



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

ASISTENTE DE ENTRENAMIENTO PERSONALIZADO MEDIANTE APLICACIÓN MÓVIL Y WEB, CON GENERACIÓN DE RUTINAS ADAPTATIVAS BASADAS EN EL HISTORIAL MÉDICO, NIVEL USUARIO, Y CORRECCIÓN POSTURAL EN TIEMPO REAL INTEGRANDO VISIÓN POR COMPUTADORA.

AUTOR

CUSME RAMÍREZ CARLOS VÍCTOR

PROYECTO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del grado académico en
INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

TUTOR

ING. MARJORIE CORONEL S. MGTI.

La Libertad, Ecuador

Año 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. José Sánchez Aquino. Mgt.
DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Marjorie Coronel Suárez. Mgt.
TUTOR

Ing. Walter Orozco Iguasnia. Mgt.
DOCENTE ESPECIALISTA

Ing. Marjorie Coronel Suárez. Mgti.
DOCENTE GUÍA UIC



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por **CUSME RAMÍREZ CARLOS VÍCTOR**, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Tecnologías de la Información.

La Libertad, a los 17 días del mes de Noviembre del año 2025

TUTOR



Ing. Marjorie Coronel S. Mgti.



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Cusme Ramírez Carlos Víctor

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, **Asistente de entrenamiento personalizado mediante aplicación móvil y web, con generación de rutinas adaptativas basadas en el historial médico, nivel usuario, y corrección postural en tiempo real integrando visión por computadora.** previo a la obtención del título en Ingeniero en Tecnologías de la Información, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 17 días del mes de Noviembre del año 2025

EL AUTOR

Cusme Ramírez Carlos Víctor



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Asistente de entrenamiento personalizado mediante aplicación móvil y web, con generación de rutinas adaptativas basadas en el historial médico, nivel usuario, y corrección postural en tiempo real integrando visión por computadora, presentado por el estudiante, **Cusme Ramírez Carlos Víctor** fue enviado al Sistema Anti-plagio, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 6%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

**INFORME DE ANÁLISIS**
magister

Carlos Cusme Ramirez

6%
Textos sospechosos

2% Similitudes
 < 1 % similitudes entre comillas
 < 1 % entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos
2% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Carlos Cusme Ramirez.docx
ID del documento: 46274ec3ecda138abc858a1e03feaba57f7132c7
Tamaño del documento original: 10,96 MB

Depositante: MARJORIE ALEXANDRA CORONEL SUAREZ
Fecha de depósito: 17/11/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 17/11/2025

Número de palabras: 22.280
Número de caracteres: 161.384

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**MARJORIE ALEXANDRA
CORONEL SUAREZ**

Validar únicamente con FirmaDC

Ing. Marjorie Coronel S. Mgti.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Cusme Ramírez Carlos Víctor

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales del presente trabajo de titulación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 17 días del mes de Noviembre del año 2025

EL AUTOR

Cusme Ramírez Carlos Víctor

AGRADECIMIENTO

*Agradeciendo a **Dios**, por darme la fortaleza, el empeño y las ganas de alcanzar esta meta. Sin Su guía y bendición, nada de esto habría sido posible.*

*A mi **familia y amigos**, por su apoyo incondicional, por acompañarme en cada etapa de este proceso y motivarme a seguir adelante cuando más lo necesitaba.*

*A la **Universidad Estatal Península de Santa Elena**, por formarme con valores, conocimiento y dedicación, guiándome hasta convertirme en un profesional.*

*A mi tutora, **Ing. Marjorie Coronel S., Mgti.**, por su excelente manera de enseñar, por su paciencia y orientación constante. Gracias por su guía, su ayuda fue fundamental para culminar con éxito este proyecto.*

Y finalmente, a Don Cruz & Petita Pozo y Familia, Gracias por su generosidad y cariño al cuidar de mi hija mientras me dedicaba a cumplir este objetivo. Su ayuda fue esencial para hacer posible este logro.

Carlos Víctor, Cusme Ramírez

DEDICATORIA

*Dedico este trabajo con todo cariño y amor a **mi hija, Alaia Victoria Cusme Ventura**, mi mayor inspiración y razón de cada esfuerzo. Aunque aún eres muy pequeña, este logro también es tuyo, amor mío; cada sacrificio y hora lejos de ti tuvo sentido.*

*A **mi madre, María del Pilar Ramírez**, por su paciencia infinita, sus consejos y el apoyo incondicional que siempre me ha brindado. Gracias por ser mi ejemplo de amor y fortaleza.*
*A **mi padre, Víctor Cusme Gonzabay**, por sus sabias palabras, su constante motivación para que estudiara y su apoyo incondicional en todo momento. Gracias por creer en mí y acompañarme en cada paso de este camino.*
*Y a **mi compañera de vida, Joselyn Ventura**, por ser mi apoyo constante, por su amor incondicional y por acompañarme en cada paso de este camino. Gracias por motivarme, por tu comprensión infinita y por cuidar con tanto amor de nuestra hija mientras yo perseguía este sueño que estamos logrando juntos.*
Eres mi mayor apoyo, y la persona que más ha creído en mí en esta etapa tan importante de mi vida. Este trabajo refleja no solo mi esfuerzo, sino también el amor, la dedicación y el sacrificio de cada uno de ustedes.

Carlos Víctor, Cusme Ramírez

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICACIÓN	III
DECLARO QUE:	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO	V
AUTORIZACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVIII
RESUMEN	XXII
ABSTRACT	XXIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACION	2
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	9
1.4 JUSTIFICACIÓN	10
1.5 ALCANCE DEL PROYECTO	12
1.6 METODOLOGÍA DEL PROYECTO	14
1.6.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.6.1.1 Diseño y alcance de la investigación	15

1.6.1.2 Tipo y métodos de investigación	15
1.6.1.3 Población y muestra	16
1.6.2 IDEA A DEFENDER	17
1.6.3 ANÁLISIS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	18
1.6.3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	18
1.7 METODOLOGÍA DE DESARROLLO	20
1.7.1 Incremento 1 – Backend, Autenticación e Historial de usuario	20
1.7.2 Incremento 2 – Rutinas Adaptativas y Algoritmo de Personalización	20
1.7.3 Incremento 3 – Visión por Computadora en Móvil	21
1.7.4 Incremento 4 – Dashboard móvil y Sistema de Alertas Inteligentes	21
1.7.5 Incremento 5 – Plataforma Web de Supervisión y Analytics	21
CAPÍTULO 2. PROPUESTA	23
2.1 MARCO CONTEXTUAL	23
2.1.1. Contexto del Gimnasio GYMSHARK	23
2.1.1.1. Características del Establecimiento	23
2.1.1.2. Horarios de Operación y Flujo de Usuarios	23
2.1.1.3. Personal Técnico y Limitaciones Operativas	24
2.1.2. Población Objetivo y Necesidades Identificadas	24
2.1.2.1. Perfil de Usuarios Principiantes	24
2.1.2.2. Problemática de Supervisión Técnica	24
2.1.2.3. Oportunidad de Intervención Tecnológica	25
2.1.3. Base Legal	25
2.1.3.1. Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP)	25

2.1.3.2. Constitución de la República del Ecuador - Derechos Digitales	25
2.1.3.3. Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT)	26
2.1.3.4. Reglamento general de protección de datos.	26
2.1.4. Contexto Tecnológico y de Conectividad	26
2.1.4.1. Infraestructura Digital en Santa Elena	26
2.1.4.2. Penetración de Dispositivos Móviles	27
2.2 MARCO CONCEPTUAL	27
2.2.1 Visión por Computadora	27
2.2.2 Media Pipe Pose	27
2.2.3 Edge AI	27
2.2.4 Cloud Firestore (Firebase)	28
2.2.5 Ionic Framework	28
2.2.6 Detección de postura	29
2.2.7 Retroalimentación inmediata	29
2.2.8 Constancia en la actividad física	29
2.3 MARCO TEÓRICO	30
2.3.1 Corrección postural automática mediante visión por computadora	31
2.3.2 Intervenciones digitales y la continuidad en el ejercicio.	31
2.3.3 Apoyo tecnológico para mantener la práctica física	31
2.2 REQUERIMIENTOS	32
2.2.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	32
2.2.2 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	40
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	41

2.3 Componente de la Propuesta	42
2.3.1 Arquitectura del Sistema	42
2.3.2 Diagrama de casos de usos	43
2.3.3. Modelados de Datos	54
2.3.4 Integración con API OpenAI GPT-4	63
2.4. Diseño de Interfaces	68
2.4.1 Diseño de Interfaz Móvil (FitNova App)	68
2.4.2 Pantalla de Autenticación Firebase – Inicio de sesión	68
2.4.3 Dashboard Principal (Tab1) - Centro de Métricas	69
2.4.4 Modulo de Resumen de entrenamiento por usuario	70
2.4.5 Modulo completo de historial del usuario	71
2.4.6 Interfaz de Detección Postural en Tiempo Real	73
2.4.7 Rutinas Asignadas (Tab3) - Gestión de Entrenamiento	73
2.4.8 Sistema de Alertas Posturales Inteligentes	76
2.4.9 Estados de preparación y configuración	78
2.4.10 Diseño de la interfaz Web	79
2.4.11 Interfaz de inicio de sesión web	80
2.4.12 Interfaz de registro de administrador	80
2.4.13 Interfaz de registro de entrenador	81
2.4.14 interfaz de recuperación de contraseña	82
2.4.15 Interfaz Principal – Dashboard (Entrenador / Administrador)	83
2.4.16 Interfaz de resumen de entrenamiento por usuario	84
2.4.17 Interfaz de gestión de usuarios (Entrenador - Administrador)	85

2.4.18 Interfaz de Validación de Rutinas IA	87
2.4.19 Interfaz de Administración de perfiles, asignación de entrenadores y alertas críticas	88
2.4.20 Interfaz de Gestión de Equipamiento.	90
2.4.21 Interfaz de Gestión de Membresías	91
2.4.22 Interfaz de Configuración del Sistema	91
2.5. Pruebas	92
2.5.1 Casos de Prueba para FitNova - Sistema de Entrenamiento Personalizado	92
2.6. RESULTADOS	107
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS	114
ANEXOS	128
Anexo 1: Manual De Usuario Aplicación Móvil	128
Anexo 2: Manual De Usuario De La Plataforma Web	136
Anexo 3: Lista De Verificación De Errores Posturales	147
Anexo 4: Registro Automático Del Sistema	148
Anexo 5: Formulario De Perfil De Usuario Para Escenarios De Prueba	150
Anexo 6: Protocolo De Pruebas Controladas	152
Anexo 7: Caracterización De La Muestra	156
Anexo 8: Ejemplo De Detección De Errores Posturales	157
Anexo 10: Cloud Functions Implementadas	160
Anexo 11: Firebase Storage y Reglas de Seguridad Implementadas	161
Anexo 12: Listeners Implementados	162

Anexo 13: Implementación de la Conexión API	163
Anexo 14: Estructura de Petición y Respuesta	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables	18
Tabla 2: Requerimientos Funcionales: Elaboración Propia.	40
Tabla 3: Requerimientos No Funcionales: Elaboración Propia.	42
Tabla 4: Casos de uso descripción de usuario/cliente (Aplicación Móvil)	44
Tabla 5: Casos de uso descripción de Gestión de perfil médico e historial.	45
Tabla 6: Casos de uso ejecución de rutina con detección de errores	46
Tabla 7: Casos de uso visualización de progreso y errores	47
Tabla 8: Casos de uso comunicación y notificaciones críticas	48
Tabla 9: Casos de uso supervisión en tiempo real y alertas críticas	49
Tabla 10: Casos de uso administrar usuarios del sistema	50
Tabla 11: Casos de uso Dashboard ejecutivo y métricas globales	51
Tabla 12: Casos de uso validación de Membresía	52
Tabla 13: Casos de uso gestión de Membresías	53
Tabla 14: Casos de uso gestión de Equipamiento del Gimnasio	54
Tabla 15: Colección Principal: users	57
Tabla 16: Colección de Entrenamiento: workoutSessions	58
Tabla 17: Colección de Alertas: criticalAlerts	59
Tabla 18: Colección de Ejercicios: exercises	59
Tabla 19: Colección de Métricas: userStats	60
Tabla 20: Arquitectura de sub-colección:	61
Tabla 21: Métricas de Rendimiento API GPT-4	67
Tabla 22: Medidas de Seguridad Implementadas	68

Tabla 23: Prueba No.01 - Autenticación de usuario	93
Tabla 24: Prueba No.02 - Registro de historial médico y perfil de usuario	94
Tabla 25: Prueba No.03 - Generación de rutinas adaptativas con GPT-4	95
Tabla 26: Prueba No.04 - Validación de rutinas por entrenadores (Web)	97
Tabla 27: Prueba No.05 - Detección postural en tiempo real con MediaPipe Pose	98
Tabla 28: Prueba No.06 - Gestión de alertas críticas en Dashboard web	100
Tabla 29: Prueba No.07 - Creación de usuarios desde plataforma web	101
Tabla 30: Prueba No.08 - Dashboard métricas y estadísticas (Móvil)	103
Tabla 31: Prueba No.09 - Recuperación de contraseña con verificación por código	104
Tabla 32: Prueba No.10 - Sincronización en tiempo real entre móvil y web	106
Tabla 33: Prueba No.11 - Sistema de roles y permisos	107
Tabla 34: Resultados - Solución FitNova	109
Tabla 35: Resultados Medición - Reducción de Errores Posturales	109
Tabla 36: Registro de evaluación de sesión de entrenamiento	147
Tabla 37: Errores detectados por el sistema - sentadilla	147
Tabla 38: Validación técnica del sistema	148
Tabla 39: Registro Automático Del Sistema	149
Tabla 40: Identificación del escenario	150
Tabla 41: Datos simulados del perfil	151
Tabla 42: Condiciones físicas simuladas	151
Tabla 43: Objetivo del escenario de prueba	151
Tabla 44: Ejercicios a evaluar	152

