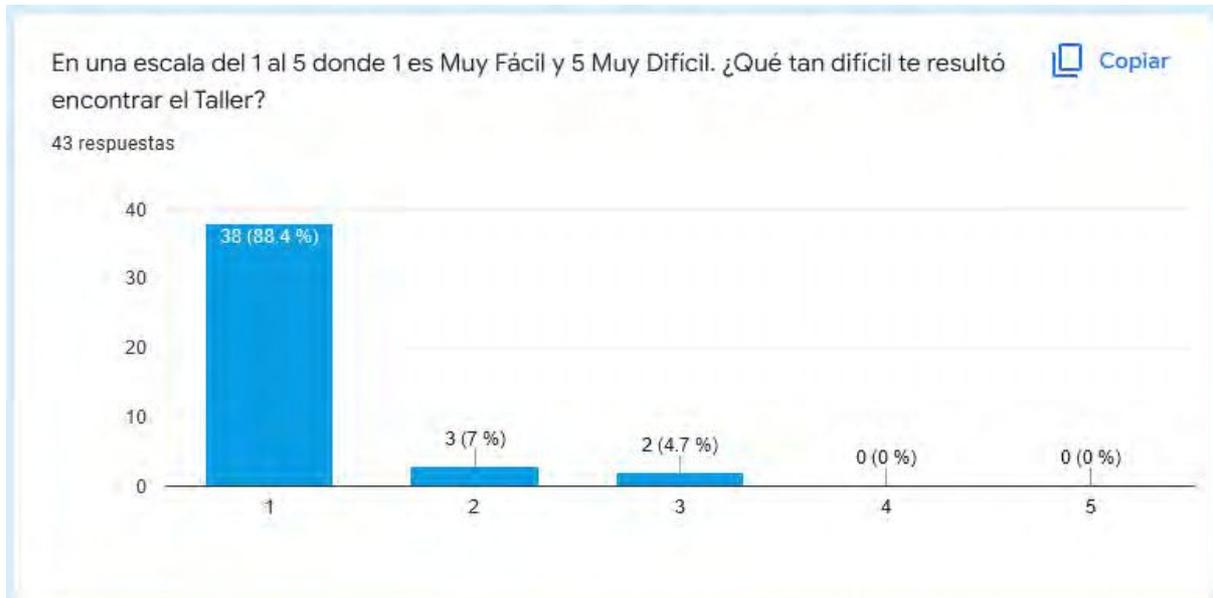


Figura 6.18. Dificultad al encontrar el taller.

A modo complementario, invitamos a los usuarios a canjear sus créditos por piezas del androide en el taller, sin informarles la cantidad necesaria ni cómo hacer para obtener más. El 44.2% de los usuarios informó haber canjeado alguna pieza del androide, lo que nos indica que, a pesar de tener la posibilidad de responder que no le alcanzaban los créditos, decidieron realizar por lo menos tres veces la rutina para conseguir los créditos necesarios. Esto nos permite indagar acerca de la motivación y la curiosidad que despierta el proyecto Thera.

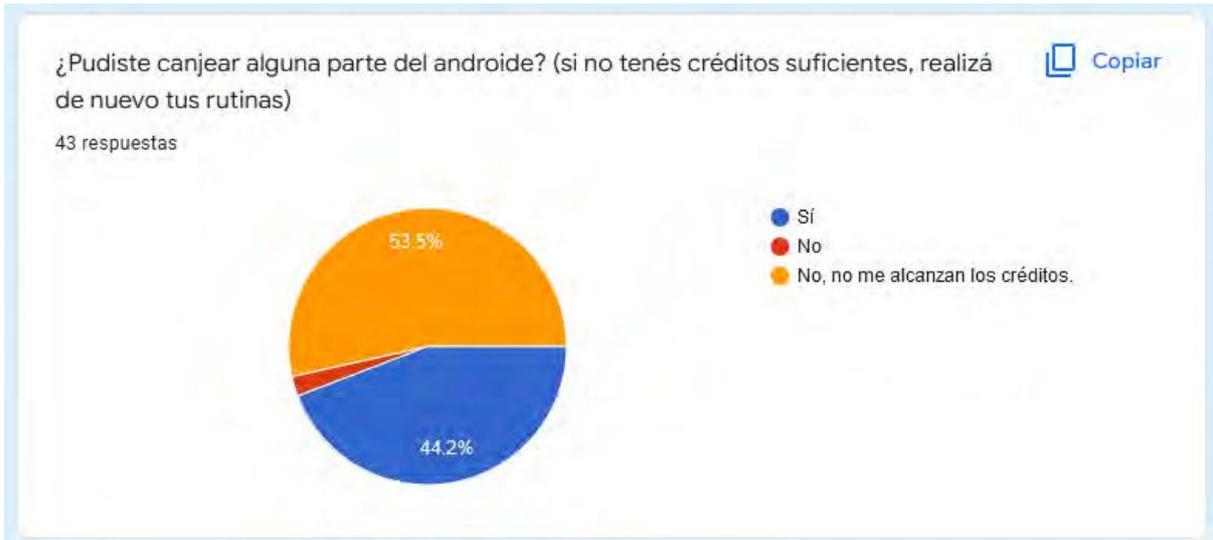


Figura 6.19. Usuarios que canjearon una pieza del androide.

De acuerdo a la dificultad percibida, el 74.5% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.20. Dificultad al canjear una pieza del androide.

Respecto a si resulta o no motivadora la idea de completar un androide, el 93% de los usuarios respondió afirmativamente. Tanto para este caso como para la negativa solicitamos a los usuarios un breve comentario sobre qué aspectos los motivaban o no. La mayoría de los usuarios comentaron que les resultaba motivadora la idea de tener una meta, ver cómo va apareciendo el androide en pantalla y que les gustaría saber qué hace una vez completo. Varios usuarios señalaron que les gustaría tener opciones para personalizar al androide, como por ejemplo: elegir distintas formas de piezas, poder elegir su color, poder ponerle un nombre al androide o incluso vestirlo y agregarle accesorios. Algunos usuarios propusieron que el androide tenga animaciones y sonidos. Algunos usuarios compartieron que los

desmotivó que los sensores no funcionaron correctamente y debían realizar muchas veces rutinas parciales para obtener los créditos. Un usuario observó que el androide respondía a un estereotipo masculino y que sería interesante aportar diversidad a este aspecto.

Finalmente, en la sección de comentarios libres sobre las tareas en términos generales, los usuarios aportaron sus visiones sobre diversos temas. Algunos usuarios reforzaron la necesidad de plantear una interfaz más clara, con menos texto y tipografías más grandes. Algunos usuarios observaron que les resultó confuso que algunas piezas del androide tengan desactivado el botón para canjearlas. Un usuario remarcó que le gustaría que la aplicación tuviera eventos aleatorios, como accesorios únicos que pudieran canjearse solo en un período de tiempo determinado, para agregar un incentivo extra. Un usuario señaló que le gustaría poder sumar mascotas al androide y poder interactuar con él.

6.2.4 Validación automática de Google Play Console

Al suscribir el paquete de la aplicación a Google Play Console para que sea puesto a disponibilidad de los usuarios validadores como parte de una prueba cerrada observamos que la plataforma cuenta con herramientas para identificar problemas en la aplicación mediante pruebas automatizadas. Estas pruebas evalúan distintos aspectos del desarrollo, entre ellos: estabilidad, rendimiento, accesibilidad, y seguridad y confianza.

En la versión utilizada para la prueba con validadores, las pruebas automáticas no detectaron problemas de estabilidad ni rendimiento, tampoco de seguridad y confianza. Sin embargo se detectaron 18 problemas de accesibilidad, catalogamos como 10 advertencias y 8 problemas menores. Los mismos recomiendan correcciones respecto al tamaño del objetivo táctil -es decir, el tamaño de los botones debería ser accesible en cualquier tamaño de pantalla-, ausencia de etiquetas de contenido en algunos recursos gráficos, y contraste bajo.

6.3 Validación de la aplicación web

6.3.1 Demografía y muestra

Para la validación de la aplicación web se decidió seleccionar un subconjunto del grupo definido para las pruebas de la aplicación móvil, de manera tal que los usuarios contaran con la experiencia de los resultados que se reflejaran en la aplicación móvil a partir de las actividades realizadas sobre la aplicación web. Se seleccionó un grupo de 10 voluntarios, participando efectivamente la totalidad del mismo, y se consideró que sean personas entre 18 y 65 años, con estudios secundarios completos o superiores, para representar un perfil similar al de un profesional. Se decidió además que dos de estos voluntarios sean padres o tutores de menores de 13 años, y que otros dos voluntarios sean profesionales fonoaudiólogos o estudiantes avanzados de la carrera.

El 30% de los voluntarios tienen entre 18 y 25 años, el 60% entre 26 y 40 años, y el 10% más de 40 años.

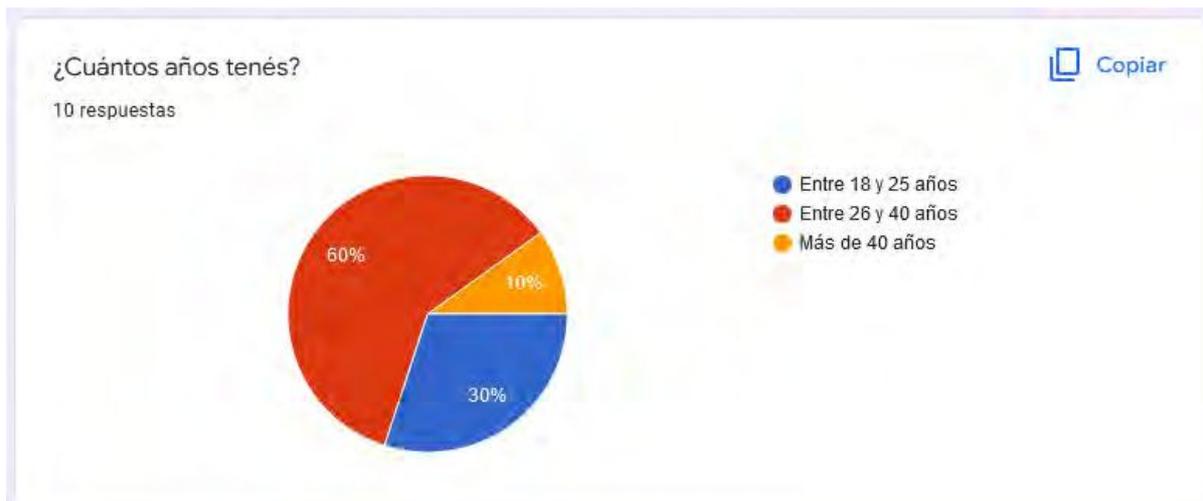


Figura 6.21. Distribución de los voluntarios según su edad.