Tabla 45: Información general de la prueba	152
Tabla 46: Fase 1: configuración del dispositivo	153
Tabla 47: Fase 2: configuración de la aplicación	153
Tabla 48: Fase 3: ejecución - primera sesión	154
Tabla 49: Métricas - Primera sesión	154
Tabla 50: Fase 5: intervención y análisis	154
Tabla 51: Métricas - Segunda sesión	155
Tabla 52: Fase 7: análisis comparativo	155
Tabla 53: Evaluación general del sistema	156
Tabla 54: Caracterización De La Muestra	157
Tabla 55: Ejemplo De Detección De Errores Posturales	158
Tabla 56: Resumen Comparativo	159

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo Incremental - FitNova	22
Figura 2: Ubicación del Gimnasio GYM SHARK	23
Figura 3: Arquitectura del sistema	43
Figura 4: Casos de uso usuario/cliente	43
Figura 5: Casos de uso gestión de perfil completo	44
Figura 6: Casos de uso ejecución de rutina con detección de errores críticos.	45
Figura 7: Casos de uso visualización de progreso y errores	46
Figura 8: Casos de uso notificaciones y alertas críticas	47
Figura 9: Casos de uso supervisión en tiempo real y alertas críticas	48
Figura 10: Casos de uso administrar usuarios del sistema	49
Figura 11: Casos de uso Dashboard ejecutivo y métricas globales	50
Figura 12: Casos de uso validación de Membresía	51
Figura 13: Casos de uso gestión de Membresía	52
Figura 14: Casos de uso gestión de Equipamiento del Gimnasio	53
Figura 15: Flujo Real de Base de Datos – FitNova	55
Figura 16: Firebase - Base de Datos	56
Figura 17: Arquitectura de Integración - API GPT-4	64
Figura 18: Logs de Generación	65
Figura 19: Uso OpenAI Plataforma	66
Figura 20: Pantalla de Inicio de Sesión móvil	69
Figura 21: Dashboard y Estadísticas por ejercicio	69
Figura 22: Modulo de Resumen de entrenamiento por usuario (parte 1)	70

Figura 23: Modulo de Resumen de entrenamiento por usuario (parte 2)	70
Figura 24: Módulo completo del historial de usuario	72
Figura 25: Selección del ejercicio y Vista de los 33 puntos claves de Media Pipe	73
Figura 26: Generación de Rutina y En espera de aprobación	74
Figura 27: Rutina aprobada por el entrenador y Visualización de rutina generada por API GPT	75
Figura 28: Alerta visual inmediata: verde (técnica correcta), amarillo (precaución menor)	76
Figura 29: Alerta visual inmediata: rojo (error critico)	77
Figura 30: Estados de preparación: validando posición correcta para iniciar entrenamiento	78
Figura 31: Estados de preparación: Posición correcta - listo para empezar	79
Figura 32: Interfaz de inicio de sesión web	80
Figura 33: Interfaz de registro de administrador	81
Figura 34: Interfaz de registro de entrenador	81
Figura 35: Interfaz de recuperación de contraseña y verificación de código	82
Figura 36: Interfaz de restablecer contraseña	82
Figura 37: Interfaz principal – Dashboard Entrenador	83
Figura 38: Interfaz principal – Dashboard Administrador	83
Figura 39: Interfaz principal por usuario - progreso semanal	84
Figura 40: Interfaz principal por usuario - Historial de errores semanales	84
Figura 41: Interfaz principal por usuario - Progreso Detallado por Ejercicio	84
Figura 42: Interfaz de gestión de usuarios - Administrador	86
Figura 43: Interfaz de gestión de usuarios - Entrenador	86

Figura 44: Interfaz de validación de rutinas IA - Vista de la rutina asignada	87
Figura 45: Interfaz de alertas críticas	88
Figura 46: Interfaz Administración completa de perfil y asignación de entrenadores	88
Figura 47: Visualización de capturas automáticas - Error Crítico 1	89
Figura 48: Visualización de capturas automáticas - Error Crítico 2	90
Figura 49: Interfaz de gestión de equipamiento	90
Figura 50: Interfaz de gestión de membresías	91
Figura 51: Interfaz de configuración del sistema	91
Figura 52: APK app-debug.apk	128
Figura 53: Instalación de aplicación	128
Figura 54: Proceso de verificación y autenticación	129
Figura 55: Generación de rutina y espera de aprobación	130
Figura 56: Vista de la rutina, selección de ejercicio e inicio del análisis postural en tiempo real.	131
Figura 57: Detección de puntos de referencia y validación de postura previa al inicio del entrenamiento.	132
Figura 58: Clasificación de posturas según nivel de corrección y seguridad durante la detección postural.	133
Figura 59: Comparativa de rendimiento entre la primera y segunda sesión de entrenamiento.	134
Figura 60: Dashboard general y progreso detallado entrenamiento en FitNova	135
Figura 61: Registro inicial del administrador en la plataforma web	136
Figura 62: Formulario de registro de administrador en la plataforma web	136
Figura 63: Alerta de verificación de correo	137

Figura 64: Ingreso del código de verificación en la plataforma web.	137
Figura 65: Alerta: Cuenta de Administrador Verificada	137
Figura 66: Inicio de sesión con cuenta verificada en la plataforma web	138
Figura 67: Acceso al panel principal del administrador en la plataforma web.	138
Figura 68: Panel de navegación principal del administrador en FitNova Web	139
Figura 69: Creación de un nuevo entrenador desde el panel de usuarios	140
Figura 70: Registro de entrenador en la plataforma web	141
Figura 71: Verificación de cuenta del entrenador mediante código enviado por correo	142
Figura 72: Acceso del entrenador al sistema tras la verificación de cuenta	142
Figura 73: Panel de navegación principal del entrenador en FitNova Web	143
Figura 74: Registro de nuevos usuarios por parte del administrador o entrenador	144
Figura 75: Registro de usuario en la plataforma web	145
Figura 76: Asignación de membresía al usuario registrado	145
Figura 77: Verificación de membresía asignada al usuario.	146
Figura 78: Confirmación de acceso del usuario a la aplicación móvil	146

RESUMEN

Este proyecto desarrolla FitNova, un asistente de entrenamiento personalizado que integra inteligencia artificial y visión por computadora para reducir los errores posturales en usuarios principiantes de gimnasio mediante detección automatizada y retroalimentación inmediata. El objetivo es crear una aplicación móvil y web que genere rutinas adaptativas mediante API GPT y detecte errores posturales en tiempo real usando Media Pipe Pose. La metodología adopta un enfoque técnico-descriptivo con desarrollo incremental, implementando cinco fases progresivas: autenticación, historial de usuario, rutinas adaptativas, detección postural y analytics. Las pruebas se realizarán en ambiente controlado (GYMSHARK, Santa Elena) mediante registros simulados y observación estructurada. Los resultados esperados incluyen la validación del funcionamiento técnico del sistema de detección de 33 puntos corporales, clasificación de errores por severidad y retroalimentación personalizada. Se concluye que FitNova representa una solución tecnológica viable para democratizar el acceso a supervisión técnica especializada, contribuyendo a reducir lesiones por errores posturales y mejorar la experiencia de entrenamiento en usuarios principiantes.

Palabras claves: inteligencia artificial, visión computadora, entrenamiento personalizado

ABSTRACT

This project develops FitNova, a personalized training assistant that integrates artificial intelligence and computer vision to reduce postural errors in beginner gym users through automated detection and immediate feedback. The goal is to create a mobile and web application that generates adaptive routines using GPT API and detects postural errors in real time using Media Pipe Pose. The methodology adopts a technical-descriptive approach with incremental development, implementing five progressive phases: authentication, user history, adaptive routines, posture detection, and analytics. Testing will be conducted in a controlled environment (GYMSHARK, Santa Elena) using simulated records and structured observation. Expected results include validation of the technical functioning of the 33-point body detection system, classification of errors by severity, and personalized feedback. It is concluded that FitNova represents a viable technological solution for democratizing access to specialized technical supervision, contributing to reducing injuries due to postural errors and improving the training experience for beginner users.

Keywords: artificial intelligence, computer vision, personalized training

INTRODUCCIÓN

El interés por mantener una salud física y mental ha llevado a un aumento considerable en la asistencia a gimnasios. Sin embargo, este fenómeno se ve acompañado por una problemática recurrente: el abandono temprano de usuarios principiantes y la alta incidencia de lesiones derivadas de la ejecución incorrecta de ejercicios. Según estudios especializados, hasta el 20% de los principiantes abandonan su entrenamiento en los primeros tres meses, mientras que el 67% de las lesiones en gimnasios son resultado de

Muchos usuarios novatos cuando inician a entrenar no tenemos esa ayuda personalizada. La mayoría de los entrenadores que se encuentran en los gimnasios no se abastecen para ayudar a cada uno de usuarios especialmente cuando hay mucha gente. En Ecuador, principalmente los adultos mantienen un estilo de vida muy pasiva sin actividad física, esto se debe a que muchos no cuentan con una economía estable para poder acceder a estos entrenadores certificados.

Los avances tecnológicos abren nuevas oportunidades para enfrentar esta problemática, mediante la aplicación de inteligencia artificial y visión por computadora a los entrenamientos físicos en gimnasios. Soluciones como Media Pipe Pose y los modelos de lenguaje natural brindándonos la posibilidad de crear un experiencia más personalizadas con retroalimentación inmediata y rutinas personalizadas.

Así es donde surge FitNova, creando un asistente de entrenamiento combinando a entrenadores experimentados y la inteligencia artificial, este sistema propone una nueva forma entrenar entre la aplicación móvil y aplicación web, como la aplicación móvil tiene integrados algoritmos de visión por computadora para corregir e identificar los errores posturales que presente el usuario mientras está entrenando de forma automática.

El presente proyecto se alinea a la línea de investigación en Desarrollo de Software, específicamente en "Desarrollo de Algoritmos y Visión Artificial". FitNova utiliza Media Pipe Pose para analizar 33 puntos clave del cuerpo humano, clasificando errores posturales por severidad y proporcionando retroalimentación inmediata.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACION

1.1 ANTECEDENTES

El abandono inicial en los gimnasios es un problema significativo: según algunas encuestas periodísticas, hasta el 20% de los principiantes dejan de asistir en los primeros tres meses [1]. Esto se atribuye en gran parte a la falta de orientación personalizada y a la frustración de no ejecutar correctamente los ejercicios, lo que genera inseguridad y desmotivación [2]. Así nos dice un artículo de El País, que los usuarios por temor a que les digan algo o que les hagan burla, no piden la ayuda necesaria y es ahí donde muchos se quedan estancados y no avanzan lo que provoca que lo tomen como un hábito [3].

Muchos gimnasios de bajo costo tienen ese límite al contratar entrenadores lo que provoca que muchos usuarios no tengan la ayuda del entrenador ya que la afluencia de usuario los limita mucho ayudar a todos [4]. Según datos, el 29,7% de los entrenadores personales atiende a más de cinco clientes simultáneamente, mientras que el 13,5% se dedica exclusivamente a un solo cliente [5]

El desconocimiento técnico de los principiantes sobre el uso correcto de máquinas y la ejecución de ejercicios básicos genera una cadena de consecuencias físicas y psicológicas [6]. Por ejemplo, en la observación simulada, el sujeto colocó mal los pies en la máquina de press de piernas, arriesgando su zona lumbar, un error común que deriva en lesiones musculares o articulares [7]. Aquellas lesiones que evitan continuar con el entrenamiento nos hacen ver que el gimnasio puede ser un poco riesgoso, sino tenemos una buena técnica porque muchos usuarios entrenan sin la técnica ni el conocimiento de cómo hacer los ejercicios provocándose ellos mismo lesiones [8].

El miedo y la incomodidad, asociada en el gimnasio más conocido como ‘gymtimidation’ es la que ocasiona que muchos jóvenes se alejen de los lugares de entrenamiento ocasiona que muchos sigan en el sedentarismo [9]. Ya se realizó un estudio por el Planet Fitness donde nos dice que el 59% de los residentes de España no se sienten cómodos estar en un gimnasio, ya sea por su apariencia física, mayormente son las mujeres y los jóvenes [10].

Es muy común que los ejercicios que más provocan lesiones en principiantes son las sentadillas y peso muerto [11]. Sin alguien que nos guíe es fácil cometer errores como espalda curvada, rodillas muy juntas, talones alzados, aumentando la probabilidad de lesionarse [12]. Un estudio realizado en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador analizó la técnica de sentadilla en fisicoculturistas amateurs, encontrando que no cumplían con una ejecución correcta, lo que podría predisponer a lesiones [13].