De acuerdo a los dispositivos utilizados para realizar estas tareas, el 80% de los usuarios informó realizarlo desde una computadora, notebook o netbook, mientras que el 20% lo hizo desde un teléfono.

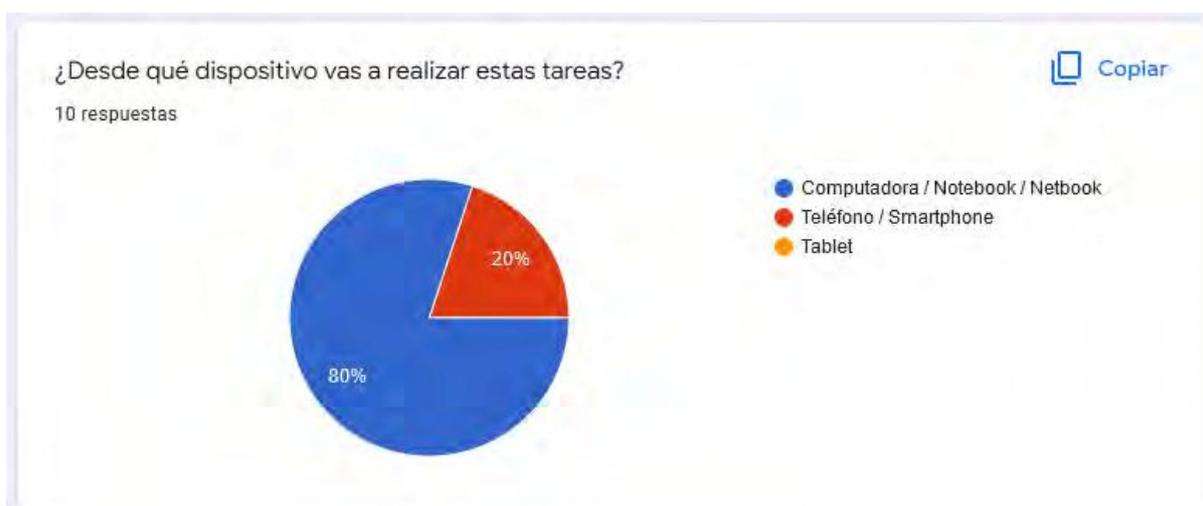


Figura 6.22. Distribución de los voluntarios según el dispositivo.

6.3.2 Tareas

Se propusieron tres tareas a los voluntarios a realizar de manera individual en encuentros virtuales de manera sincrónica. Visto que el listado de participantes fue confeccionado a partir del grupo que probó la aplicación móvil, no se realizó un relevamiento demográfico en profundidad. Las tareas se describieron utilizando un formulario web con componentes idénticos a los utilizados en las pruebas de la aplicación móvil, así como también las metodologías utilizadas. El documento con tareas presentadas a los usuarios puede verse completo en el anexo II de este trabajo.

Las tareas evaluadas fueron las siguientes.

1. **Pacientes.** Esta tarea nos permitió observar si los usuarios fueron capaces de interactuar con el listado de pacientes, buscar un paciente en particular, asignarse como supervisor del mismo y verificar su ficha. Además, es la primera vez que el usuario se expone a la interfaz de listado, la cual es común a las tareas posteriores.
2. **Rutinas.** Esta tarea nos permitió evaluar si los supervisores fueron capaces de trabajar con las rutinas previamente asignadas a su supervisado, archivarla y confeccionar una nueva rutina.
3. **Ejercicios.** Esta tarea nos permitió observar si los supervisores fueron capaces de crear nuevos ejercicios para posteriormente asignarlos a una rutina existente.

6.3.3 Resultados

Las tareas se evaluaron con la misma metodología descrita en la sección 6.2.3.

6.3.3.1 Tarea #1 - Pacientes

El 100% de los usuarios logró iniciar sesión. De acuerdo a la dificultad percibida, el 70% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

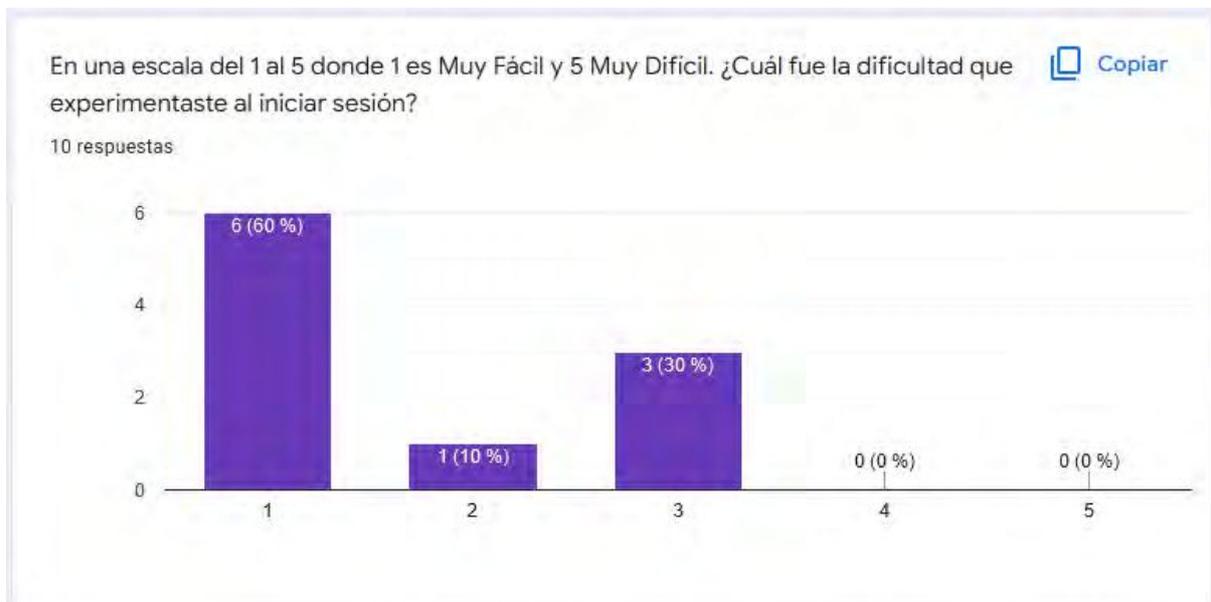


Figura 6.23. Dificultad al iniciar sesión.

El 100% de los usuarios logró ingresar al módulo de pacientes. De acuerdo a la dificultad percibida, el 90% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.24. Dificultad al ingresar al módulo de pacientes.

El 80% de los usuarios logró encontrar y asignar a su paciente. De acuerdo a la dificultad percibida, el 60% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil. El 30% informó que la tarea le había resultado Difícil o Muy Difícil.

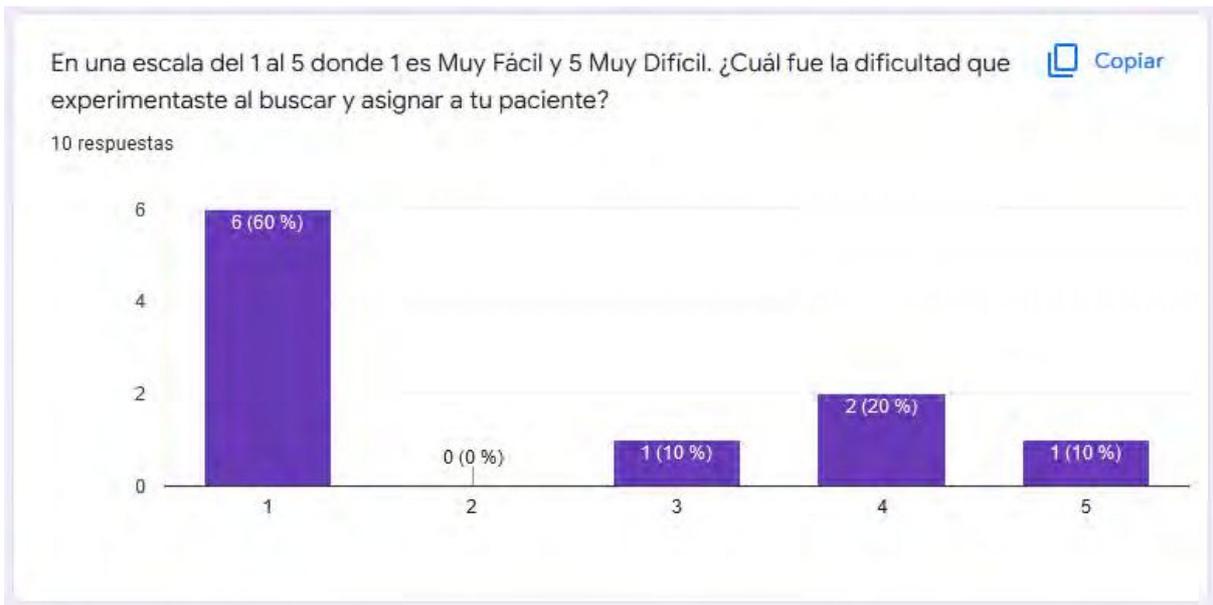


Figura 6.25. Dificultad al encontrar y asignar a su paciente.

El 90% de los usuarios logró ingresar a la ficha de su paciente. De acuerdo a la dificultad percibida, el 80% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

Entre los comentarios adicionales enviados por los usuarios, los usuarios que realizaron la actividad desde dispositivos móviles o computadoras con pantallas pequeñas reportaron que no lograban ver con claridad la información en pantalla. Al verificarlo con los usuarios

observamos que no estaban aplicados los parámetros para que la aplicación se adapte a este tipo de pantallas; una vez corregido este problema, se avanzó con las siguientes tareas. Algunos usuarios reportaron que no encontraron el panel de búsqueda general para filtrar el paciente asignado por nombre. Dos usuarios señalaron que les resultaba confuso el *switch* para mostrar todos los pacientes o solo los propios. Un usuario informó no haber identificado el ícono para asignarse el paciente.