Las aplicaciones de fitness como Freeletics y Nike Training Club ofrecen rutinas generales que no corrigen posturas en tiempo real. Un estudio de la Universidad de Florida evaluó 30 aplicaciones deportivas gratuitas para iPhone, encontrando que solo una aprobó, mientras que aplicaciones conocidas como Nike+ Training Club obtuvieron puntuaciones bajas, evidenciando su falta de información completa y detallada para los usuarios [14].

Todos tenemos miedo de lesionarnos eso juega un papel importante mientras entrenamos y a muchos le causa ansiedad [15]. Esto se observó en el sujeto analizado: al arquear la espalda durante el press de piernas, su mirada recurrente al entorno reflejaba tensión, un comportamiento típico de quienes priorizan evitar el dolor en lugar de mantener una buena técnica.

Observamos y analizamos a un usuario, donde pudimos notar que ellos para evitar tener una buena técnica para evitar el dolor o la tensión del entrenamiento [15]. Esta mala técnica sumado a que nadie los ayude, hace que el usuario nos asista constantemente al gimnasio, en una entrevista muchos principiantes dicen que prefieren hacer mal los ejercicios, en vez de parecer tontos y no saber que hacer, esto provoca que la ansiedad y la inseguridad los consuman provocando así el abandono [16].

El temor al qué dirán en el gimnasio, actúa como una desmotivación. Observamos a un usuario abandonar una serie de press de banca ya que muchos lo miraban porque no podía con el peso, optando por mancuerna con menor peso para pasar desapercibido, esto es lo que los limita a que progresen [17].

Este comportamiento, descrito por el entrenador como "imitar a otros sin entender",

refleja cómo la presión social convierte el espacio en un ámbito de evaluación constante, no de aprendizaje [18]. La combinación de vergüenza y frustración por no cumplir expectativas (propias o ajenas) consolida la asociación entre gimnasio y fracaso, culminando en el abandono prematuro que define el problema central [19].

A nivel internacional, en la Universidad Politécnica de Cartagena (España), se desarrolló un trabajo de investigación titulado “Aplicación de algoritmos Machine Learning en ejercicios deportivos realizados en series de repeticiones” [20], cuyo objetivo fue implementar un modelo con redes neuronales LSTM para contar repeticiones de ejercicios como dominadas o sentadillas, a partir de datos capturados con sensores inerciales X-BIMU. Se evidenció alta precisión en ejercicios previamente entrenados, pero ciertas limitaciones ante movimientos nuevos o distintos a los utilizados en el entrenamiento [20].

También en la Universidad Politécnica de Cartagena (España), se desarrolló la aplicación móvil “IntelliFit”, enfocada en la ejecución correcta de ejercicios físicos mediante redes neuronales convolucionales (CNN) [21]. Esta app analiza en tiempo real, a través de la cámara del dispositivo, los movimientos del usuario para compararlos con posturas ideales, previniendo así lesiones [22]. El proyecto se basó en un diseño centrado en el usuario y permitió crear rutinas personalizadas, incluyendo funciones como alertas motivacionales y protección de datos personales [22].

En el ámbito nacional, en la Escuela Politécnica Nacional (Ecuador), se llevó a cabo el desarrollo de una aplicación móvil Android que recomienda rutinas personalizadas para los usuarios del gimnasio institucional, utilizando técnicas de aprendizaje de máquina [23]. El sistema toma en cuenta características psicológicas, físicas y medicas de los usuarios, lo que permite una planificación más segura del entrenamiento. Este sistema está validado con datos reales de usuarios y se los comparó con resultados de un especialista, esto comprueba el aporte a uso de muchos espacios deportivos [24].

Estos proyectos nos muestran también como aplicando el aprendizaje automático aplicándolo eficazmente ya sea en el ámbito deportivo, o para corregir posturas y

también generar rutinas personalizadas.

Los avances en esta área permiten crear herramientas tecnológicas que benefician directamente a los usuarios al mejorar su rendimiento y reducir riesgos de lesiones [25].

Como podemos observar, los problemas que enfrentan los principiantes no son casos que solo pasan en gimnasios locales, sino que llega también a nivel internacional [26]. Después de revisar investigaciones desarrolladas en España y Ecuador podemos darnos cuenta de que la tecnología puede ser una muy buena aliada corregir posturas y personalizar rutinas [27]. Aun así, me he dado cuenta de que falta una solución que una todos estos problemas: detección automática, corrección inmediata y supervisión profesional. Es aquí donde nace la posibilidad de desarrollar FitNova, una herramienta que no solo detecte errores posturales en tiempo real, sino que también mantenga esa conexión humana tan importante entre el usuario principiante y su entrenador, creando un ambiente de aprendizaje seguro y motivador [28].

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

“FitNova” propone el desarrollo de un asistente de entrenamiento personalizado, combinando una aplicación móvil y una aplicación web. El sistema está diseñado especialmente para usuarios principiantes, y adapta sus funcionalidades según el historial del usuario y nivel de experiencia de cada usuario [29]. También emplea visión por computadora con Media Pipe Pose para proporcionar retroalimentación en tiempo real sobre la postura y ejecución de ejercicios básicos, utilizando únicamente la cámara estándar de **dispositivos móviles** sin necesidad de sensores adicionales [30].

Media Pipe Pose ya viene pre-entrenado con modelos CNN+LSTM de Google que detectan 33 puntos clave del cuerpo humano en tiempo real. La contribución técnica son los algoritmos biomecánicos personalizados que analizan estos 33 puntos clave para detectar errores posturales específicos como knee valgus, y posiciones que son incorrectas de las articulaciones [31].

Cuando el sistema de visión por computadora detecta una mala postura (por ejemplo

espalda arqueada o rodillas desalineadas), la aplicación muestra una retroalimentación inmediata en la pantalla, permitiendo al usuario corregirla en el momento [32]. Además, la aplicación genera registros automáticos de los errores detectados. El usuario dispone de un panel personal donde puede consultar su progreso, visualizar los errores registrados, las correcciones recibidas y el historial de alertas.

Por su parte, la plataforma web permite a los entrenadores, validar o personalizar rutinas generadas automáticamente, gestionar el catálogo de ejercicios y administrar usuarios [33]. En el sistema participan tres perfiles principales: usuarios de la aplicación móvil (quienes ejecutan sus entrenamientos y reciben retroalimentación en tiempo real), entrenadores (quienes gestionan y supervisan los planes de entrenamiento a través de la plataforma web), y administradores (encargados de la gestión general del sistema, control de accesos y mantenimiento de la plataforma) [34].

MÓDULOS DEL APLICATIVO MÓVIL

1. Inicio de Sesión

- Interfaz para iniciar sesión con credenciales proporcionadas por el entrenador.
- Gestión segura de autenticación mediante Firebase Auth.
- Sincronización automática entre dispositivos.
- Validación de membresías al iniciar sesión

2. Historial de usuario

- Registro de información personal.
- Historial médico y condiciones actuales.
- Objetivos Fitness específico (pérdida de peso, ganancia muscular, peso objetivo, tipos de entrenamiento preferido.)
- Nivel de experiencia en ejercicios (principiante, intermedio, avanzado) .
- Preferencias de entrenamientos (horarios, duración, intensidad)

3. Rutinas Adaptativas

- Generación automática de rutinas personalizadas mediante API OpenAI GPT-4o-mini basada en historial de usuario.
- Estado de "Pendiente de aprobación " hasta validación del entrenador.
- Visualización de rutina asignada con ejercicios, repeticiones y duración establecida.
- Límite de 3 rutinas generadas por día.

4. Detección de Posturas.

- Interfaz de cámara para captura durante ejercicios.
- Análisis en tiempo real usando Media Pipe Pose (33 puntos clave del cuerpo).
- Detección automática de errores posturales clasificados por severidad: Verde (Leve), Amarillo (Intermedio), Rojo (Crítico).
- Retroalimentación inmediata en pantalla (alertas visuales y textuales)
- Captura automática única por sesión solo para errores críticos (rojos).
- Almacenamiento automático de errores detectados en Firestore.
- Notificaciones al entrenador cuando se detecten errores críticos.
-

5. Dashboard del Usuario

- Visualización de métricas personales de rendimiento en tiempo real.
- Progreso semanal: Errores reducidos en los últimos 7 días.
- Historial de errores semanales por ejercicio con comparativa.
- Progreso detallado por ejercicio: errores iniciales vs errores finales.
- Sincronización en tiempo real con firebase para actualización automática de métricas.

MODULOS DE LA PLATAFORMA WEB

1. Autenticación y Gestión de Perfiles

- Registro diferenciado por roles: administradores registros limitados a 2 cuentas y entrenadores registro únicamente por administradores
- Recuperación de contraseñas con código de 6 dígitos.
- Gestión de roles (entrenador, administrador)
- Control de acceso y estados de cuenta de usuarios.
- Sincronización en tiempo real del perfil y progreso entre móvil y web.

2. Dashboard de Supervisión y Alertas Críticas

- Panel de alertas críticas prioritarias con capturas automáticas adjuntas.
- Sistema de notificaciones alertas críticas (rojas).
- Visualización de capturas automáticas.
- Historial completo de usuario.
- Seguimiento de progreso por usuario.

3. Gestión Rutinas Adaptativas y Validación IA

- Revisión de rutinas generadas automáticamente por API GPT.
- Validación, modificación o rechazo de rutinas generadas por la IA.
- Estados de rutinas: “Pendiente”, “Aprobado”, “Rechazado”, “Activo”

4. Gestión de Ejercicios y Equipamiento

- Creación, edición y categorización de ejercicios disponibles.
- Administrar inventario de equipamiento del gimnasio.
- Configuración d de ejercicios.

5. Analytics Dashboard

- Gráficos interactivos de progreso por usuario.
- métricas globales: usuarios activos, errores más frecuentes.
- Estadísticas de uso del sistema por periodos.

6. Administración del Sistema

- Gestión de membresías

- Métricas de reducción de errores.
- Respaldo y gestión de datos del sistema.

Este proyecto se alinea con la sublínea de **"Desarrollo de Algoritmos y Visión Artificial"** dentro de la línea de investigación en Desarrollo de Software [35]. Estas áreas contribuyen al avance en técnicas de visión artificial y aprendizaje automático, aplicadas en entornos móviles, con un enfoque práctico en mejorar la salud y el bienestar de los usuarios.

El desarrollo de FitNova representa un caso de estudio aplicado donde la visión por computadora se utiliza para reconocer y analizar la postura del cuerpo humano durante la ejecución de ejercicios, procesando imágenes en tiempo real directamente desde la cámara del dispositivo móvil.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un asistente de entrenamiento personalizado mediante aplicación móvil y web, que permita generar rutinas adaptativas basadas en historial de usuario y nivel del usuario, e incorpore visión por computadora para la detección de errores posturales en tiempo real.

OBJETIVO ESPECIFICOS:

1. Incorporar un módulo de historial de usuario, que permita registrar datos personales, condiciones físicas, objetivos de entrenamiento y nivel de experiencia de los usuarios, facilitando la personalización de rutinas.
2. Generar rutinas de entrenamiento automáticas y personalizadas, utilizando API GPT, basadas en el historial de usuario y objetivos específicos, que pueden ser supervisadas y aprobadas por el entrenador.
3. Desarrollar un sistema móvil y web que facilite la asignación de rutinas validadas, el seguimiento de la ejecución y registro de progreso técnico del usuario.
4. Utilizar Media Pipe Pose (Framework de visión por computadora pre-entrenado) en dispositivos móviles para la captura y análisis de patrones de movimiento en tiempo real, desarrollando algoritmos biomecánicos

personalizados que detecten errores posturales y proporcionen retroalimentación inmediata al usuario.

1.4 JUSTIFICACIÓN

La adopción de hábitos fitness en principiantes enfrenta obstáculos críticos: carencia de acceso a entrenadores certificados y falta de conocimiento técnico para realizar ejercicios de manera adecuada. De acuerdo con investigaciones, el 67% de las lesiones en gimnasios son resultados de fallos posturales realizando rutinas básicas [36]. FitNova soluciona este problema a través de un sistema híbrido humano-IA que incorpora visión por computadora, proporcionando retroalimentación en tiempo real y capacidad de adaptarse a diferentes tipos de cuerpos [37]. Este desarrollo promueve la igualdad de oportunidades para el aprendizaje libre de riesgos, tal como lo demuestran los ensayos que evidencian el papel que juega la IA en la disminución de los gastos en el sistema de atención médica [38].

En Ecuador, el 60% de la población adulta es sedentaria [39], y el acceso a entrenadores personales es limitado por factores económicos y geográficos. FitNova está hecha para romper estas limitaciones al usar tecnología muy accesible en dispositivos de bajo costo. Además, La plataforma genera oportunidades para entrenadores locales mediante seguimiento remoto de usuarios que reciben retroalimentación textual automática [40]. La plataforma no solo mejora la salud individual, sino que también fomenta una cultura de prevención de enfermedades no transmisibles, como la diabetes y la obesidad.

FitNova soluciona tres problemas clave:

- 1) El sistema está diseñado para ser fácil de usar e intuitivo, lo que permite una fácil navegación e interacción ya que usa la cámara estándar del celular;
- 2) Reducimos los errores posturales mediante correcciones en tiempo real, ayudando a disminuir el riesgo a lesiones.
- 3) La personalización se adapta a las necesidades de cada usuario. Mediante esta herramienta, se puede ayudar a reducir el riesgo de lesiones y evitar que los principiantes pierdan motivación. Esto se logra ofreciendo retroalimentación

instantánea al detectar errores de postura, notificando al entrenador y proponiendo rutinas de ejercicio personalizadas según el historial médico de cada persona [41]. Los beneficios incluyen una mayor motivación para los principiantes, un uso más eficiente del tiempo de los entrenadores y la recopilación de datos valiosos para investigaciones en salud digital [41].

El proyecto FitNova se alinea con el Plan Nacional de Desarrollo "Ecuador No Se Detiene" 2025-2029 específicamente en los siguientes ejes:

Eje Social

Objetivo 1. Mejorar el bienestar social y la calidad de vida de la población, para garantizar el goce efectivo de los derechos y la reducción de las desigualdades [42].

Objetivo 2. Este objetivo nos ayuda a fortalecer las capacidades de las personas, para que todos puedan acceder a una buena educación y calidad de vida, también ayuda a tener accesos a espacios públicos impulsando una vida más saludable y activa [42].

Política 2.5 nos ayuda a promover la actividad física y el deporte, abriéndonos camino al bienestar social, que se desarrollen como persona y unir a la comunidad [42].

Estrategias [42]:

- a) Hacer crecer los programas que motiven a la ciudadanía a hacer actividad física, uniéndose así a la comunidad por el bien común de mejorar la salud física.
- b) Llevar el deporte y la actividad física en todos los rincones del país, promoviendo lugares deportivos y el desarrollo local, asegurando que todos sean incluidos.
- c) Actualizar o mejorar los programas de alto rendimiento, aplicando nueva tecnología para evaluar a deportistas y ayudarlos a alcanzar el potencial máximo de cada uno previniendo lesiones.

Eje Económico, productivo y empleo

Objetivo 5. Fortalecer la producción nacional y la inversión extranjera en los sectores clave de la economía con innovación tecnológica y prácticas sostenibles

[43].

Política 5.3 Implementar un modelo productivo eficiente, innovador y sostenible, basado en tecnologías limpias y el desarrollo circular, con articulación entre sector público, privado, academia y ciudadanía [44].

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

En el presente proyecto se desarrollará FitNova, un asistente de entrenamiento personalizado diseñado para usuarios principiantes en el Gimnasio GYM-SHARK, Ubicado en el barrio Cordillera del Condor, cantón La Libertad, Santa Elena, Ecuador. Este sistema se enfoca más en personas con experiencia de 0 a 6 meses de entrenamiento, los cuales necesitan acompañamiento técnico para una correcta ejecución de ejercicios básicos. La aplicación se desarrollará bajo la metodología incremental dividida en cinco fases.

Aplicación Móvil (Ionic + Angular)

FitNova móvil funcionará como la herramienta principal de entrenamiento para usuarios principiantes. Incluirá cinco módulos específicos: Módulo de Autenticación que gestionará el acceso controlado mediante credenciales proporcionadas por entrenadores certificados; Módulo de Historial de Usuario que registrará datos personales básicos, condiciones físicas actuales, limitaciones médicas y objetivos específicos de entrenamiento; Módulo de Rutinas Adaptativas que generará automáticamente planes personalizados mediante integración con API OpenAI GPT, basándose en el perfil individual del usuario y requiriendo aprobación del entrenador antes de la ejecución [45]. Módulo de Detección Postural que utilizará Media Pipe Pose para analizar 33 puntos clave del cuerpo en tiempo real, clasificados por errores dependiendo la severidad (verde: leve, amarillo: intermedio y rojo: crítico) con retroalimentación inmediata; y Dashboard Personal que visualizará progreso individual, los errores que se registran y también métricas del rendimiento del usuario [46].

Plataforma WEB (Angular y Firebase)

La plataforma web funcionará como centro de supervisión para entrenadores certificados y administradores del gimnasio GYMSHARK. Contendrá cinco

módulos operativos: Gestión de Perfiles y Autenticación para registro de entrenadores, creación de usuarios y control de accesos; El Dashboard de supervisión, mostrado en la Figura 47 y Figura 48 alertas críticas en tiempo real con capturas automáticas adjuntas [47]. Validación de Rutinas IA mostradas en la Figura 44 donde los entrenadores podrán revisar, modificar o rechazar rutinas generadas automáticamente antes de su asignación; Gestión de Ejercicios para administrar el catálogo disponible y configurar parámetros técnicos. [48]

Ejercicios incluidos en el sistema

FitNova incluirá detección postural y generación de rutinas únicamente para **cuatro** ejercicios básicos fundamentales: Sentadillas (análisis de alineación de rodillas, profundidad de sentadilla, detección de valgo dinámico y postura de espalda baja) [49], Peso Muerto (control de espalda redondeada, secuencia de activación cadera-rodilla, distancia de barra al cuerpo y alineación de hombros), Zancadas (balance y estabilidad, profundidad del paso, detección de rodilla adelantada y control del torso), y Remo con Barra (control de momento excesivo, posición de codos, estabilidad del torso y técnica de tracción). Estos ejercicios fueron seleccionados por ser fundamentales en el entrenamiento de fuerza para principiantes y por presentar los errores posturales más comunes que requieren corrección inmediata [49].

Limitaciones y exclusiones del proyecto:

Limitaciones técnicas del sistema

El sistema NO incluirá ejercicios de alta complejidad técnica como levantamiento olímpico (Cargada y Arranque), tanto movimientos avanzados, ejercicios de crossfit especializado, o ejercicios que requieran equipamiento especializado como press de banca con barra libre. La detección postural está limitada exclusivamente a los cuatro ejercicios básicos implementados: sentadillas, peso muerto, zancadas y remo con barra. NO proporcionará asesoramiento nutricional, dietético o médico, limitándose exclusivamente a la corrección postural y generación de rutinas de ejercicio físico básico.

Limitaciones de hardware y conectividad

El sistema NO integrará dispositivos wearables externos como pulsómetros, acelerómetros, sensores de fuerza o equipamiento biomecánico profesional, funcionando únicamente con la cámara estándar del dispositivo móvil. NO incluirá análisis biomecánico avanzado que requiera laboratorio, plataformas de fuerza o sistemas de captura de movimiento 3D. La detección funciona exclusivamente con Media Pipe Pose y algoritmos de visión por computadora desarrollados internamente.

Limitaciones de alcance comercial

FitNova NO funcionará como plataforma de comercio electrónico para venta de productos, suplementos, equipamiento deportivo o servicios adicionales del gimnasio. NO incluirá funciones de red social avanzada como seguimiento de amigos, competencias grupales, rankings públicos o sistemas de gamificación complejos. NO será implementado inicialmente en otros gimnasios, cadenas comerciales o establecimientos fuera de GYMSHARK Santa Elena, siendo esta una fase piloto exclusiva para validación del concepto.

Limitaciones de población objetivo y uso clínico:

El proyecto NO contempla usuarios intermedios o avanzados (más de 6 meses de experiencia), atletas de alto rendimiento o usuarios con necesidades de entrenamiento especializado. FitNova NO reemplaza el análisis biomecánico, tampoco realiza diagnósticos médicos, tampoco tratamiento de lesiones ni procesos de rehabilitación física. En caso de detectar alguna lesión o molestia, se recomienda acudir con un profesional.

El sistema está pensado exclusivamente para ayudar a corregir la postura básica de usuario principiantes.

1.6 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

1.6.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El gimnasio GYMSHARK, situado en Cordillera del Cóndor, parroquia La Libertad – Santa Elena (Ecuador). Se trata de un establecimiento independiente de dimensiones reducidas, con un aforo operativo de 20 – 30 usuarios simultáneos; esto le confiere un ambiente cercano y de interacción constante entre socios y

personal. El local dispone de una zona de peso libre (mancuernas de 1 – 40 kg, barras olímpicas, bancos ajustables), máquinas de resistencia seleccionadas básicas (press de pecho, jalón dorsal, sentadilla guiada) y un pequeño espacio funcional con colchonetas para estiramiento. El horario de atención es de 7:30 am a 12:00 pm y 14:00 pm a 20:00 pm donde hay muchos más usuarios. El Gimnasio solo cuenta con 1 entrenador certificado, es el que se encarga de supervisar a los usuarios, mantener todo ordenado y limpio, cuando hay horas pico la supervisión personalizada es escasa principalmente para los usuarios nuevos.

La clientela es: jóvenes de 18 – 25 años que buscan acondicionamiento general, y adultos de 26 – 40 años interesados en salud preventiva o mejora estética. La infraestructura carece de sistemas tecnológicos de apoyo (cámaras de análisis de postura, aplicaciones de seguimiento).

1.6.1.1 Diseño y alcance de la investigación

El proyecto adoptará un diseño de tipo técnico-descriptivo [50] basado en pruebas funcionales del sistema FitNova. No se realizará intervención con usuarios reales ni grupos de comparación. La investigación se centrará en la validación del correcto funcionamiento de los módulos del sistema, el desempeño del algoritmo de visión por computadora en la detección de movimientos correctamente ejecutados, y la integración de los diferentes componentes en un entorno controlado (GYMSHARK). Las pruebas permitirán comprobar la efectividad técnica del sistema y documentar su operatividad para futuras fases de evaluación en campo [51].

1.6.1.2 Tipo y métodos de investigación

Se optará por un enfoque técnico - descriptivo [52], dado que el proyecto se centra en el desarrollo y descripción del funcionamiento de un sistema de detección postural mediante visión por computadora, evaluando las características técnicas, funcionalidades y capacidades del algoritmo implementado; este enfoque permite documentar y analizar el comportamiento del sistema FitNova en condiciones controladas de funcionamiento. Sobre esa base se aplicará el método deductivo [53], Partiendo de la idea a defender FitNova será capaz de reducir los errores

posturales en la ejecución de ejercicios físicos por parte de usuarios principiantes, mediante retroalimentación personalizada en tiempo real basada en visión por computadora y con la intervención del entrenador.

Esto permitirá una ejecución más correcta y segura de las rutinas, contribuyendo al perfeccionamiento técnico del movimiento y a la disminución progresiva de fallas posturales. A partir de esta idea se deducirán predicciones observables, que serán verificadas empíricamente mediante pruebas de funcionamiento y validación técnica del sistema, siguiendo el ciclo observación → idea a defender → deducción → prueba, descrito en la literatura metodológica reciente [54].

De esta forma, el enfoque técnico-descriptivo provee el marco para documentar las características y rendimiento del sistema, mientras que el método deductivo asegura la lógica científica necesaria para establecer relaciones causales entre las funcionalidades de FitNova y su capacidad para detectar y corregir errores posturales en tiempo real.

1.6.1.3 Población y muestra

Está conformada por los 50 usuarios registrados del gimnasio GYMSHARK, el grupo objetivo específico son los usuarios principiantes. Que tienen entre 0 y 6 meses de experiencia en el entrenamiento con pesas, con edades comprendidas entre los 18 y 40 años. Este grupo que representa cerca del 65% de los socios del gimnasio, este compuesto principalmente por personas que están aprendiendo la técnica de los ejercicios fundamentales como sentadillas, peso muerto, zancadas y remo con barra.

Para la presente investigación se trabajó con una muestra de 5 usuarios principiantes seleccionados por conveniencia, los cuales cumplen con las características del grupo objetivo. La validación del sistema FitNova se realizó mediante pruebas técnicas funcionales en ambiente controlados, utilizando un diseño de Pre-test/Post-test en el cual cada usuario completó dos sesiones de entrenamiento por ejercicio. dichos escenarios de prueba fueron específicamente diseñados para comprobar el funcionamiento correcto de los módulos del sistema, también el desempeño del algoritmo de visión por computadora (Media Pipe Pose) en la detección de errores

posturales entre la primera y segunda sesión, y también en la integración de los componentes tecnológicos. El objetivo fue validar la efectividad técnica del sistema antes de futuras pruebas o fases que se implementen con usuarios reales.

1.6.2 IDEA A DEFENDER

FitNova será capaz de reducir los errores posturales durante la ejecución de ejercicios físicos, brindando apoyo a personas con nivel principiante para realizar sus rutinas de forma más correcta y segura. A través del uso de visión por computadora e inteligencia artificial, FitNova ofrecerá retroalimentación personalizada en tiempo real y contará con la supervisión del entrenador, facilitando la detección y corrección de errores en cada movimiento. Esta intervención tecnológica no solo permitirá observar una disminución cuantificable en los errores posturales entre sesiones, sino que también contribuirá a mejorar la técnica de ejecución, disminuir el riesgo de lesiones y potenciar los resultados del entrenamiento físico.

1.6.2.1 VARIABLE

Evaluación de la variable "Reducción de Errores Posturales en la ejecución de ejercicios físicos"

Fase de medición	Herramienta utilizada	Tipo de datos que entrega	Variable observada
Pre-test	aplicación con visión IA	Errores detectados en primera sesión por ejercicio	Errores iniciales
Intervención	Feedback de la aplicación y entrenador	Correcciones posturales guiadas en tiempo real	—
Post-test	aplicación con visión IA	Errores detectados en segunda sesión por ejercicio	Errores finales

Resultado	Análisis comparativo automatizado	Comparativa y progreso	Reducción de errores
------------------	-----------------------------------	------------------------	----------------------

Tabla 1: Variables

Unidad de medida: Número de errores detectados por ejercicio

Errores Iniciales

- Es la cantidad de errores posturales que la aplicación detecta en la primera sesión de cada ejercicio específico.
- Este dato se registra cuando el usuario ejecuta el ejercicio por primera vez, estableciendo la línea base de su técnica postural.