6.3.3.2 Tarea #2 - Rutinas

El 100% de los usuarios logró encontrar la pestaña de Rutinas Activas. De acuerdo a la dificultad percibida, el 90% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

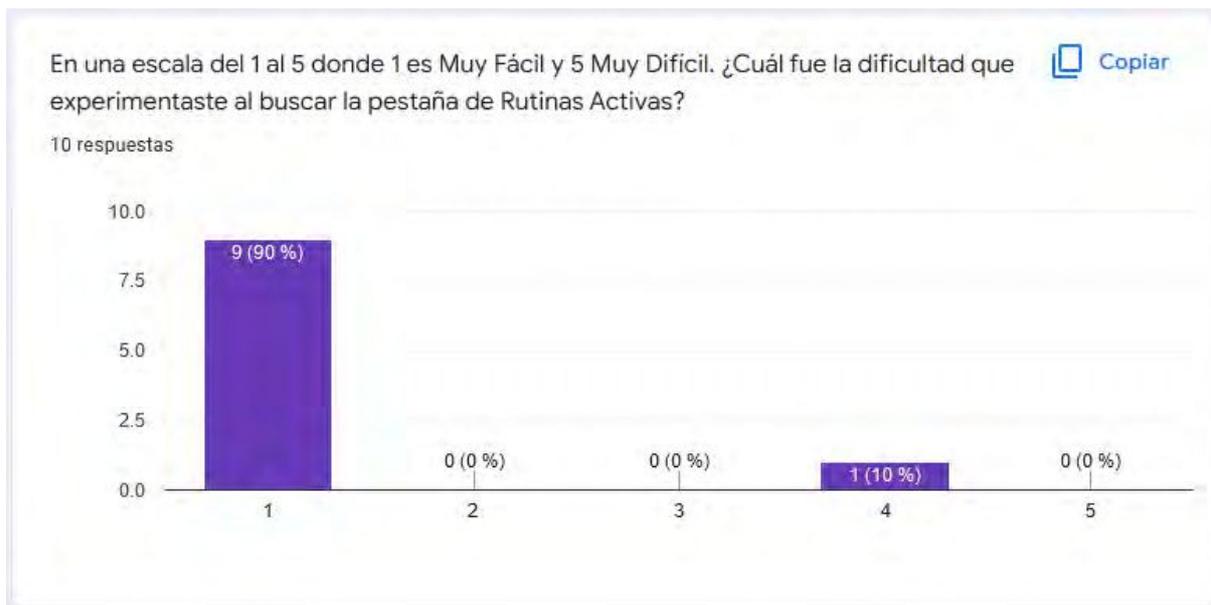


Figura 6.26. Dificultad al buscar la pestaña de Rutinas Activas.

El 100% de los usuarios logró archivar la rutina activa vigente. De acuerdo a la dificultad percibida, el 90% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

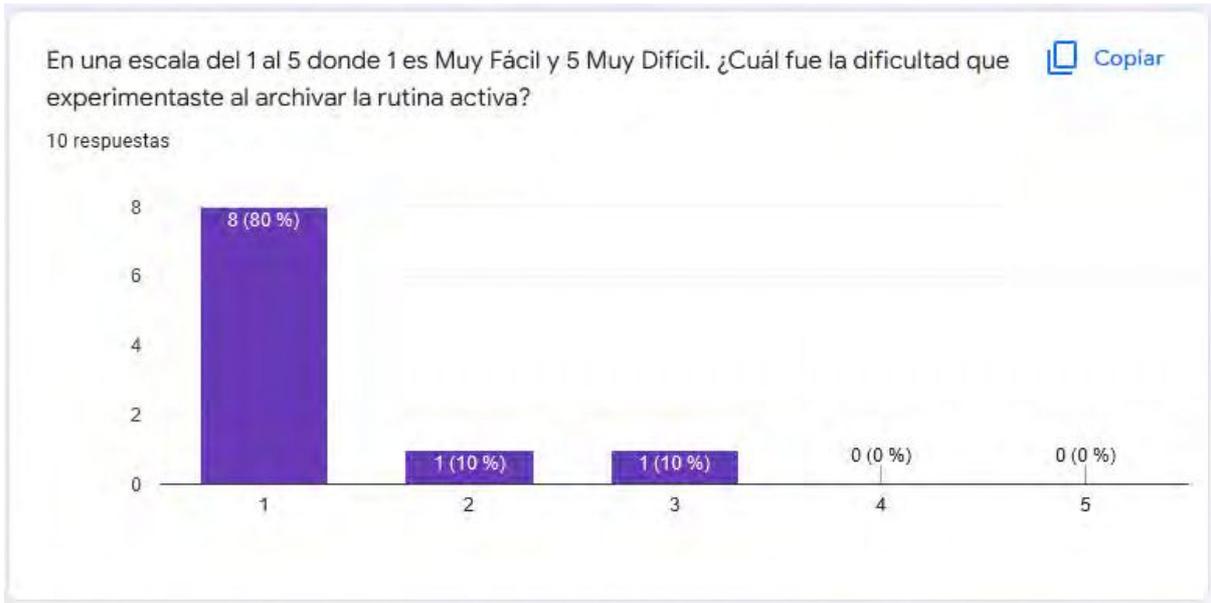


Figura 6.27. Dificultad al archivar la rutina activa vigente.

El 100% de los usuarios logró crear una nueva rutina. De acuerdo a la dificultad percibida, el 90% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.28. Dificultad al crear una nueva rutina.

No recibimos comentarios respecto a la realización de esta tarea.

6.3.3.3 Tarea #3 - Ejercicios

El 100% de los usuarios logró ingresar al módulo de ejercicios. De acuerdo a la dificultad percibida, el 90% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.29. Dificultad al ingresar al módulo de ejercicios.

El 100% de los usuarios logró crear un nuevo ejercicio. De acuerdo a la dificultad percibida, el 90% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.



Figura 6.30. Dificultad al crear un nuevo ejercicio.

El 90% de los usuarios logró crear un nuevo ejercicio. De acuerdo a la dificultad percibida, el 80% de los usuarios informó que le resultó Fácil o Muy Fácil.

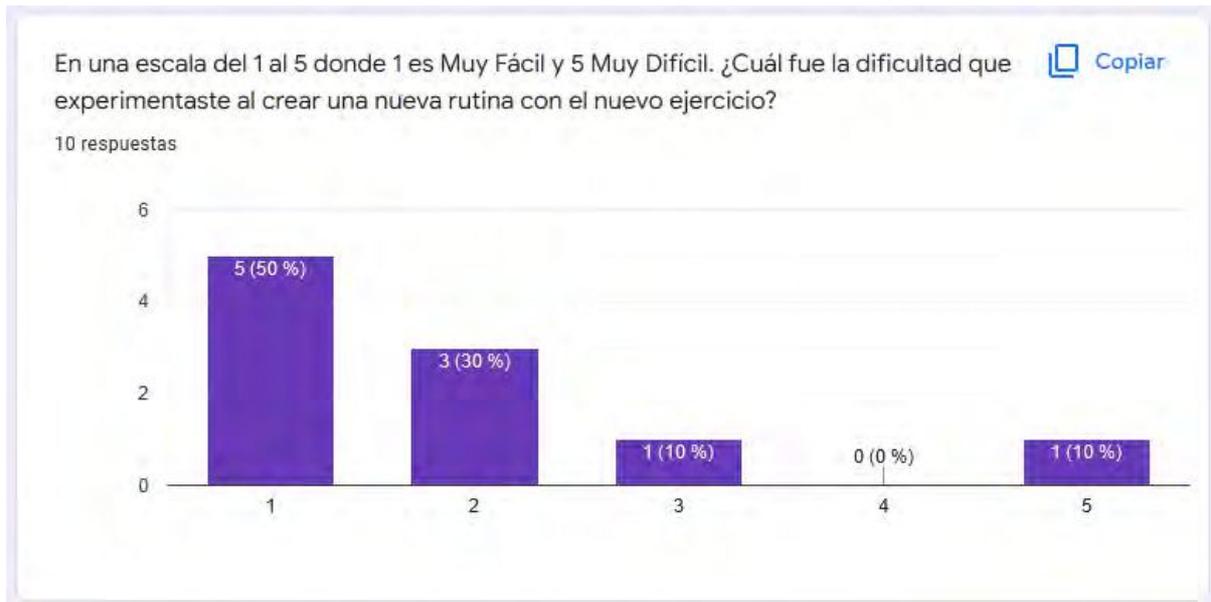


Figura 6.31. Dificultad al crear una nueva rutina con el nuevo ejercicio.

Respecto a esta tarea, algunos usuarios informaron que les resultaba confuso, al momento de crear un nuevo ejercicio, entender en qué unidad estaba especificada la duración del mismo, visto que no se mostraba en pantalla. Algunos usuarios sugirieron que las tipografías utilizadas en la aplicación web deberían tener un mayor tamaño. Un usuario reportó que los botones de archivar o eliminar rutina deberían estar expresados como texto, ya que no logró identificarlos con los íconos. Un usuario reportó que si bien pudo crear la rutina, la misma no apareció una vez guardada.

6.4 Comentarios de padres, madres y tutores

Con el objetivo de enriquecer la evaluación del proyecto, la aplicación y la intención en su conjunto, entrevistamos a cinco padres, madres y tutores de niños y niñas menores de 13 años, formulando una serie de preguntas para que confeccionen una opinión integral. Las preguntas formuladas fueron las siguientes.

- ¿Cuál es su opinión sobre incorporar una aplicación móvil para motivar y supervisar el tratamiento del menor a cargo?
- Si el menor a su cargo tuviera que realizar un tratamiento fonoaudiológico, ¿utilizaría una aplicación como el proyecto Thera? ¿por qué?
- Según su opinión, ¿cuáles son los aspectos positivos del proyecto Thera? ¿Cuáles los negativos?
- Desde su punto de vista, ¿qué influencia cree que puede tener una aplicación como el proyecto Thera en el tratamiento del menor a su cargo?

Para responder a estas preguntas se convocó a cinco voluntarios que participaron en las tareas de validación de la aplicación móvil, y dos de ellos además en las tareas con la aplicación web. A continuación se transcriben los comentarios recibidos.

“Nuestra hija está realizando un tratamiento de estimulación temprana. Es complicado decir que una aplicación puede ser útil para un tratamiento, considerando mi desconocimiento sobre el área. Por ejemplo, según la psicopedagoga de mi hija, no recomienda que utilice el celular en su tratamiento. No lo prohíbe, pero no aconseja el uso de algunas aplicaciones didácticas, por ejemplo para aprender números o letras. Utilizaría la aplicación proyecto Thera si un especialista me lo recomendara. La aplicación es de fácil manejo, mi hija la pudo probar sin problemas, por ejemplo para realizar la actividad de inflar el globo. Creo que la influencia de la aplicación en el tratamiento dependerá del acompañamiento del padre o madre, de las orientaciones que pueda encontrar en la aplicación y de las recomendaciones de la fonoaudióloga. No encuentro aspectos negativos, tal vez podría identificar alguno específico al realizar un tratamiento en particular. Creo que más adelante voy a llevar a mi hija a la fonoaudióloga, me gustaría comentarle sobre la aplicación.” -- Carlos, 35 años, maestrando en Enseñanza de las Cs. Exactas y Naturales, papá de Aldana, 2 años y 11 meses. Participó en la prueba de la aplicación móvil.