Errores Finales

- Es la cantidad de errores posturales detectados en la segunda sesión del mismo ejercicio específico.
- Representa la capacidad del usuario para aplicar las correcciones recibidas entre sesiones, mostrando su progreso técnico tras la intervención.

Reducción de Errores

- Se calcula como:

$$\text{Reducción} = \text{Errores Iniciales} - \text{Errores Finales}.$$

1.6.3 ANÁLISIS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.6.3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el proyecto FitNova, se utilizarán principalmente técnicas de recolección cuantitativa y observacional [55], apoyadas en herramientas digitales. Las técnicas e instrumentos que se adaptan mejor al objetivo de validar el funcionamiento técnico del sistema son:

Técnicas:

Observación directa estructurada [56]: Se realizará un registro sistemático del

desempeño del sistema en la detección automática de errores posturales durante pruebas controladas. Esta técnica permitirá si el sistema identifica correctamente distintos tipos de errores posturales (espalda curvada, posiciones incorrectas y desalineaciones) mediante el uso de listas de verificación diseñadas previamente. La codificación de los errores se realizará según categorías y frecuencia de detección, basada en criterios biomecánicos predefinidos.

Registro automático en la aplicación [57]. El sistema FitNova almacenará de forma automática los errores posturales detectados mediante visión por computadora (Media Pipe Pose), sin intervención manual. Estos registros quedarán guardados en la base de datos (Firebase Cloud Storage), incluyendo información como tipo de error, tipo de ejercicio ejecutado, número de repetición, timestamp y métricas de detección. Este mecanismo permite una recolección precisa, continua y objetiva de los datos, facilitando su posterior análisis técnico.

Instrumentos:

para operacionalizar estas técnicas se diseñaron los siguientes instrumentos de recolección de datos:

Instrumentos	Descripción
Lista de verificación de errores posturales (Anexo 3: Lista De Verificación De Errores Posturales)	Checklist estructurado para registro durante observación directa, categorizando por tipo de ejercicio y error específico.
Registro automático del sistema (Anexo 4: Registro Automático Del Sistema)	Estructura de datos almacenada en firebase que captura errores detectados, métricas de rendimiento y metadata de cada sesión.
Formulario de perfil del usuario para escenarios de prueba (Anexo 5: Formulario	Documento para configurar características del escenario simulado (edad, experiencia, limitaciones físicas simuladas).

De Perfil De Usuario Para Escenarios De Prueba)	
Protocolo de pruebas controladas (Anexo 6: Protocolo De Pruebas Controladas)	Guía que describe paso a paso la ejecución de escenarios de validación técnica.

Estos instrumentos ayudan a mantener orden y claridad en la información obtenida durante la fase de validación del sistema FitNova.

1.7 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Para crear FitNova, utilizaremos un enfoque llamado modelo incremental [58]. Esto significa que iremos construyendo el sistema en pequeñas partes o bloques, que luego se van integrando y probando paso a paso.

1.7.1 Incremento 1 – Backend, Autenticación e Historial de usuario

- Desarrollo de sistema de autenticación controlada por entrenadores.
- Creación de gestión de perfiles de usuario.
- Configuración de Firebase Auth y colecciones en Firestore.
- Implementa módulo de historial de usuario.
- Formularios de registro de datos personales y objetivos.

1.7.2 Incremento 2 – Rutinas Adaptativas y Algoritmo de Personalización

- Integración de API GPT para generación automática de rutinas.
- Implementación de sistema de personalización basado en historial de usuario.
- Desarrollo de interfaz de rutinas adaptativas en aplicación móvil.
- Sistema de validación y aprobación por entrenadores.
- Lógica de progresión automática.

1.7.3 Incremento 3 – Visión por Computadora en Móvil

- Integra Media Pipe Pose en la aplicación móvil (Ionic + Angular).
- Implementa captura de cámara y detección de esqueleto en tiempo real.
- Desarrollo de algoritmos de detección con clasificación de severidad.
- Sistema de alertas diferenciadas (verde, amarillo, rojo)

1.7.4 Incremento 4 – Dashboard móvil y Sistema de Alertas Inteligentes

- Implementación de alertas visuales diferenciadas por severidad.
- Sistema de captura automática por sesión para errores críticos.
- Dashboard del usuario con métricas y estadísticas.
- Implementa Cloud Functions para notificaciones automáticas entre plataformas.
- Almacenamiento inteligente de errores en Firestore.

1.7.5 Incremento 5 – Plataforma Web de Supervisión y Analytics

- Desarrolla la plataforma web separada para entrenadores y administradores.
- Sistema de roles y permisos para plataforma web.
- Panel de supervisión en tiempo real.
- Integra sistema completo de gestión de usuarios, rutinas personalizadas y administración.
- Gestión completa de usuarios, rutinas y administración.
- Analytics avanzados y exportación de datos en formato CVS.

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** nos muestra el desarrollo del proyecto FitNova siguiendo el modelo incremental, donde cada etapa nos añade nuevas funcionalidades al sistema de una manera planificada y ordenada. Dicho proceso comienza con el módulo de autenticación y gestión del historial del usuario,

seguido de la generación de rutinas personalizadas con inteligencia artificial API – GPT, continua con la integración de visión por computadora en dispositivos móviles lo cual incorpora un panel de control Dashboard que cuenta con alertas inteligentes y terminamos con la plataforma web para la supervisión y análisis avanzado. Este modelo de desarrollo nos garantiza y permite probar, configurar y asegurar que cada módulo este completa antes de su integración, reduciendo errores y mejorando el funcionamiento del sistema.

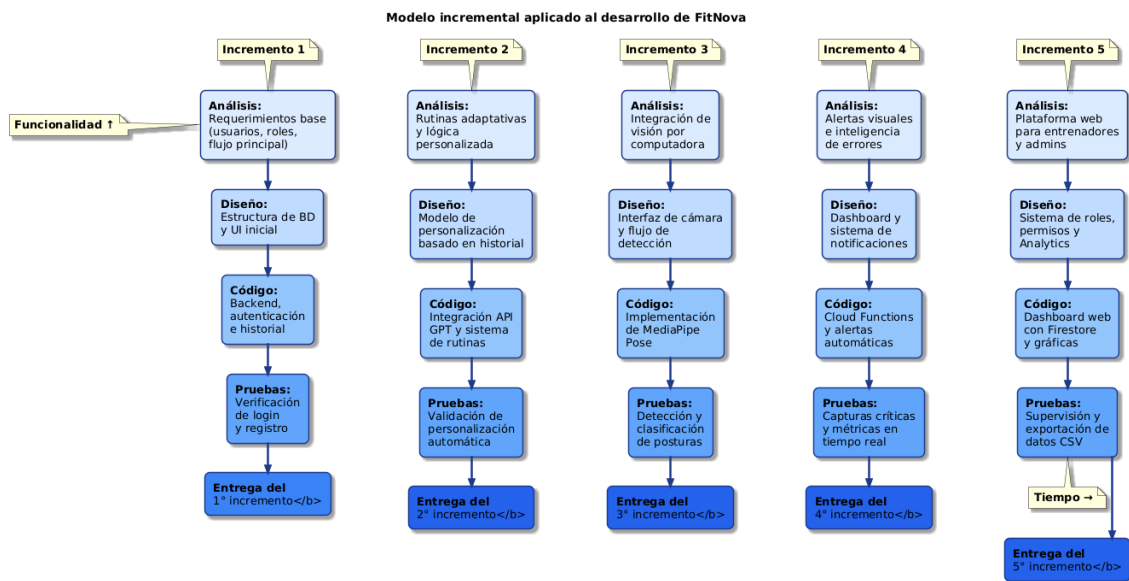


Figura 1: Modelo Incremental - FitNova

CAPÍTULO 2. PROPUESTA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

2.1.1. Contexto del Gimnasio GYMSHARK

2.1.1.1. Características del Establecimiento

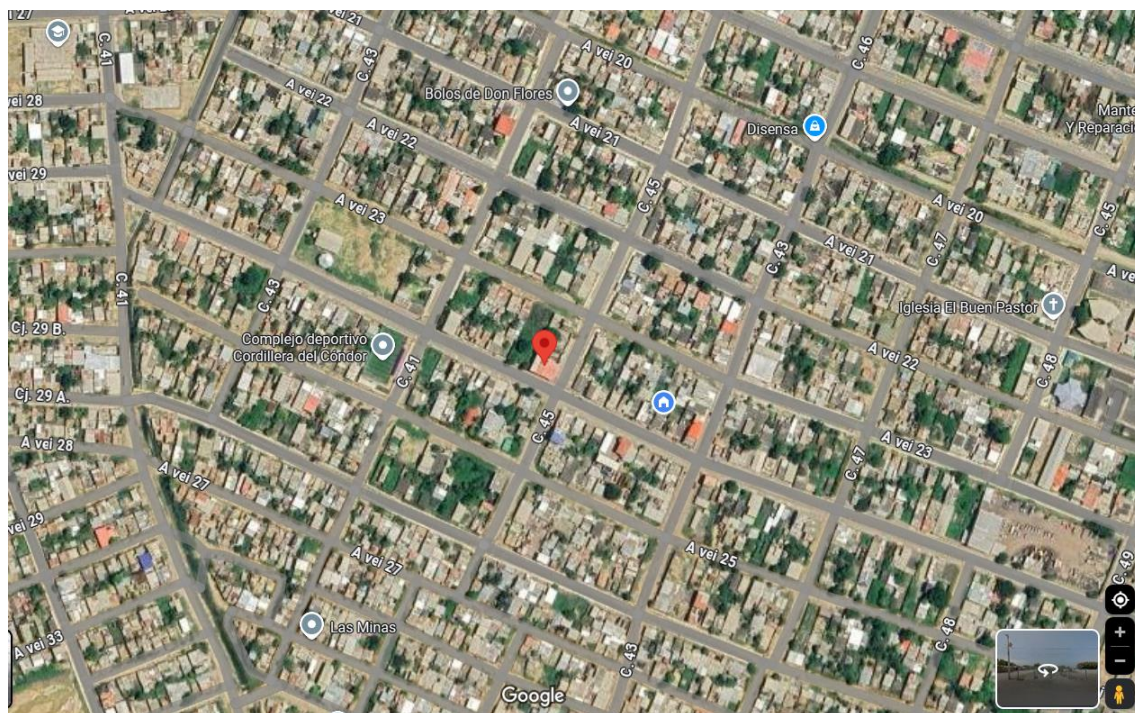


Figura 2: Ubicación del Gimnasio GYM SHARK

El gimnasio **GYMSHARK** constituye un establecimiento deportivo independiente ubicado en Cordillera del Cóndor, parroquia La Libertad, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena, Ecuador. Se trata de un centro de acondicionamiento físico de dimensiones reducidas con capacidad operativa para 20-30 usuarios simultáneos, lo que le confiere un ambiente cercano e íntimo que facilita la interacción directa entre socios y personal técnico. Las instalaciones cuentan con zona de peso libre equipada con mancuernas de 1-40 kg, barras olímpicas y bancos ajustables; área de máquinas de resistencia básicas incluyendo press de pecho, jalón dorsal y sentadilla guiada; y espacio funcional con colchonetas para estiramiento y ejercicios de suelo.

2.1.1.2. Horarios de Operación y Flujo de Usuarios

GYMSHARK opera en el horario del gimnasio es de las 7:30 de la mañana hasta

las 20:00 pm, concentrando mayor afluencia durante la franja vespertina cuando el flujo se aproxima al máximo permitido. La clientela presenta características heterogéneas: jóvenes de 18-25 años que buscan acondicionamiento general y mejora estética, y adultos de 26-40 años interesados en salud preventiva y mantenimiento físico. Durante las horas pico, especialmente entre 17:00-19:00 horas, la demanda de supervisión técnica supera la capacidad de atención personalizada disponible, generando oportunidades de mejora mediante soluciones tecnológicas.

2.1.1.3. Personal Técnico y Limitaciones Operativas

El establecimiento cuenta con un entrenador certificado el cual se encarga de la supervisión técnica directa, estructuración de rutinas genéricas y mantenimiento del orden del equipamiento. Esta configuración provoca momentos de sobrecarga operativa durante horas pico, donde la supervisión personalizada disminuye significativamente y los usuarios novatos ejecutan movimientos sin corrección inmediata. La infraestructura actual carece de sistemas tecnológicos de apoyo como cámaras de análisis postural, aplicaciones de seguimiento digital o herramientas de monitoreo remoto, representando una oportunidad clara para la implementación de FitNova.

2.1.2. Población Objetivo y Necesidades Identificadas

2.1.2.1. Perfil de Usuarios Principiantes

Los usuarios principiantes de GYMSHARK se caracterizan por tener entre 0-6 meses de experiencia en entrenamiento con pesas, edades comprendidas entre 18-40 años, y presentar necesidades específicas de orientación técnica en ejercicios básicos de musculación. Este segmento representa aproximadamente el 65% de la membresía total del gimnasio y exhibe las tasas más altas de abandono durante los primeros tres meses, principalmente debido a inseguridad técnica, temor a lesiones y falta de retroalimentación personalizada constante.