“Me parece que es una buena idea incluir TICs en los tratamientos con chicos, si mi hija tuviera que realizar un tratamiento fonoaudiológico me gustaría utilizar la aplicación. Los chicos hoy en día interactúan mucho con el celular y al realizar los ejercicios con la aplicación lo tomarían como un juego. Como aspecto negativo creo que tal vez podría suceder que quieran jugar todo el tiempo. Recuerdo haber realizado un tratamiento de fonoaudiología cuando era chico y que los ejercicios eran aburridos, creo que una aplicación como proyecto Thera alienta más a los chicos a completar las actividades.” -- Walter, 47 años, profesor nacional de saxofón, papá de Selina, 3 años y 2 meses. Participó en la prueba de la aplicación móvil y de la aplicación web.

“En el caso de mi hijo, al ser muy pequeño, no me parece aconsejable utilizar aplicaciones porque se trata de alejar lo mayor posible a los chicos de las pantallas. Si fuera más grande sí lo utilizaría ya que es una buena manera de mantenerlo motivado, con una herramienta al alcance de la mano, sin tener que moverse. Está bueno como un tratamiento complementario. Me gustó que la aplicación sea accesible, simple de usar y orientada para todas las edades. Como aspecto negativo creo que la aplicación no debería usarse sin controles por parte de los especialistas, pero en general me parece que puede ser beneficioso ya que los chicos se pueden enganchar con los tratamientos si los ejercicios les resultan divertidos.” -- Lisandro, 30 años, informático, papá de Aurelio, 5 meses. Participó en la prueba de la aplicación móvil y de la aplicación web.

“La aplicación podría ser una buena alternativa para que los chicos puedan motivarse y asimilar las rutinas que se les asignen como parte del tratamiento. Es una opción más didáctica, considerando que hoy un dispositivo móvil es algo que tienen a su alcance y les llama la atención. Utilizaría la aplicación porque considero que es una buena herramienta para motivarlos a hacer los ejercicios y así tener más posibilidades de mejores resultados en el tratamiento. Me parece positivo que el atractivo de la aplicación sirva para poder concretar las actividades, siempre y cuando el uso sea consciente y cuidado; como punto negativo creo que es algo más que aumenta la utilización de pantallas por parte de los chicos.” -- Luciana, 29 años, psicóloga, mamá de Aurelio, 5 meses. Participó en la prueba de la aplicación móvil.

“Utilizaría la aplicación porque resulta atractiva y motivadora para los chicos, ya que los ejercicios fonoaudiológicos suelen ser rutinarios y aburridos. Como punto positivo creo que representa un incentivo para realizar los ejercicios. Sería bueno incorporar asistencia por voz, ya que los niños pequeños o con otras patologías asociadas no saben o no pueden leer las consignas. También me gustaría poder modificar el androide o hacerlo más personalizable, creo que sumaría si los chicos pudieran elegir colores o ponerle nombre. En general, creo que es una aplicación que traería beneficios al lograr una mayor adhesión al tratamiento.” -- Carla, 50 años, psicopedagoga, mamá de Bianca y Lara, 18 y 15 años. Participó en la prueba de la aplicación móvil.

6.5 Comentarios de profesionales

Respecto a la opinión de profesionales y futuros profesionales fonoaudiólogos, se coordinó un espacio para que los convocados pudieran expresar o suscribir su opinión sobre el proyecto en un formato libre, con el objetivo de no sesgar la mirada profesional.

“Como profesional no logro darme cuenta que la aplicación es para fonoaudiólogos, ni que es para realizar ejercicios de fonoaudiología. Conociendo lo que son las praxias orofaciales, recién ahí me doy cuenta lo que me están haciendo hacer. Se utilizan muchas palabras específicas de sistemas, como por ejemplo ‘rutinas’ pero sin especificar qué rutinas: ¿fonoaudiológicas? ¿de ejercitación?. Otro ejemplo es ‘base de conocimientos’, esos términos pueden referirse a cualquier cosa, entonces no sé muy bien a qué estoy entrando. Cuando llego a los ejercicios observo las terminologías utilizadas, no todos los fonoaudiólogos llamamos a los ejercicios así, por ejemplo: ‘caramelo’ o ‘conejito’, porque no todos trabajamos con niños. Aún trabajando con niños o con adultos las terminologías de las praxias, como son ejercitaciones, tienen nombres muy específicos que la persona con discapacidad que tiene que hacer ejercicios no conoce. Habría que buscar la forma para que cada fonoaudiólogo configure su vocabulario, el que usa con sus pacientes. Por ejemplo, yo no usaría ‘caramelo’ ni ‘conejito’ porque trabajo con adultos, debería poder poner en la praxia la palabra que yo uso con mis pacientes. Se entiende que el proyecto no está completo, hay aspectos para mejorar el términos de usabilidad. Por ejemplo, podría corregirse la cantidad de texto, que es mucho, y utilizarse otro tamaño e interlineado. En el teléfono me resultó todo demasiado pequeño. Me confunde para qué es el laboratorio, desde mi punto de vista está contaminado visualmente y no permitiría que pacientes con algunas condiciones pudieran utilizarlo de manera autónoma, por ejemplo: adultos con hemiplejía, es decir, medio cuerpo paralizado. En el caso de los niños, habría que ver el perfil de usuario. Los ejercicios están muy buenos, están muy buenas las pantallas y el poder enviar videos. No me quedó claro la configuración y qué opciones deben estar bien configuradas para que los ejercicios que no pude realizar, pueda hacerlos. Sería bueno que la aplicación me obligara a configurar bien el teléfono para poder realizar todos los ejercicios. Esto último lo analicé desde mi rol como fonoaudióloga.” -- Andrea, fonoaudióloga y analista de sistemas.

“La aplicación me parece muy útil, tanto para el paciente como para el fonoaudiólogo, sobre todo para utilizarlo en los tratamientos con niños ya que interactúan cada vez más con las pantallas. Me gustaría que en algunas pantallas hubiera texto auxiliar o imágenes

demostrativas que acompañen al ejercicio, por ejemplo, en el ejercicio de inflar los cachetes. Los felicito por el trabajo realizado, creo que se ha logrado el objetivo propuesto. Gracias por colaborar con la fonoaudiología.” -- Silvana, fonoaudióloga.

“En el ámbito terapéutico de la reeducación del lenguaje es muy valioso contar con una aplicación que se adapte a las necesidades de la persona. Si bien ya utilizamos tecnología para el área del lenguaje, estas son solo algunas de las que utiliza la Comunicación Aumentativa Alternativa. Son estrategias que se utilizan en personas que, por alguna patología o condición, no pueden expresarse mediante el lenguaje hablado, ya sea porque está ausente o muy comprometido. Entonces es necesario utilizar otras herramientas para comunicarse, más allá del habla. Tener una aplicación como el proyecto Thera es muy bueno para poder trabajar con nuestros pacientes. El objetivo final de la fonoaudiología es que se pueda comunicar donde quiera, cuando quiera y con quien quiera. Algo que me gustaría corregir, por ejemplo, en el ejercicio con sensores de palabras, es el mensaje de devolución; me parece muy abrumador para un niño al no lograr el objetivo de pronunciar correctamente la palabra y no poder avanzar a la siguiente. Esto puede provocar en el niño una fuerte inseguridad, que merma aún más su patrón de habla. Las terapias no consisten en repetir palabras hasta que se logren pronunciar correctamente. En el caso del ejercicio con el sensor de soplos, me gustaría poder configurar un soplido más suave, ya que si bien se trabaja con todos tipos de soplos e intensidades, por lo general comenzamos con uno más suave, continuo, corto, donde lo importante es la postura y el modo de respirar. Me gustaría usar la aplicación en mi consultorio, aunque algunos ejercicios los tendría que adaptar a las situaciones que estoy trabajando.” -- Vanesa, fonoaudióloga.

“La tecnología aplicada a tratamientos bajo diagnóstico previo y a cargo de un profesional de la salud siempre es bienvenida. Considero que es positivo que la aplicación permita a los usuarios acercarse al tratamiento desde el juego, y en el caso de los niños creo que es una forma de lograr que se interesen, teniendo en cuenta que es a través de un dispositivo móvil. Usaría la aplicación en el consultorio como un refuerzo y de una forma lúdica para lograr que el tiempo de consulta sea más dinámico y logre captar la atención necesaria del usuario. Un aspecto a tener en cuenta para modificar es la adjetivación o valoración frente a ejercicios que rehabilitan para lograr el bienestar en la comunicación, por ejemplo, ante el error los ejercicios de palabras devuelven ‘no sonó bien’. La comunicación con el usuario es muy delicada, propondría trabajar como en el ejercicio del globo cuando se pronuncian las palabras, mostrando porcentajes de progreso, y apostando a mensajes más motivadores como ‘intentalo una vez más’.” -- Natalia, estudiante avanzada de fonoaudiología.

Además de los comentarios suscritos previamente, también recibimos la devolución de dos profesionales fonoaudiólogas que fueron convocadas para probar las aplicaciones pero que expresaron su negativa por estar en desacuerdo con el desarrollo realizado. A continuación compartimos sus opiniones.

“No estoy de acuerdo con este tipo de aplicaciones donde se generalizan ejercicios. En plataformas como YouTube hay muchos canales sobre esta temática y no comparto lo que se indica. No es serio ni ético. Aceptar este tipo de aplicaciones es desprofesionalizar al

fonoaudiólogo. Tengo 32 años de ejercicio profesional, en mi práctica detrás de cada indicación hay un estudio.” -- Sandra, fonoaudióloga.

“Utilizando una aplicación móvil no se puede evaluar cómo está realizando los ejercicios el paciente. Por ejemplo, en los ejercicios de soplidos es importante verificar la intensidad del mismo o cuáles músculos se están empleando. Una ejecución incorrecta puede traer consecuencias. Tampoco creo que una aplicación sirva para motivar al paciente a realizar el tratamiento. Desde mi experiencia, el paciente que quiere completar el tratamiento lo realiza, y el que no está predispuesto no lo hace. No creo que la aplicación pueda servir para mi área, pero tal vez pueda servir a profesionales que tratan otras patologías o que trabajan con otro tipo de pacientes.” -- Mariela, fonoaudióloga.

Capítulo 7: Conclusiones y trabajos futuros

7.1 Conclusiones

El proyecto Thera deja sentado un precedente documentado de un desarrollo que utiliza inteligencia artificial y *gamification* para constituir un asistente terapéutico que puede incorporarse en los tratamientos fonoaudiológicos de los trastornos del habla, del lenguaje y de la alimentación.

La aplicación móvil, en su concepción, fue proyectada como una herramienta que permita a los profesionales complementar su trabajo gracias al uso de metodologías y recursos propios de la informática, permitiendo acceder a información restringida a la terapéutica tradicional.

La investigación previa al diseño y la implementación del ecosistema de aplicaciones que constituyen al proyecto Thera nos permitió encontrarnos con realidades y desafíos de distinta naturaleza. Analizamos las prácticas fonoaudiológicas y sus metodologías, realizamos un relevamiento sobre sus problemáticas desde nuestros roles como analistas, buscamos desarrollos previos en este área y otras afines para conocer y comparar otras soluciones propuestas, e imaginamos una solución original.