2.1.2.2. Problemática de Supervisión Técnica

La observación directa en GYMSHARK reveló que los usuarios principiantes cometen errores posturales recurrentes en ejercicios fundamentales como

sentadillas (desalineación de rodillas, profundidad inadecuada), peso muerto (espalda redondeada, distancia incorrecta de la barra), Zancadas (desequilibrio, profundidad inadecuada). La limitada capacidad de supervisión simultánea del personal técnico genera ventanas de tiempo donde estos errores no son corregidos inmediatamente, perpetuando patrones de movimiento incorrectos que aumentan el riesgo de lesión y limitan la efectividad del entrenamiento.

2.1.2.3. Oportunidad de Intervención Tecnológica

El contexto de GYMSHARK presenta condiciones ideales para la implementación de FitNova: espacio controlado, población homogénea de principiantes, personal técnico receptivo a innovaciones, y necesidad comprobada de herramientas de supervisión auxiliar. La integración de un sistema de detección postural automática complementaría la labor del entrenador certificado, extendiendo su capacidad de supervisión y proporcionando retroalimentación continua durante las sesiones de entrenamiento.

2.1.3. Base Legal

2.1.3.1. Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPD)

FitNova nos garantiza la protección, confidencialidad y manejo responsable de la información personal de sus usuarios, dado que el sistema procesará datos personales sensibles incluyendo información biomédica, historial de condiciones físicas, registros de movimiento corporal y datos biométricos derivados del análisis postural [59]. El artículo 26 de la LOPDP establece que el tratamiento de datos relativos a la salud requiere consentimiento explícito del titular, mientras que el artículo 36 y 40 exige implementar medidas técnicas y organizativas apropiadas para garantizar la seguridad del tratamiento [59].

2.1.3.2. Constitución de la República del Ecuador - Derechos Digitales

El artículo 66, numeral 19 de la Constitución reconoce el derecho a que tu información privada está protegida, incluyendo el acceso y decisión sobre información y datos que se tengan sobre su persona [60]. El artículo 66, numeral 20 garantiza el derecho a la intimidad personal, familiar y a la propia imagen, aspectos críticos para FitNova considerando que el sistema utilizará análisis de imagen

corporal mediante cámara del dispositivo móvil. Estos derechos constitucionales fundamentan la necesidad de implementar consentimiento informado y mecanismos de control de acceso robustos [60].

2.1.3.3. Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT)

El artículo 4 nos dice que promueve la tecnología se use de forma imparcial y que siempre proteja al usuario y su información, estos principios aplicados en FitNova, este funciona como aplicación móvil para enviar y recibir datos [61]. Los artículos 37–42 nos habla de los servicios del valor agregado, es ahí donde encaja el análisis postural que ofrece nuestra aplicación. Cumpliendo esta normativa asegurando que FitNova opere dentro de las leyes ecuatorianas sobre telecomunicaciones y garantice su uso responsable y legal [61].

2.1.3.4. Reglamento general de protección de datos.

Aunque FitNova se implementará inicialmente en Ecuador, el diseño del sistema considera principios del RGPD europeo para facilitar escalabilidad futura [62]. Los artículos 7 y 8 del RGPD establecen condiciones para el consentimiento y tratamiento de categorías especiales de datos (salud), mientras que el artículo 25 exige "protección de datos desde el diseño y por defecto". Esta aproximación proactiva asegura que FitNova cumpla estándares internacionales de protección de datos desde su concepción inicial [62].

2.1.4. Contexto Tecnológico y de Conectividad

2.1.4.1. Infraestructura Digital en Santa Elena

La provincia de Santa Elena cuenta con cobertura de banda ancha móvil 4G/LTE proporcionada por operadores nacionales (CNT, Claro, Movistar), alcanzando el 100% de cobertura parroquial [63]. La velocidad promedio nacional de internet móvil es de 20.3 Mbps suficiente para soportar la sincronización en tiempo real de FitNova entre dispositivos móviles y la plataforma web, considerando que el procesamiento de visión por computadora se ejecuta localmente (edge computing) minimizando dependencia de conectividad constante [64].

La estabilidad de la red en zonas urbanas y periurbanas de la provincia garantiza una transmisión fluida de datos, incluso durante picos de uso.

2.1.4.2. Penetración de Dispositivos Móviles

Según datos del INEC (2023), el 57.7% de la población ecuatoriana de 5 años y más posee teléfono inteligente, alcanzando 64.9% en zonas urbanas [65]. Los teléfonos inteligentes más usados son los de gama media y alta, los cuales cuentan con procesadores que, si pueden ejecutar Media Pipe Pose, ya que muchos cuentan con cámaras que superan los 8 megapíxeles y sistemas de Android 8 o superior. Esta penetración tecnológica valida la viabilidad de implementar FitNova como solución móvil accesible para la población objetivo de GYMSHARK [65].

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Visión por Computadora

Área de la Inteligencia Artificial que da la capacidad de “ver” e interpretar imágenes o vídeo para extraer información semántica. Combina técnicas de supervisión de píxel, redes convolucionales y aprendizaje profundo, permitiendo tareas como clasificación, segmentación y seguimiento de objetos [66]. En fitness se usa para estimar la postura del usuario sin sensores externos, ayudando a reducir costos y teniendo retroalimentación inmediata [66].

2.2.2 Media Pipe Pose

Media Pipe Pose es una solución de código abierto desarrollada por Google que estima 33 puntos clave en 2D y 3D del cuerpo humano a 30 FPS en teléfonos de gama media [67]. Su arquitectura combinada entre un módulo de análisis postural basados en cálculos, lo que permite identificar y evaluar las posiciones corporales con una buena precisión. A diferencia de otros sistemas que dependen de servidores externos, este realiza todo directamente del dispositivo [68]. El framework expone API para Android, iOS, WebAssembly y Python, lo que facilita la integración tanto en la app móvil como en el panel web del proyecto. Estudios de validación recientes reportan coeficientes de correlación $> 0,9$ respecto a sistemas de captura óptica de laboratorio, demostrando su idoneidad para aplicaciones de corrección postural y recuento de repeticiones. [67].

2.2.3 Edge AI

Edge AI describe la ejecución de modelos de inteligencia artificial directamente en

el dispositivo o en nodos cercanos a la fuente de datos, en lugar de depender de centros de datos remotos [69]. Este paradigma reduce la latencia a decenas de milisegundos, crucial cuando la aplicación necesita dar retroalimentación instantánea durante el gesto deportivo. Además, minimiza el consumo de ancho de banda y mejora la privacidad, pues las imágenes se procesan localmente y no viajan por la red [69]. En salud digital y fitness, el Edge computing permite monitorizar constantes o posturas de forma continua incluso en zonas con conectividad intermitente, Investigaciones de 2024 muestran descensos de hasta un 80 % en latencia frente al cómputo en la nube y reducciones notables del gasto energético agregado [69].

2.2.4 Cloud Firestore (Firebase)

Cloud Firestore es una base de datos NoSQL de documentos que sincroniza datos en tiempo real entre clientes web y móviles, incluso sin conexión gracias a un caché local transaccional [70]. Construida sobre la infraestructura de Google Cloud, proporciona escalabilidad horizontal automática, consultas indexadas y reglas de seguridad a nivel de documento, lo que permite controlar el acceso según rol (usuario, entrenador, admin). Su modelo flexible facilita almacenar colecciones como *usuarios*, *errores posturales* o *rutinas* sin predefinir esquemas rígidos [70]. Para FitNova, Firestore actúa como puente entre la detección on-device y el panel web, ya que cada error crítico que detecta la aplicación envía una notificación al entrenador [70].

2.2.5 Ionic Framework

Ionic es un toolkit de desarrollo de código abierto que permite crear aplicaciones móviles y PWA con un único proyecto basado en tecnologías web (HTML, CSS y TypeScript) [71]. Ionic combina componentes de la interfaz nativa UI navegación mediante enrutador y también acceso a funciones del dispositivo a través de Capacitor, lo que se nos hace más sencillo realizar muchas tareas como grabar un video con la cámara del dispositivo [71]. El ecosistema de Ionic nos da plantillas, una CLI para generar las estructuras del proyecto y también compatibilidad con frameworks actuales como son Angular, React y Vue. En FitNova, Ionic nos permite implementar la lógica de visión por computadora, con una experiencia de usuario

fluida, lo que nos garantiza el rendimiento necesario para que el esqueleto de Media Pipe y las alerta en tiempo real funcionen [72].

2.2.6 Detección de postura

La detección de postura consiste en captar las posiciones de las articulaciones del cuerpo y compararlas con patrones ideales para evaluar cómo se está moviendo. Entre 2023 y 2024, estudios han demostrado que los modelos de inteligencia artificial que usan tecnologías como CNN y LSTM logran detectar estos movimientos con una precisión muy alta, con errores menores a 5° en áreas clave como las rodillas y caderas [73]. En aplicaciones de fitness, se fijan límites de cuánto puede desviarse la postura, como una inclinación de la columna mayor a 10°, y si esto sucede, el sistema avisa de inmediato. Además, el uso de filtros especiales ayuda a que la silueta digital sea más estable y evita errores por objetos que bloqueen la visión parcial del cuerpo [74]. Gracias a estos avances, FitNova puede detectar errores en tiempo real, como el famoso “butt-wink” en las sentadillas, sin necesidad de usar sensores o marcadores incómodos [75].

2.2.7 Retroalimentación inmediata

La retroalimentación inmediata en el ejercicio se refiere a la entrega de información correctiva al usuario durante no después de la realización del movimiento [76]. Ensayos clínicos recientes muestran que la presencia de señales auditivas o visuales instantáneas mejora la técnica y aumenta la adherencia hasta en un 20 % frente a programas sin feedback en tiempo real [76]. Sin embargo, la efectividad depende de la claridad del mensaje y de la personalización: un exceso de alertas puede generar frustración y abandono [76]. Por ello, FitNova combina íconos de color y mensajes breves con la posibilidad de pausar y recibir explicaciones del entrenador, equilibrando autonomía y supervisión [77]. La latencia sub-100 ms que ofrece la inferencia en el dispositivo garantiza que la corrección llegue antes de consolidar el patrón incorrecto [77].

2.2.8 Constancia en la actividad física

La constancia describe la regularidad con la que una persona cumple el programa de actividad física prescrito. Algunos factores como el apoyo social, la autoeficacia

también retroalimentación que recibe y el muy buen agrado de disfrutar la actividad [78]. Revisiones sistemáticas de 2023 señalan que las intervenciones digitales que proveen seguimiento de progreso y feedback contextualizado prolongan la práctica regular más allá de las 12 semanas, periodo crítico donde suelen ocurrir las deserciones masivas

Según revisiones del 2023 nos dicen que las intervenciones digitales que proporcionan el avance y feedback alargan la práctica regular más o menos unas 12 semanas, en ese lapso es donde suele ocurrir el abandono masivo [79]. También las alertas de recordatorios se muestran de manera moderada para evitar la sobrecarga de alertas [80]. En FitNova, la combinación de dashboards de progreso, logros y observaciones del entrenador busca maximizar esta adherencia entre usuarios novatos [81].

2.2.11 CI/CD con GitHub Actions:

La integración y entrega continuas automatizan pruebas, construcción y despliegue cada vez que se sube código al repositorio, reduciendo errores humanos y acelerando releases.

GitHub Actions, esta de manera gratuita, nos permite configurar flujos de trabajo mediante archivos YAML, facilitando el proceso de compilación de proyectos ejecutan unit tests y, si aprueban, publican automáticamente la PWA en Firebase Hosting y generan la APK de Android [82]. Casos prácticos de 2024 reportan disminuciones del 77 % en costos de pipeline y duplican la velocidad de despliegue al aprovechar runners auto escalables. En FitNova, un flujo *build-test-deploy* por rama garantizará que las correcciones de la IA y del Dashboard no rompan funcionalidades existentes y que los usuarios finales reciban actualizaciones estables en cuestión de minutos [83].

2.3 MARCO TEÓRICO

La base científica del proyecto FitNova se sustenta en tres enfoques principales: el uso de visión por computadora para el análisis postural, la efectividad de la retroalimentación inmediata en el entrenamiento físico, y la influencia de las

tecnologías digitales en la adherencia al ejercicio, Cada uno de estos pilares ha sido respaldado por investigaciones recientes que validan su impacto positivo en la prevención de lesiones y el mejoramiento del rendimiento de los usuarios principiantes en el gimnasio [84].

2.3.1 Corrección postural automática mediante visión por computadora

Kwon y Kim (2022) desarrollaron un sistema de corrección de postura en tiempo real basado en MediaPipe Pose y OpenCV que infería 33 puntos claves del cuerpo y enviaba alertas visuales instantáneas al detectar ángulos articulares fuera de rango durante sentadillas y Peso muerto [85]. En pruebas controladas con 24 principiantes, la herramienta redujo un 41 % la frecuencia de errores técnicos tras cuatro semanas y alcanzó una precisión de detección del 92 % frente a cámaras de laboratorio [85]. El estudio demuestra que los modelos ligeros ejecutados “on-device” son suficientemente rápidos (<100 ms de latencia) y precisos para aplicaciones de fitness de bajo costo, proporcionando evidencia directa de la viabilidad tecnológica que adopta FitNova [85].