Los desafíos que supusimos en una primera etapa se vieron multiplicados luego de esta investigación no solo desde lo técnico sino también desde lo ético: trabajar sobre una aplicación que aporte al profesional una nueva herramienta pero que no pretenda sustituir su rol como experto, y al mismo tiempo, hacerlo con un trabajo que sirva a otros como inspiración explicando cada uno de los detalles de su desarrollo.

Trabajamos con una variedad de personas que enriquecieron nuestra mirada respecto al proyecto como desarrollo puntual pero también como aporte en general. Fonoaudiólogos, locutores, dibujantes, estudiantes, diseñadores, informáticos, docentes y otros profesionales aportaron con su colaboración o intervención cada uno de los detalles que constituyen este trabajo. Más de 50 personas formaron parte de este proyecto.

El diseño de las aplicaciones se realizó utilizando buenas prácticas de desarrollo, aplicando patrones de diseño para consolidar una base de código mantenible y que pueda servir de referencia para trabajos futuros en esta u otras áreas. Además se aplicaron estándares como JSON:API para la interoperabilidad entre aplicaciones y se utilizando lenguajes, herramientas y tecnologías vigentes.

El desarrollo del prototipo de la aplicación móvil se realizó gracias a la colaboración de dibujantes como Pablo Motta y Olivia Cheng, y el consejo de diseñadores como Antonella Venica, cuyas intervenciones permitieron implementar vistas funcionales y accesibles al mismo tiempo que atractivas y divertidas para los usuarios.

El resultado final de este trabajo involucra la presentación de un ecosistema de aplicaciones, con centralidad en la aplicación web pero protagonismo de la aplicación móvil,

que sirve como acompañante terapéutico en los tratamientos fonoaudiológicos, auxiliando a los profesionales supervisores con herramientas de seguimiento, y motivando a los pacientes aplicando *gamification* a través de la historia que propone el universo del proyecto Thera.

7.2 Revisión y trabajo de campo con fonoaudiólogos

Para una posterior iteración en el desarrollo del proyecto Thera sería recomendable planificar una serie de revisiones con profesionales fonoaudiólogos y terapeutas afines con el objetivo de definir acciones concretas de trabajo de campo que permitan alcanzar una evaluación objetiva de la herramienta. De esta forma se lograría medir el impacto de la aplicación en los tratamientos para identificar aciertos y aspectos a mejorar.

Este trabajo de campo no lo planteamos únicamente como evaluación de la relación de los pacientes con la aplicación sino también de los profesionales. A partir de algunos de los comentarios recibidos podemos sugerir que aún existe un camino por recorrer para que las nuevas tecnologías se conviertan en auxiliares cotidianos de este tipo de tratamientos.

Por medio de la revisión también podrían resolverse algunos de los defectos de la aplicación, ya sean por ausencia como por incompletitud, como por ejemplo incorporar la posibilidad de medir la intensidad en el sensor de soplidos.

7.3 Ampliación del *dataset* de entrenamiento del sensor de gestos

Si bien los resultados de detección del sensor de gestos fueron satisfactorios para esta primera etapa del proyecto, el entrenamiento de la red neuronal con un *dataset* mayor debería contribuir con una mejor detección en escenarios que no fueron probados, por ejemplo, incluyendo imágenes de personas de distintas edades o con diferentes rasgos faciales o atributos distintivos. Resulta conveniente recordar que el *dataset* en este trabajo incluye menos de 6000 imágenes incluso luego de aplicar técnicas de *data augmentation*, mientras que *datasets* como ImageNet poseen aproximadamente 500.000 imágenes en crudo.

Se sugiere implementar una campaña más extensa en el tiempo para la recolección de imágenes, incluso con la posibilidad de proponer locaciones móviles -por ejemplo, en eventos públicos- para tomar las fotos con la guía de un experto, o profundizar la difusión y el uso de la plataforma de *training* a través de campañas de publicidad del proyecto.

7.4 Mejoras de accesibilidad y usabilidad

Existen varias mejoras en términos de accesibilidad y usabilidad que pueden implementarse para construir una experiencia del usuario más interesante tanto en la aplicación móvil como en la aplicación web.

En lo que se refiere a la aplicación móvil, resulta imperioso revisar el tamaño y el contraste del texto, agregar etiquetas auxiliares y corregir el tamaño de los botones. También sería enriquecedor sumar mensajes de ayuda en texto, en audio y en video. Debe realizarse un análisis en cuanto a la accesibilidad para personas con movilidad reducida, ofreciendo alternativas en función de los movimientos que sí pueden realizar, de modo tal que la experiencia con la aplicación móvil pueda ser autónoma. Sería interesante además incorporar video tutoriales o recorridos guiados para conocer todas las funcionalidades de la aplicación.

La aplicación web hoy en día constituye un panel de administración básico para que administradores y supervisores puedan gestionar a los usuarios y sus actividades. Es conveniente realizar una revisión sobre algunas interacciones que fueron reportadas como confusas, en particular botones que están señalizados con íconos que no responden a ningún lenguaje universal, y que requieren de una ayuda en texto. También hay aspectos para corregir referidos a su uso en pantallas pequeñas y en especial en dispositivos móviles.

La revisión del lenguaje utilizado para notificar éxitos y fracasos al realizar los ejercicios también es prioritaria en una próxima versión.

7.5 Incorporación de nuevos aspectos de *gamification*

La incorporación de nuevos elementos semánticos de *gamification* podría ser una buena idea para reforzar la motivación y el compromiso de los pacientes. Algunos usuarios sugirieron que les gustaría ver un fondo animado, tener la posibilidad de personalizar al androide con piezas alternativas, colores, o asignándole un nombre. También propusieron que algunas piezas se puedan adquirir en eventos especiales, bajo determinadas circunstancias.

La definición de una utilidad para el androide completo, más allá del logro de haberlo completado, es un aspecto que queda inconcluso en este trabajo y que sería interesante explorar a futuro. El desarrollo de una narrativa dentro de la aplicación, tal vez haciendo uso de otros recursos multimedia, también es un punto a reforzar.

Por último, sería atractivo contar con la integración de la aplicación con redes sociales, de manera tal que los usuarios puedan compartir sus logros y de esa forma reforzar la recompensa mediante la validación de sus pares.

7.6 Incorporación de elementos de realidad aumentada

Los sensores desarrollados en este trabajo serían excelentes candidatos para transformarse en métodos de entrada que permita al usuario interactuar con elementos de realidad aumentada. De esta forma, los ejercicios que utilizan el sensor de gestos o el sensor de palabras podrían ser más atractivos, en especial para niños y jóvenes. Por ejemplo, en el caso del sensor de gestos se podrían proponer ejercicios como tocar algún objeto virtual con la lengua o inflando los cachetes. En el caso del sensor de palabras, se

podría pedir que se nombre al objeto que aparece en pantalla en lugar de presentarla al usuario mediante una imagen y un texto.

7.7 Investigación de nuevos usos para los sensores

El uso de los sensores implementados en nuevas herramientas de accesibilidad es un posible campo de exploración. Por regla general, los dispositivos móviles permiten ser operados de forma táctil o mediante comandos de voz; la interpretación de los gestos del usuario utilizando la cámara frontal podría constituir un desarrollo de interés, en particular si entendemos que el dispositivo móvil puede ser a su vez un dispositivo de entrada para otros dispositivos.

Referencias

[1] Novás, José. (2008). El tratamiento médico: experiencia, base teórica y método. Revista Habanera de Ciencias Médicas. 7.

[2] Nelson, Amy. (2008). Speech-Language Therapy. University of Arkansas for Medical Sciences.

[3] Revista Buena Salud. (2015). ¿Para qué sirve un acompañante terapéutico?. Editorial XYZ. Argentina. Recuperado el 24 de marzo de 2017. De la web:
<<http://www.revistabuena salud.com/para-que-sirve-un-acompanante-terapeutico/>>

[4] Paro, César Augusto, Garcia Vianna, Núbia, Marconi Pinheiro Lima, Maria Cecília (2013). Investigating the compliance with speech therapy service in the context of Primary Care. Universidad Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Médicas, Departamento de Desenvolvimento Humano e Reabilitação. Brasil. Recuperado el 1 de abril, 2017. De la web: <<http://www.scielo.br/pdf/rcefac/v15n5/v15n5a29.pdf>>

[5] Manayay Fernández, Marco Antonio. (2013). Sistema multimedia basado en fonoaudiología de ayuda en la terapia de lenguaje para el área de desarrollo psicomotriz en el Centro Educativo para Niños con habilidades diferentes “El Bosque”. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

[6] Ditrendia. (2016). Informe Mobile en España y en el Mundo 2016. Ditrendia Digital Marketing Trends. España. Recuperado el 24 de marzo de 2017. De la web:
<https://www.amic.media/media/files/file_352_1050.pdf>

[7] Duolingo. (2021). Duolingo: Learn languages free. 2,08 mil millones de descargas. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web:
<<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.duolingo>>

[8] Leap Fitness Group. (2021). 30 Day Fit Challenge Workout. Más de 10 millones de descargas. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web:
<<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.popularapp.thirtydayfitnesschallenge>>

[9] BioWink GmbH. (2021). Clue - Period tracker. Más de 10 millones de descargas. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web:
<<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.clue.android>>

[10] Conrad, Rita-Marie (2016). What is Gamification?. Berkeley Center for Teaching & Learning. Estados Unidos. Recuperado el 24 de marzo de 2017. De la web:
<<https://teaching.berkeley.edu/what-gamification>>

[11] Sociedad Argentina de Pediatría y otros adherentes. (2020). Impacto de la pandemia COVID-19 sobre el sistema de salud argentino. Argentina. Recuperado el 10 de febrero de 2021. De la web:
<https://www.sap.org.ar/uploads/documentos/documentos_impacto-de-la-pandemia-covid-1>

[9-sobre-el-sistema-de-salud-argentino-documento-de-adhesion-firmado-por-sap-junto-a-otras-sociedades-cientificas-entregado-al-ministro-de-salud-dr-gines-gonzalez-garcia-235.pdf](#)>

[12] Interaction Design Foundation. (2018). What is Human-Computer Interaction (HCI)?. Recuperado el 28 de abril de 2020. De la web:

<<https://www.interaction-design.org/literature/topics/human-computer-interaction>>

[13] Fernández, Jorge. (2018). Logopedia. Gabinete de Logopedia Fonema. Valladolid, España. Recuperado el 28 de abril de 2020. De la web:

<<https://www.logopediafonema.com/logopedia/>>

[14] Campo, Marta. (2017). Cómo el logopeda puede hacer que tu hijo solucione sus problemas al hablar. Hospital Universitario La Zarzuela, Madrid, España. Recuperado el 28 de abril de 2020. De la web:

<<https://muysaludable.sanitas.es/padres/como-el-logopeda-puede-hacer-que-tu-hijo-solucione-sus-problemas-al-hablar/>>

[15] Bleeckx, Didier; Postiaux, Guy; Reychele, Hervé. (2004). Disfagia: evaluación y reeducación de los trastornos de la deglución. McGraw-Hill/Interamericana de España.

[16] Alcaine, Sheila et. al. (2009). Ejercicios físicos, de habla y voz para afectados de Parkinson. Centro Médico Teknon, Barcelona, España.

[17] Rodríguez Marconi, Daniel. (2017). Proyecto Fonopedia para potenciar la Práctica Basada en la Evidencia. Universidad Católica de Temuco, Chile.

[18] Universidad Católica de Temuco. (2020). Fonopedia. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web:

<<https://play.google.com/store/apps/details?id=cl.uct.cedest>>

[19] Espacio Logopédico. (2017). Las aventuras de Tate, un juego de niños para solucionar trastornos del habla y el lenguaje. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web:

<<https://www.espaciologopedico.com/noticias/det/7755/las-aventuras-de-tate-un-juego-de-ninos-para-solucionar-trastornos-del-habla-y-el-lenguaje.html>>

[20] Puerma, Teresa. (2020). Las aventuras de Tate. App Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://apps.apple.com/us/app/id1035158902>>

[21] Speechools Ltd. (2020). DAF Professional. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web:

<<https://play.google.com/store/apps/details?id=co.speechools.DAFPro>>

[22] Synapse Apps, LLC. (2020). Speech Tutor. App Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://apps.apple.com/us/app/speech-tutor/id424752543>>

[23] Little Bee Speech. (2020). Articulation Station. App Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://apps.apple.com/us/app/articulation-station/id467415882>>

- [24] GSMA Intelligence. (2020). The State of Mobile Internet Connectivity Report. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.gsma.com/wp-content/uploads/2020/09/GSMA-State-of-Mobile-Internet-Connectivity-Report-2020.pdf>>
- [25] GSM Arena. (2018). Smartphones in 2018: the half year report. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://www.gsmarena.com/2018_half_year_report-news-31939.php>
- [26] We Are Social; Hootsuite. (2021). Digital 2021 Global Overview Report. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-argentina-en-el-2020-2021/>>
- [27] Werbach, K.; Hunter, D. (2012). For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business. Wharton Digital Press.
- [28] Werbach, K.; Hunter, D. (2015). The Gamification Toolkit: Dynamics, Mechanics, and Components for the Win. Wharton Digital Press.
- [29] Parikh, A; C. Legault; K, Flavin; M. Lansberg. (2018). Neofect Glove: Virtual Reality Device for Home Therapy in Stroke Survivors.
- [30] Children for Health. (2020). Unlocked!: Four friends work together to beat sadness and worry during a pandemic. Children for Health. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://www.childrenforhealth.org/sdm_downloads/unlocked/>
- [31] PopReach, Inc. (2021). Peak - Juegos Cerebrales. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.brainbow.peak.app>>
- [32] Zut!. (2021). I Love Hue. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zutgames.ilovehue>>
- [33] Bolte, Lilian; Rojas, Pamela. (2006). Trastornos del habla y del lenguaje infantil: ¿cómo los abordamos?. Pontificia Universidad de Chile, Chile. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<http://medicinafamiliar.uc.cl/html/articulos/123.html>>
- [34] Cores Maza, María del Carmen. (2010). Guía clínica de terapia para pacientes con disfemia. Instituto Nacional de Rehabilitación, México.
- [35] Microsoft Corporation. (2020). ¿Qué es Cortana?. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://support.microsoft.com/es-es/topic/-qu%C3%A9-es-cortana-953e648d-5668-e017-1341-7f26f7d0f825>>
- [36] Apple, Inc. (2020). Siri. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.apple.com/es/siri/>>

- [37] Amazon.com, Inc. (2020). ¿Por qué Alexa?. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://developer.amazon.com/es-ES/alexa>>
- [38] Alphabet, Inc. (2020). Asistente de Google: tu Google personal. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://assistant.google.com/intl/es_es/>
- [39] Dumm, Favorito y Hongay. (2002). La locución: Voz, habla, habilidad lectora. Teoría y práctica. Ediciones De la Campana.
- [40] Ayarza Madueño, Marcela Alejandra. (2012). La respiración en la terapia de voz. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://logopediayformacion.blogspot.com/2012/09/la-respiracion-en-la-terapia-de-voz.html>>
- [41] Smokers. (2017). Balloons in phone. Google Play Store. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=us.balloonsinphone.smokers>>
- [42] MedlinePlus. (2020). Disartria. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007470.htm>>
- [43] Instagram. (2022). Instagram. Google Play Store. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.instagram.android>>
- [44] TikTok Pre. Ltd., (2022). TikTok. Google Play Store. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zhiliaoapp.musically>>
- [45] huw landauer (@lowercasecomics). (2020). make this face. Instagram. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.instagram.com/stories/highlights/17867972296728692/>>
- [46] King, David et. al. (2002). dlib. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web. <<http://dlib.net/>>
- [47] Google Brain Team. (2015). TensorFlow: plataforma de extremo a extremo de código abierto para el aprendizaje automático. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.tensorflow.org/>>
- [48] ECMA International. (2017). The JSON data interchange syntax. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.ecma-international.org/publications-and-standards/standards/ecma-404/>>
- [49] Schwab, Klaus. (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. World Economic Forum. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>>

- [50] De Cremer, David; Kasparov, Garry. (2021). AI Should Augment Human Intelligence, Not Replace It. Harvard Business Review. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://hbr.org/2021/03/ai-should-augment-human-intelligence-not-replace-it>>
- [51] Venica, Antonella. (2016). Visual Communication Designer. Behance. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <https://www.behance.net/anto_venica>
- [52] Motta, Pablo (@motteka). (2022). Docente en FDA, Ilustrador. Instagram. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.instagram.com/motteka>>
- [53] Cheng, Olivia. (2018). Senior designer. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://heyitsolivia.com/>>
- [54] Creative Commons. (2022). Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International Public License. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>>
- [55] Apache Software Foundation. (2004). Apache License, version 2.0. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>>
- [56] Casacuberta, Francisco. (1992). La lengua española y las nuevas tecnologías: análisis y síntesis de la señal acústica. Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <https://cvc.cervantes.es/obref/congresos/sevilla/tecnologias/mesaredon_casacuberta.htm>
- [57] @react-native-voice/voice. (2022). GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/react-native-voice/voice>>
- [58] International Organization for Standardization. (2002). ISO 639-1:2002. Codes for the representation of names of languages - Part 1: Alpha-2 code. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.iso.org/standard/22109.html>>
- [59] International Organization for Standardization. (2020). ISO 3166-2:2020. Codes for the representation of names of countries and their subdivisions. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.iso.org/iso-3166-country-codes.html>>
- [60] Environmental Protection Department. (2012). What is Sound and What is Noise? Government of Hong Kong, Hong Kong. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://www.epd.gov.hk/epd/noise_education/web/ENG_EPD_HTML/m1/intro_1.html>
- [61] StackOverflow. (2012). How to get the amplitude when blowing into MIC on android device. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://stackoverflow.com/questions/4977728/how-to-get-the-amplitude-when-blowing-into-mic-on-android-device/6186977#6186977>>
- [62] Carl Reinke. (2018). Spectroid. Google Play Store. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=org.intoorbit.spectrum>>

- [63] react-native-recording. (2020). GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/qiuxiang/react-native-recording>>
- [64] Alphabet, Inc. (2008). AudioRecord. Android Documentation. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://developer.android.com/reference/android/media/AudioRecord>>
- [65] Chaudhary, Kartin. (2020). Understanding Audio data, Fourier Transform, FFT and Spectrogram features for a Speech Recognition System. Towards Data Science. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://towardsdatascience.com/understanding-audio-data-fourier-transform-fft-spectrogram-and-speech-recognition-a4072d228520>>
- [66] Radix-4 DIF FFT Algorithm. (2019). HackMD. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://hackmd.io/@akshayk07/ryn-yR7qr>>
- [67] fft.js supplements. (2021). GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/LiChuan172/fftjs-supplements>>
- [68] FFT.js. (2021). GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/indutny/fft.js>>
- [69] Arrech, Matías. (2021). Wrong resolution in addFrequencyOnAS. GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/LiChuan172/fftjs-supplements/issues/1>>
- [70] Han Cai; Ji Lin; Song Han. (2022). Advanced Methods and Deep Learning in Computer Vision. Chapter 4 - Efficient methods for deep learning. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128221099000138>>
- [71] Namatevs, Ivar. (2017). Deep Convolutional Neural Networks: Structure, Feature Extraction and Training. Information Technology and Management Science. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <https://www.researchgate.net/publication/322416654_Deep_Convolutional_Neural_Networks_Structure_Feature_Extraction_and_Training>
- [72] Mobility Quotient. (2020). Creating a Native Bridge in React Native. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://mobilityquotient.com/article/creating-a-native-bridge-in-react-native>>
- [73] Abdulraheem, Ajiboye et. al. (2015). Evaluating the Effect of Dataset Size on Predictive Model Using Supervised Learning Technique. International Journal of Computer Systems & Engineering. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <https://www.researchgate.net/publication/284371947_Evaluating_the_Effect_of_Dataset_Size_on_Predictive_Model_Using_Supervised_Learning_Technique>
- [74] Google Brain Team. (2020). tfjs-models/blazeface. GitHub. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://github.com/tensorflow/tfjs-models/tree/master/blazeface>>

- [75] Bazarevsky, V. et. al. (2019). BlazeFace: Sub-millisecond Neural Face Detection on Mobile GPUs. CVPR Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality, Long Beach, CA, USA. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://arxiv.org/abs/1907.05047>>
- [76] Google Brain Team. (2020). tfjs-models/blazeface commit history. GitHub. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://github.com/tensorflow/tfjs-models/commits/master/blazeface>>
- [77] Google Brain Team. (2022). tfjs-models/face-detection. GitHub. Recuperado el 17 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/tensorflow/tfjs-models/tree/master/face-detection>>
- [78] Google Brain Team. (2019). tensorflow/models/mobilenet. GitHub. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://github.com/tensorflow/models/tree/master/research/slim/nets/mobilenet>>
- [79] Sandler, Mark et. al. (2018). MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://arxiv.org/abs/1801.04381>>
- [80] ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. (2012). Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://image-net.org/challenges/LSVRC/2012/>>
- [81] Shorten, C. Khoshgoftaar, T. (2019). A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. Journal of Big Data. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-019-0197-0>>
- [82] Google Brain Team. (2019). tensorflow_hub/tools/make_image_classifier. GitHub. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://github.com/tensorflow/hub/tree/master/tensorflow_hub/tools/make_image_classifier>
- [83] Google Brain Team. (2020). TensorFlow.js. GitHub. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://github.com/tensorflow/tfjs>>
- [84] Alphabet, Inc. (2020). What is Android? Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.android.com/what-is-android/>>
- [85] Alphabet, Inc. (2020). Licencias aprobadas del Proyecto de Código Abierto Android. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://source.android.com/setup/start/licenses>>
- [86] Alphabet, Inc. (2020). Introducción a Android Studio. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://developer.android.com/studio/intro>>
- [87] Apple, Inc. (2021). iPhone models compatible with iOS 15.5. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://support.apple.com/guide/iphone/supported-models-iph3fa5df43/ios>>