2.3.2 Intervenciones digitales y la continuidad en el ejercicio.

Lang et al. (2022) realizaron una revisión sistemática de ensayos clínicos que compararon programas de ejercicio domiciliario con y sin soporte digital (aplicaciones, recordatorios, retroalimentación) [86]. Se analizaron 10 ensayos clínicos aleatorios participaron 1117 de los cuales solo 7 se le vio una mejora considerable a corto plazo entre 4 a 12 semanas mediante intervención digital, mientras que los efectos a largo plazo fueron variados [86]. Los autores de estos ensayos nos dicen que la retroalimentación inmediata y que ellos puedan ver su progreso define mucho su inicio, aunque también destacan que debe también tener supervisión humana para que no dejen el hábito. Estos hallazgos respaldan la estrategia híbrida de FitNova, que une alertas automáticas con acompañamiento del entrenador para potenciar la permanencia de los usuarios novatos [86].

2.3.3 Apoyo tecnológico para mantener la práctica física

Bonilla et al. (2022) publicaron una revisión integrativa sobre selección de ejercicios y lesiones comunes en centros de fitness [87]. Tras revisar 54 estudios,

reportaron que la falta de supervisión experta y la técnica incorrecta explican hasta el 30 % de las lesiones musculoesqueléticas en usuarios principiantes; los movimientos con mayor incidencia fueron sentadilla, zancadas y peso muerto [88]. Investigaciones más recientes subrayan que la corrección en tiempo real y el uso de sistemas de feedback digital constituyen intervenciones con alto potencial para reducir significativamente la tasa de lesiones [89]. Asimismo, se ha documentado que el dolor y el miedo a lesionarse son factores críticos asociados al abandono temprano de la práctica física, lo que refuerza la necesidad de herramientas de apoyo tecnológico como las que propone FitNova [90].

2.2 REQUERIMIENTOS

2.2.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Tipo	Código	Requerimiento
Requisitos de Actores	RF-01	El sistema deberá permitir el registro de usuarios únicamente a través de entrenadores certificados del gimnasio GYMSHARK.
	RF-02	El sistema deberá gestionar tres tipos de perfiles de usuario: Usuario Final (principiante), Entrenador Certificado y Administrador del Sistema.
	RF-03	El sistema deberá permitir que los entrenadores certifiquen usuarios asignándoles credenciales de acceso válidas.
	RF-04	El sistema deberá restringir el acceso de usuarios finales únicamente a la aplicación móvil.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
	RF-05	El sistema deberá permitir que los entrenadores accedan exclusivamente a la plataforma web de supervisión.
	RF-06	El sistema deberá habilitar que los administradores gestionen permisos y configuraciones globales del sistema.
	RF-07	El sistema deberá asociar cada usuario final con un entrenador certificado responsable de su supervisión.
	RF-08	El sistema deberá permitir a los usuarios que se hayan registrado con un entrenador, que les proporcione las credenciales.
Requisitos de Interfaz	RF-09	El sistema deberá tener un método de autenticación mediante firebase en la aplicación móvil.
	RF-10	El sistema deberá presentar los formularios de historial de usuario cuando el usuario inicie sesión por primera vez.
	RF-11	El sistema deberá presentar una interfaz de cámara que le permita la captura de video al momento de ejecutar los ejercicios en tiempo real.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
	RF-12	El sistema deberá renderizar el esqueleto de Media Pipe mostrando los 33 puntos clave del cuerpo, en la pantalla durante la detección postural.
	RF-13	El sistema deberá mostrar las siguientes alertas visuales: Verde significa leve , Amarillo/naranja significa intermedio, Rojo significa critico
	RF-14	El sistema deberá proporcionar una interfaz de Dashboard personal con gráficos de progreso del usuario. El sistema deberá mostrar una interfaz del Dashboard personal con gráficos del progreso de errores reducidos
	RF-15	El sistema deberá mostrar la rutina generada por la IA previamente ya aprobada, con los ejercicios, las repeticiones y la duración de la rutina.
	RF-16	El sistema deberá proporcionar una interfaz web de supervisión para entrenadores con alertas críticas en tiempo real.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
	RF-17	El sistema deberá mostrar capturas automáticas adjuntas cuando se detecten errores críticos.
	RF-18	El sistema deberá presentar formularios de validación de rutinas generadas automáticamente por IA.
	RF-19	El sistema deberá proporcionar interfaces de gestión de catálogo de ejercicios para entrenadores.
Requisitos de procesamiento	RF-20	El sistema deberá integrar el esqueleto de Media Pipe mostrando los 33 puntos clave del cuerpo, todo en tiempo real.
	RF-21	El sistema deberá procesar los frames a una tasa de 15 a 30 FPS con el fin de realizar un análisis fluido.
	RF-22	El sistema deberá implementar los algoritmos biomecánicos personalizados para detectar os errores posturales en solo siguientes ejercicios: Sentadillas, Remo con barra, Peso muerto y Zancadas.
	RF-23	El sistema deberá clasificar los errores posturales dependiendo la severidad conforme a los parámetros predefinidos.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
	RF-24	El sistema deberá generar rutinas automáticamente mediante integración con API OpenAI GPT basándose en el historial del usuario.
	RF-25	El sistema deberá procesar la información del historial médico para personalizar las rutinas generadas.
	RF-26	El sistema deberá ejecutar toda la inferencia de visión por computadora localmente en el dispositivo móvil (Edge AI).
	RF-27	El sistema deberá procesar y validar datos de entrada del formulario de historial médico.
	RF-28	El sistema deberá calcular métricas de progreso basadas en repeticiones realizadas y tiempo de entrenamiento.
	RF-29	El sistema deberá procesar notificaciones automáticas entre aplicación móvil y web.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
Requisitos de Persistencia	RF-30	El sistema deberá almacenar datos de usuarios en Cloud Firestore con sincronización en tiempo real.
	RF-31	El sistema deberá guardar automáticamente todos los errores posturales detectados con timestamp y tipo de ejercicio.
	RF-32	El sistema deberá almacenar capturas fotográficas únicamente para errores clasificados como críticos (rojos).
	RF-33	El sistema deberá persistir el historial médico completo del usuario incluyendo limitaciones y objetivos.
	RF-34	El sistema deberá guardar rutinas generadas automáticamente en estado "Pendiente de Aprobación".
	RF-35	El sistema deberá almacenar rutinas validadas por entrenadores con estado "Asignada".

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
	RF-36	El sistema deberá persistir el progreso del usuario incluyendo sesiones completadas y métricas de rendimiento.
	RF-37	El sistema deberá almacenar el catálogo de ejercicios disponibles con sus parámetros técnicos.
Requisitos de Gestión y Administración	RF-38	El sistema deberá permitir que entrenadores aprueben, modifiquen o rechacen rutinas generadas automáticamente.
	RF-39	El sistema deberá permitir la gestión completa del catálogo de ejercicios incluyendo creación, edición y eliminación.
	RF-40	El sistema deberá proporcionar funcionalidades de gestión de usuarios incluyendo activación y desactivación de cuentas.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
	RF-41	El sistema deberá habilitar respaldo y restauración de datos del sistema.
	RF-42	El sistema deberá proporcionar herramientas de monitoreo de sesiones activas de entrenamiento.
	RF-43	El sistema deberá permitir la asignación específica de rutinas validadas a usuarios individuales.
	RF-44	El sistema deberá validar el estado de membresía del usuario antes de permitir acceso a funcionalidades de entrenamiento en la aplicación móvil.
	RF-45	El sistema deberá redirigir al momento de iniciar sesión a usuarios que no tienen membresía activa o vencida a una pantalla informativa con el siguiente mensaje “Membresía requerida” la cual bloque el acceso a toda la aplicación.
	RF-46	El sistema deberá permitir que los entrenadores puedan activar o desactivar membresías desde la plataforma web.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
	RF-47	El sistema deberá sincronizarse automáticamente, los cambios en los estados de las membresías entre la plataforma web y la aplicación móvil.
	RF-48	El sistema deberá mostrar el estado actual de membresía (activa/inactiva) en el perfil del usuario tanto en móvil como en web.

Tabla 2: Requerimientos Funcionales: Elaboración Propia.

2.2.2 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Los requerimientos no funcionales establecen las características de calidad, rendimiento y restricciones operativas que debe cumplir el sistema FitNova para garantizar una experiencia óptima del usuario.

Tipo	Código	Requerimiento
Requisitos de disponibilidad	RNF-01	El sistema deberá tener siempre la disponibilidad durante las horas operativas del gimnasio.
	RNF-02	El sistema deberá funcionar sin conexión a internet para la detección postural, almacenando datos localmente hasta reestablecer conectividad.
	RNF-03	El sistema deberá recuperarse automáticamente de fallos menores en menos de 30 segundos.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
Requisitos de Rendimiento	RNF-04	El sistema deberá soportar entre unos 10 a 20 usuarios realizando la detección postural en tiempo real sin presentar ningún problema en el rendimiento
	RNF-05	El sistema deberá sincronizar automáticamente los datos entre ambas aplicaciones móvil y web.
	RNF-06	El sistema deberá procesar la detección postura en dispositivos móviles de gama media a un mínimo de 15 FPS para garantizar una retroalimentación fluida.
	RNF-07	El sistema deberá tener una respuesta menor a 1 minuto para la generación de rutinas personalizadas mediante la API GPT
Requisitos de Almacenamiento	RNF-08	El sistema deberá almacenar datos en Cloud Firestore con capacidad de escalamiento automático
	RNF-09	El sistema deberá mantener copias de seguridad automáticas diarias de todos los datos críticos.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES		
Tipo	Código	Requerimiento
Requisitos de Seguridad	RNF-10	El sistema deberá implementar autenticación segura mediante Firebase Auth con verificación de email obligatoria.
	RNF-11	El sistema deberá aplicar reglas de seguridad a nivel de documento en Firestore para controlar acceso según rol de usuario.
Requisitos de Escalabilidad	RNF-12	El sistema deberá escalar automáticamente para soportar hasta 100 usuarios registrados sin modificaciones arquitectónicas.

Tabla 3: Requerimientos No Funcionales: Elaboración Propia.

2.3 Componente de la Propuesta

2.3.1 Arquitectura del Sistema

FitNova utiliza una arquitectura cliente-servidor *serverless* donde los usuarios acceden mediante una aplicación móvil (Ionic + Angular + Capacitor) que procesa la detección postural localmente con MediaPipe Pose. Los entrenadores y administradores gestionan el sistema desde una plataforma web (Angular 18 standalone) con dashboards de supervisión en tiempo real.

El backend se implementó mediante Firebase Cloud Functions utilizando Node.js para la lógica de negocio *serverless*, integrándose con OpenAI GPT-4 para generar rutinas personalizadas como nos muestra la [Tabla 25](#). La base de datos de Cloud Firestore es la que se encarga de mantener la sincronización en tiempo real tanto en la aplicación móvil y la aplicación web. Firebase Storage almacena capturas de errores críticos y Firebase Auth gestiona autenticación y roles de usuario.

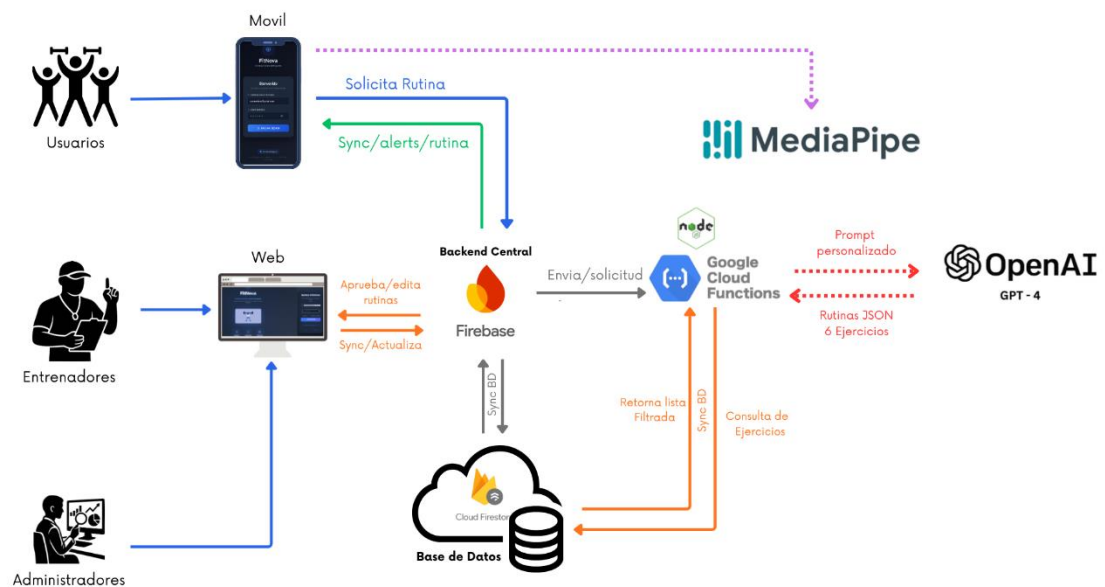


Figura 3: Arquitectura del sistema

2.3.2 Diagrama de casos de usos

Caso de Uso 1: Sistema de autenticación FitNova

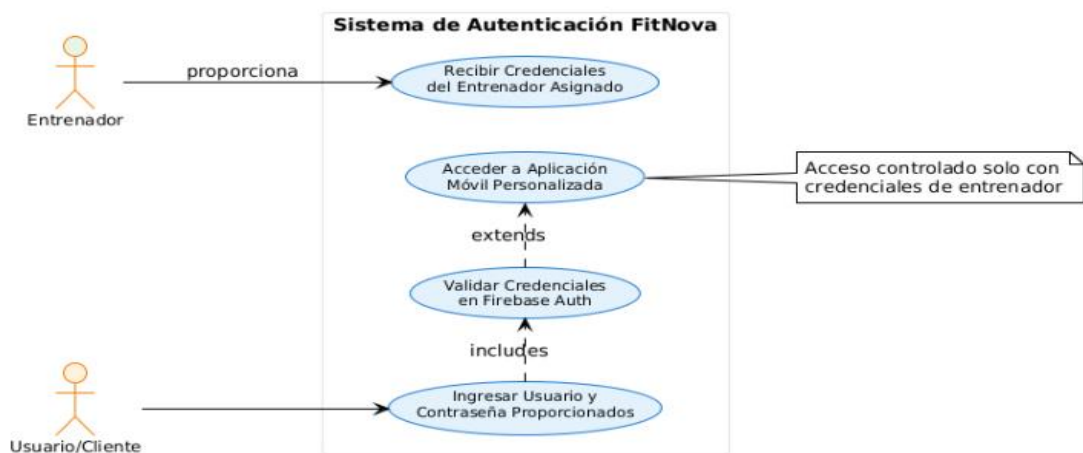


Figura 4: Casos de uso usuario/cliente

Actor	Usuario/Cliente
Definición	Permite al usuario acceder a la aplicación móvil usando credenciales asignadas previamente por su entrenador
Propósito	Proporcionar acceso controlado y seguro al sistema de entrenamiento personalizado.