- [88] Dirk Riehle. (2000). Framework Design: A Role Modeling Approach. Zurich, Switzerland. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://riehle.org/computer-science/research/dissertation/index.html>>
- [89] Ionic Team. (2018). Ionic: build faster, smarter, and into the future. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://ionicframework.com/>>
- [90] Meta Platforms, Inc. (2020). React Native: Learn once, write anywhere. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://reactnative.dev/>>
- [91] Akveo. (2020). UI Kitten: a React Native framework for creating stunning cross-platform mobile applications. GitHub. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://akveo.github.io/react-native-ui-kitten/>>
- [92] Apache Software Foundation. (2020). PouchDB: The Database that Syncs!. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://pouchdb.com/>>
- [93] React Native Community. (2018). Android Docker Image for React Native. Docker Hub. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://hub.docker.com/r/reactnativecommunity/react-native-android>>
- [94] Docker, Inc. (2013). Docker overview. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://docs.docker.com/get-started/overview/>>
- [95] Rails. (2018). Ruby on Rails: a web app MVC framework. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://rubyonrails.org/>>
- [96] Matsumoto, Yukihiro. (1995). Ruby, a programmer's best friend. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://www.ruby-lang.org/en/>>
- [97] Flowers, Aricka. (2018). Why we use Ruby on Rails to build GitLab. GitLab. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://about.gitlab.com/blog/2018/10/29/why-we-use-rails-to-build-gitlab/>>
- [98] Kumar, Sameer. (2021). Why is Shopify using Ruby on Rails to build its \$3 billion dollar e-commerce business?. LinkedIn. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <https://www.linkedin.com/pulse/why-shopify-using-dead-programming-language-build-its-sameer-kumar/>>
- [99] You, Evan. (2018). Vue.js: the progressive JavaScript framework. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://vuejs.org/>>
- [100] Leider, John. (2018). Vuetify: a Vue UI Library with beautifully handcrafted Material Components. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web. <https://vuetifyjs.com/en/>>
- [101] Widenius, Michael. (2009). MariaDB: enterprise open source database. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <https://mariadb.com/>>

- [102] Docker, Inc. (2013). Overview of Docker Compose. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://docs.docker.com/compose/>>
- [103] Arrech, M; Di Giacomo Noack, L. (2022). Proyecto Thera. GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/project-thera/>>
- [104] Katz, Yehuda. (2013). JSON:API: a specification for building APIs in JSON. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://jsonapi.org/>>
- [105] Guedes, Tiago. (2017). JSONAPI::Utils. GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/tiagopog/jsonapi-utils>>
- [106] Landgrebe, Nick. (2016). ActiveResource.js: API Resource relational mapping in Javascript. GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/nicklandgrebe/active-resource.js>>
- [107] Heartcombo. (2013). Devise: a flexible authentication solution for Rails based on Warden. GitHub. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://github.com/heartcombo/devise>>
- [108] Raspberry Pi Foundation. (2020). Raspberry Pi 4: your tiny, dual-display, desktop computer. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>>
- [109] Lumeo. (2019). What is Chroma Key?. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.lumeo.com.au/blog/chroma-key>>
- [110] Adobe Systems. (2019). Adobe After Effects: VFX y gráficos animados. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.adobe.com/la/products/aftereffects.html>>
- [111] Arrech, M.; Di Giacomo Noack, L. (2022). Bienvenidos al Proyecto Thera. YouTube. Recuperado el 10 de mayo de 2022. De la web: <<https://www.youtube.com/channel/UCgPiZ5YYVhSqn5M1luAZliQ>>
- [112] MDN Web Docs. (2020). HTML attribute: capture. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Attributes/capture>>
- [113] Nielsen, Jakob. (2000). Why You Only Need to Test with 5 Users. Nielsen Norman Group. Recuperado el 16 de mayo de 2021. De la web: <<https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>>

Anexo I



Proyecto Thera - Validación

¡Bienvenidos al proyecto Thera! Muchas gracias por participar de esta etapa de validación. Te proponemos realizar cinco tareas guiadas y que respondas algunas preguntas sobre tu experiencia para ayudarnos a mejorar la aplicación. Entre todas las tareas vas a demorar aproximadamente 20 minutos. Para completar el cuestionario es necesario que cuentes con un teléfono o tablet con Android, y que instales nuestra aplicación del siguiente enlace: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tesis>

En primer lugar, vamos a pedirte que completes un breve encuesta demográfica. No es necesario que completes tu nombre o tu género, pero sí nos interesa conocer tu grupo etario. Luego, en las siguientes secciones, vas a encontrar la descripción y las preguntas de cada una de las tareas.

IMPORTANTE: toda la info que envíes es CONFIDENCIAL, es decir, no va a salir publicada en ningún lado sino que la vamos usar para construir estadísticas. Una vez finalizada la validación, todos los datos van a ser eliminados de manera segura.

¿Están listos? ¡Comencemos!

¿Cuál es tu nombre?

Tu respuesta _____

¿Con qué género te identificás?

Masculino

Femenino

Prefiero no decirlo

Otros: _____

¿Cuántos años tenés? *

Entre 13 y 17 años.

Entre 18 y 25 años.

Entre 26 y 40 años.

Más de 40 años.

¿Desde qué dispositivo vas a realizar estas tareas? *

Teléfono / Smartphone

Tablet

Tarea #1 - Registro de usuario e inicio de sesión

Una vez descargada la aplicación de proyecto Thera desde Google Play Store desde el siguiente enlace (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.thesis>), te invitamos a iniciarla.

Para acceder al laboratorio del profesor Theralov necesitamos tener un usuario registrado. Esto podemos hacerlo desde el botón "Creá tu cuenta" en la parte inferior de la pantalla de inicio. Completá el formulario y envíalo para registrar tu usuario. Vas a recibir un correo electrónico de confirmación en la casilla informada.

Luego, te invitamos a iniciar sesión con tus nuevas credenciales (correo electrónico y contraseña). ¡Listo! Ahora, a responder las preguntas...

¿Pudiste registrar tu usuario? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al registrar tu usuario? *

- | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Muy Fácil | <input type="radio"/> | Muy Difícil |

¿Lograste iniciar sesión? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al iniciar sesión? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

Antes de avanzar a la siguiente sección te invitamos a ENVIAR un correo electrónico a proyectora@gmail.com con el asunto NECESITO SUPERVISOR. De esta forma, vamos a asignarte un supervisor para que cree las rutinas necesarias para la Tarea #4 del cuestionario. ¿Ya enviaste el correo con el mensaje NECESITO SUPERVISOR? *

- Sí
- No

Por último, te dejamos este espacio para que nos envíes cualquier comentario respecto a la Tarea #1.

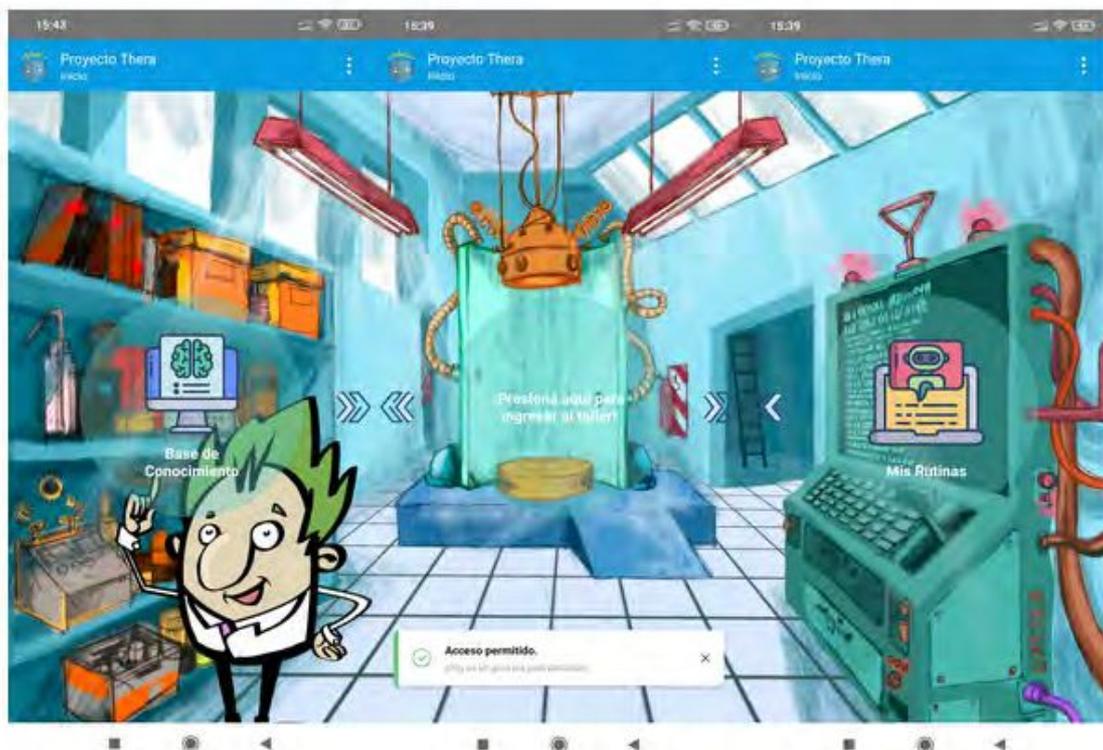
Tu respuesta

Tarea #2 - Recorrido del laboratorio y Configuración

¡Ya estamos dentro del laboratorio del profesor Theralov! ¿Qué te parece? El laboratorio cuenta con tres secciones. En el panel central vemos la base donde se construye el androide Thera. En el panel de la izquierda podemos acceder a la Base de Conocimientos (¡no te adelantes! es la tarea #3), y en el panel de la derecha está la computadora con las rutinas. Ahora vamos a acceder a la Configuración, para que nuestro dispositivo esté a punto. Observá que en la esquina superior derecha se ubica un ícono con tres puntos verticales. Presioná para que se despliegue un menú, y presioná sobre la opción Configuración. Desde esta pantalla vamos a poder configurar tu Micrófono y tu Cámara Frontal en caso que los ejercicios de Soplido o de Gestos no funcionen bien. En la mayoría de los dispositivos NO será necesario que cambies nada. Debajo de estas configuraciones vas a encontrar el botón "Agregar Recordatorio". Presionalo y configurará el recordatorio en el horario que más te convenga. Luego, respondé las preguntas.

Psst!, ayudín: te dejamos una captura del laboratorio del profesor Theralov para que puedas guiarte.

Laboratorio del profesor Theralov



¿Lograste recorrer el laboratorio? *

Sí

No

¿Qué te pareció el laboratorio? Esta pregunta no es obligatoria, pero nos ayudaría mucho conocer tu impresión.

Tu respuesta

¿Encontraste la opción de Configuración? *

Sí

No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Qué tan difícil fue encontrar la Configuración? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Pudiste configurar el recordatorio? *

Sí

No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Qué tan difícil te resultó configurar el recordatorio? *

Muy Fácil 1 2 3 4 5 Muy Difícil

Por último, te dejamos este espacio para que nos cuentes lo que quieras sobre la Tarea #2.

Tu respuesta

Tarea #3 - Base de Conocimientos y Ejercicios

Mientras esperamos que se asigne un supervisor a tu usuario (si no lo pediste, ¡volvé a la Tarea #1!), vamos a revisar la biblioteca del profesor Theralov. En el panel de la izquierda podemos acceder a la Base de Conocimiento. Podés acceder presionando el gran botón redondo que dice "Base de Conocimiento". Dentro vas a encontrar un listado de Ejercicios, que son los que debemos practicar para enseñar al androide Thera. Presionando el botón "Iniciar" a la derecha de cada ejercicio podemos iniciarlo y practicarlo. Te invitamos a probar tres ejercicios de tu elección y realizarlos. En caso que el ejercicio no funcione o no quieras realizarlo, podés presionar el botón "Omitir". Luego, respondé el siguiente cuestionario.

IMPORTANTE: si algún ejercicio no te funciona, te sugerimos que cambies las opciones de Configuración que vimos en la Tarea #2. Por ejemplo, si no te funcionan los que usan la cámara frontal, cambiá la resolución. Si no te funcionan los de soplado, cambiá la configuración del micrófono.

¿Lograste encontrar la Base de Conocimientos? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Qué tan difícil te resultó encontrar la Base de Conocimientos? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Pudiste iniciar los ejercicios? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad de iniciar los ejercicios? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

De los tres ejercicios realizados, ¿cuántos pudiste completar? *

	0	1	2	3	
Ninguno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Todos

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Qué tan difíciles te resultaron los ejercicios? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

Te dejamos este espacio para que nos cuentes lo que quieras sobre la Tarea #3. Por ejemplo, si algún ejercicio no te funcionó (soplaste y el globo no se infló), lo podés contar acá.

Tu respuesta

Tarea #4 - Mis Rutinas

Ahora vamos a conocer las Rutinas que nos asignó nuestro Supervisor. Para eso, vamos a ir al panel de la derecha que cuenta con todas nuestras rutinas y presionamos sobre la computadora donde dice "Mis Rutinas". Si las rutinas aún no fueron cargadas, presioná el botón "Actualizar". Tené en cuenta que la carga de rutinas se hace manualmente, así que puede demorar. Una vez que cargue el listado de rutinas, presioná el botón "Iniciar" para comenzar con los ejercicios. Luego de completar tus rutinas, respondé las siguientes preguntas.

¿Lograste encontrar el listado de Mis Rutinas? *

Sí

No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al buscar Mis Rutinas? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Pudiste iniciar tus rutinas asignadas? (recordá, ¡tené paciencia a que te asignemos un supervisor!) *

Sí

No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Qué tan difícil te resultó realizar tus rutinas? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Bien y 5 Muy Mal. ¿Cómo funcionaron los ejercicios de las rutinas? *

	1	2	3	4	5	
Muy Bien	<input type="radio"/>	Muy Mal				

Una vez completadas las rutinas, la aplicación te asigna créditos por cada ejercicio realizado. ¿Te resulta intrigante saber qué podés hacer con esos créditos? *

- Sí
- No

Si llegaste hasta acá, te invitamos a presionar el botón Enviar Video y enviarnos * un breve video con un saludo. ¿Lograste enviar el video? IMPORTANTE: el video no lo va a ver nadie y no va a salir publicado en ningún sitio ni documento.

- Sí
- No
- No, no quiero enviar el video.
- No, no funcionó.

Si enviaste el video, en una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Qué tan difícil te resultó hacerlo?

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

Por último (y para no perder la costumbre), te dejamos este espacio para que nos cuentes lo que tengas ganas sobre la Tarea #4.

Tu respuesta

Tarea #5 - ¿Y si armamos un androide?

¡Muy bien! Llegamos a la última tarea. Con los créditos que obtuvimos en la Tarea #5 podemos canjear piezas para construir una unidad del androide Thera. Cada androide se construye con ocho piezas, y podemos obtenerlas desde el panel central de la aplicación, haciendo clic en la base sobre la que el profesor Theralov está trabajando. Presioná el botón redondo para "Ingresar al taller". En la pantalla vas a ver un panel de estado con la cantidad de créditos, el estado de tu androide y la cantidad de androides completados. Debajo está el listado de partes necesarias para completar el androide. Ahora, respondé las siguientes preguntas.

¿Lograste encontrar el Taller? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Qué tan difícil te resultó encontrar el Taller? *

- Muy Fácil 1 2 3 4 5 Muy Difícil
-

¿Pudiste canjear alguna parte del androide? (si no tenés créditos suficientes, realizá de nuevo tus rutinas) *

- Sí
- No
- No, no me alcanzan los créditos.

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad de canjear las piezas? *

- 1 2 3 4 5
-

¿Te resulta motivador pensar en conseguir todas las piezas del androide? *

- Sí
- No

¿Podrías explicarnos tu respuesta anterior? Por ejemplo, si no te resultó motivador, ¿qué deberíamos incorporar para que te motive? *

Tu respuesta

¡Llegamos al final! Muchas gracias por participar de esta actividad. Sabemos que lleva tiempo, y estamos muy contentos por tu aporte. Para cerrar esta tarea, te dejamos este espacio para que nos cuentes lo que quieras sobre la Tarea #5 o sobre la aplicación en general. ¡Hasta la próxima!

Tu respuesta

Anexo II

Proyecto Thera - Validación Web App

¡Bienvenidos al proyecto Thera! Muchas gracias por participar de esta etapa de validación. Te proponemos realizar tres tareas guiadas y que respondas algunas preguntas sobre tu experiencia para ayudarnos a mejorar la aplicación. Entre todas las tareas vas a demorar aproximadamente 20 minutos. Para completar el cuestionario es necesario que cuentes con una computadora con navegador web y conexión a Internet, y que ingreses a <https://app.proyectothera.com.ar>

Para realizar estas tareas vas a contar con la asistencia de tu Ayudante, quien te va a proporcionar la información requerida para avanzar con las mismas cuando te indiquemos PREGUNTA A TU AYUDANTE.

¿Están listos? ¡Comencemos!

Antes de comenzar, necesitamos que nos envíes un correo electrónico a proyectothera@gmail.com con el asunto QUIERO SER SUPERVISOR. ¿Ya nos enviaste el correo electrónico?

- Sí
- No

¿Cuántos años tenés? *

- Entre 18 y 25 años
- Entre 26 y 40 años
- Más de 40 años

¿Desde qué dispositivo vas a realizar estas tareas? *

- Computadora / Notebook / Netbook
- Teléfono / Smartphone
- Tablet

Pacientes

Una vez que ingreses a la aplicación web desde tu navegador accediendo a <https://app.proyectohera.com.ar> vas a poder experimentar el proyecto Thera desde el rol de Supervisor. La información de esta aplicación es confidencial, por eso es necesario que te identifiques con el mismo usuario y clave registrado al probar la aplicación móvil. Una vez que ingreses a la aplicación vas a ver dos módulos: Pacientes y Ejercicios. Ingresá al módulo de Pacientes haciendo clic en el menú de navegación ubicado a la izquierda de la pantalla y PREGUNTA A TU AYUDANTE cuál es el usuario que debés supervisar. Buscalo en el listado y asignalo bajo tu supervisión. Una vez asignado, visitá su ficha y respondé las siguientes preguntas.

¿Pudiste iniciar sesión? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al iniciar sesión? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Pudiste ingresar al módulo de Pacientes? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al ingresar al módulo de Pacientes? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Pudiste encontrar y asignar a tu paciente? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al buscar y asignar a tu paciente? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Pudiste ingresar a la ficha de tu paciente? *

Sí

No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al ingresar a la ficha de tu paciente? *

Muy Fácil 1 2 3 4 5 Muy Difícil

En este espacio podés dejar tus comentarios respecto a tu experiencia con la Tarea #1.

Tu respuesta

Rutinas

Dentro de la ficha de cada paciente bajo nuestra supervisión contamos con varias pestañas para guardar y consultar información respecto a la persona y su actividad, y además programar las rutinas que debe realizar. Desde la pestaña Rutinas Activas vas a Archivar la rutina activa actualmente y luego crear una nueva. PREGUNTA A TU AYUDANTE cuáles son los ejercicios que debés asignar a la rutina.

¿Lograste encontrar la pestaña de Rutinas Activas? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al buscar la pestaña de Rutinas Activas? *

- | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Muy Fácil | <input type="radio"/> | Muy Difícil |

¿Pudiste archivar la rutina actualmente activa? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al archivar la rutina activa? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Lograste crear una nueva rutina? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al crear una nueva rutina? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

En este espacio podés dejar tus comentarios respecto a tu experiencia con la Tarea #2.

Tu respuesta

Ejercicios

El proyecto Thera permite agregar nuevos ejercicios para expandir la Base de Conocimientos utilizando los sensores preconfigurados. Vamos a crear un nuevo ejercicio y asignarlo a la rutina activa de nuestro paciente. Ingresá al módulo de Ejercicios y crea un nuevo ejercicio. PREGUNTA A TU AYUDANTE cuáles son los parámetros para configurarlo. Una vez creado el ejercicio, vamos a asignarlo a una nueva rutina de tu paciente.

¿Lograste ingresar al módulo de Ejercicios? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al ingresar al módulo de Ejercicios? *

- | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Muy Fácil | <input type="radio"/> | Muy Difícil |

¿Pudiste crear un nuevo ejercicio? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al crear un nuevo ejercicio?

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

¿Lograste crear una nueva rutina con el nuevo ejercicio para tu paciente? *

- Sí
- No

En una escala del 1 al 5 donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy Difícil. ¿Cuál fue la dificultad que experimentaste al crear una nueva rutina con el nuevo ejercicio? *

	1	2	3	4	5	
Muy Fácil	<input type="radio"/>	Muy Difícil				

En este espacio podés dejar tus comentarios respecto a tu experiencia con la Tarea #3 y sobre todas las actividades en general.

Tu respuesta