Actor	Usuario/Cliente
Procedimiento	1. Recibir credenciales del entrenador asignado. 2. Ingresar usuario y contraseña proporcionados. 3. Sistema valida credenciales en Firebase Auth. 4. Acceder a la aplicación móvil personalizada
Pre-condiciones	Tener credenciales asignadas por un entrenador certificado
Post-condiciones	Usuario autenticado y con acceso a su perfil personalizado

Tabla 4: Casos de uso descripción de usuario/cliente (Aplicación Móvil)

Caso de Uso 2: Gestión de perfil completo

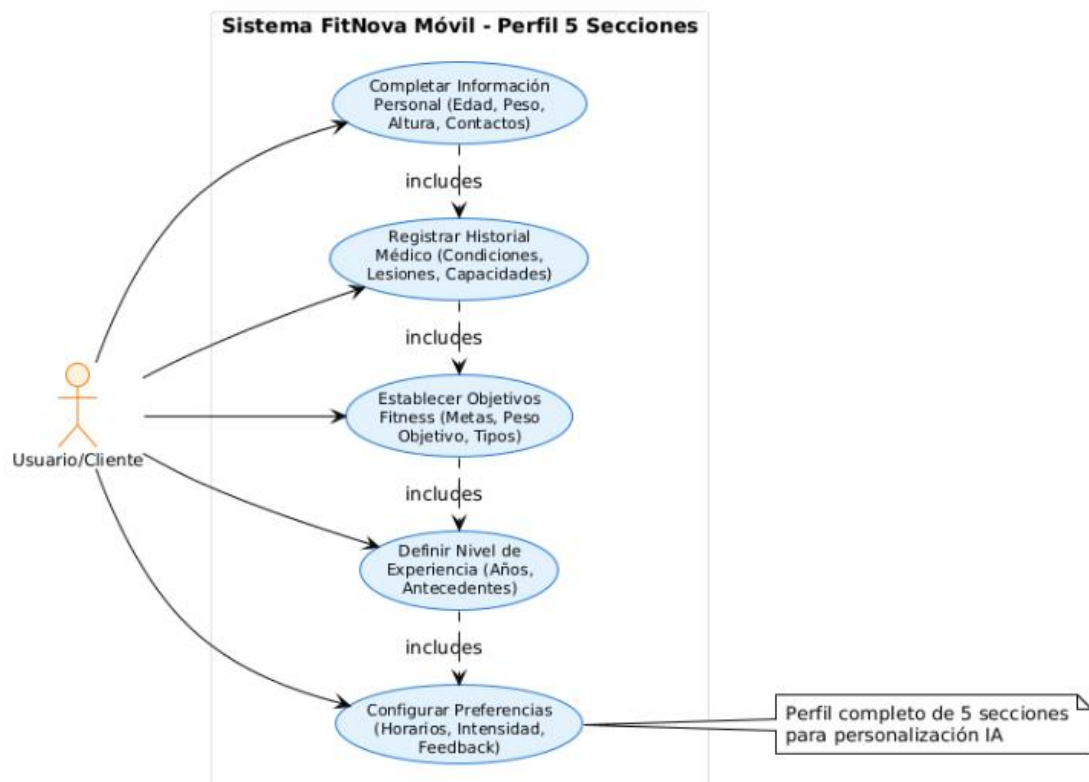


Figura 5: Casos de uso gestión de perfil completo

Actor	Usuario/Cliente
Definición	Permite registrar y actualizar información completa del usuario distribuida en cinco secciones específicas: información personal, historial médico, objetivos fitness, nivel de experiencia y preferencias de entrenamiento para personalización completa de rutinas por IA

Actor	Usuario/Cliente
Propósito	Recopilar datos integrales del usuario necesarios para que la IA genere rutinas seguras, personalizadas y adaptadas a limitaciones médicas, objetivos específicos y preferencias individuales
Procedimiento	1. Completar información personal básica (edad, peso, altura, fecha nacimiento, contactos de emergencia). 2. Registrar historial médico completo (condiciones actuales, lesiones previas, limitaciones físicas, capacidades para caminar/escaleras/pesas, nivel de energía). 3. Establecer objetivos fitness específicos (pérdida peso, ganancia muscular, peso objetivo, tipos de entrenamiento preferidos, duración y frecuencia deseada). 4. Definir nivel de experiencia deportiva (nivel general, experiencia en fuerza/cardio/flexibilidad, años de entrenamiento, antecedentes en gimnasio). 5. Configurar preferencias de entrenamiento (días disponibles, horarios preferidos, duración máxima, intensidad, ambiente preferido, configuración de feedback audio/visual/háptico). 6. Actualizar cualquier sección según evolución del usuario.
Precondiciones	Usuario autenticado en la aplicación
Postcondiciones	Perfil completo de 5 secciones disponible para generación automática de rutinas personalizadas por IA.

Tabla 5: Casos de uso descripción de Gestión de perfil médico e historial.

Caso de Uso 3: Ejecución de rutina con detección de errores críticos

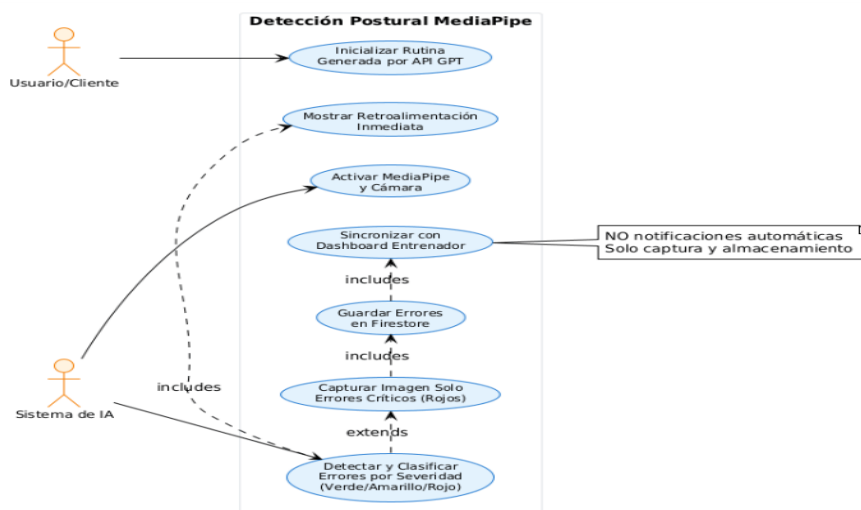


Figura 6: Casos de uso ejecución de rutina con detección de errores críticos.

Actor	Usuario/Cliente, Sistema de IA
Definición	Permite ejecutar rutinas con análisis de 33 puntos clave corporales, clasificación de errores por severidad y captura automática de errores críticos
Propósito	Corregir postura en tiempo real y alertar al entrenador automáticamente ante errores críticos (rojos)
Procedimiento	1. Inicializar rutina generada por API GPT. 2. Activar MediaPipe y cámara. 3. Detecta y clasifica los errores en verde → leve, Amarillos/naranja → intermedio y Rojo → critico 4. Nos muestra una retroalimentación en tiempo real 5. Capturar automáticamente solo errores críticos. 6. Guardar todos los errores clasificados en Firestore con timestamp y tipo de ejercicio. 7. Completa el entrenamiento y se sincronizan todos los datos con el Dashboard del entrenados 8. Por parte del entrenador en la plataforma web, le permite revisar los errores después de cada sesión de entrenamiento .
Precondiciones	Rutina generada por IA disponible, cámara funcional
Postcondiciones	Sesión registrada con errores clasificados y almacenados, capturas de errores críticos disponibles para revisión posterior del entrenador en Dashboard web.

Tabla 6: Casos de uso ejecución de rutina con detección de errores

Caso de Uso 4: Visualización de progreso y errores



Figura 7: Casos de uso visualización de progreso y errores

Actor	Usuario/Cliente
Definición	Permite ver y consultar el progreso de cada usuario y el historial de errores posturales
Propósito	Visualizar evolución técnica y recibir feedback personalizado para mejora continua
Procedimiento	1. Acceder a Dashboard personal. 2. Visualizar gráficos de repeticiones y tiempo. 3. Consultar historial de errores por tipo y severidad. 4. Revisar recomendaciones del entrenador asignado
Precondiciones	Haber completado al menos una sesión de entrenamiento
Postcondiciones	Usuario informado sobre su progreso técnico y áreas de mejora

Tabla 7: Casos de uso visualización de progreso y errores

Caso de Uso 5: Notificaciones y alertas críticas

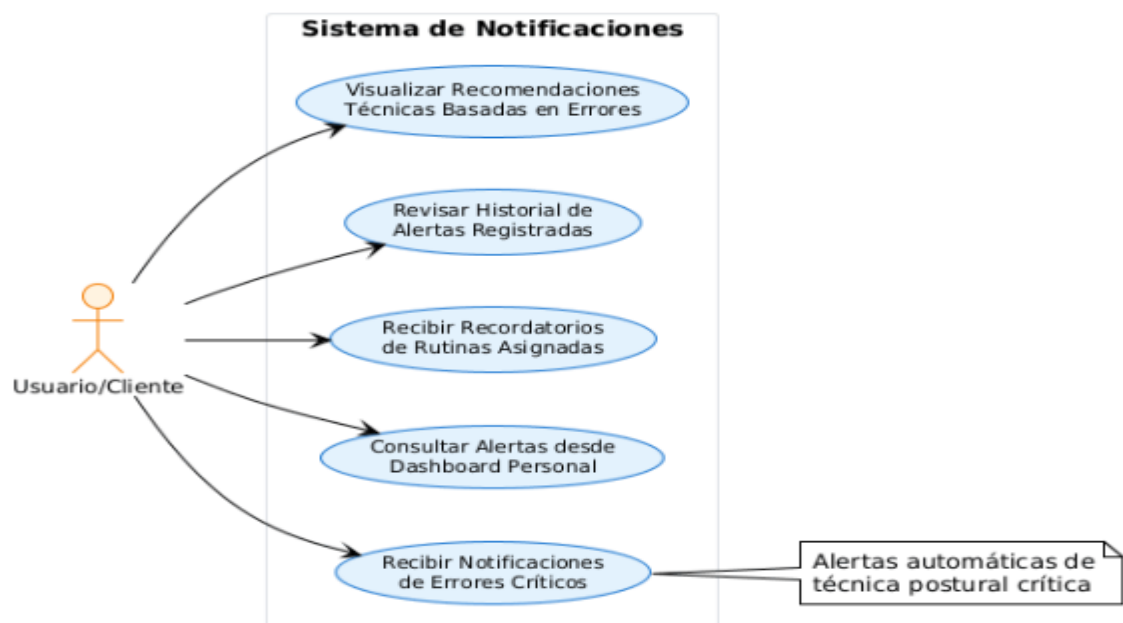


Figura 8: Casos de uso notificaciones y alertas críticas

Actor	Usuario/Cliente
Definición	Permite recibir notificaciones sobre el estado de entrenamiento, alertas de errores críticos detectados por IA y recordatorios de rutinas asignadas.

Actor	Usuario/Cliente
Propósito	Mantener al usuario informado sobre su progreso, alertas importantes de técnica postural y recordatorios para continuidad del entrenamiento.
Procedimiento	1. Recibir notificaciones cuando se detecten errores críticos durante entrenamiento. 2. Consultar alertas y recomendaciones desde Dashboard personal. 3. Revisar historial de alertas y errores críticos registrados.
Precondiciones	Usuario autenticado, permisos de notificaciones habilitados, rutinas asignadas.
Postcondiciones	Usuario informado sobre su estado de entrenamiento, historial de errores por sesión y progreso detallado por ejercicio.

Tabla 8: Casos de uso comunicación y notificaciones críticas

Caso de Uso 6: Supervisión en tiempo real y alertas críticas ENTRENADOR (Aplicación Web)

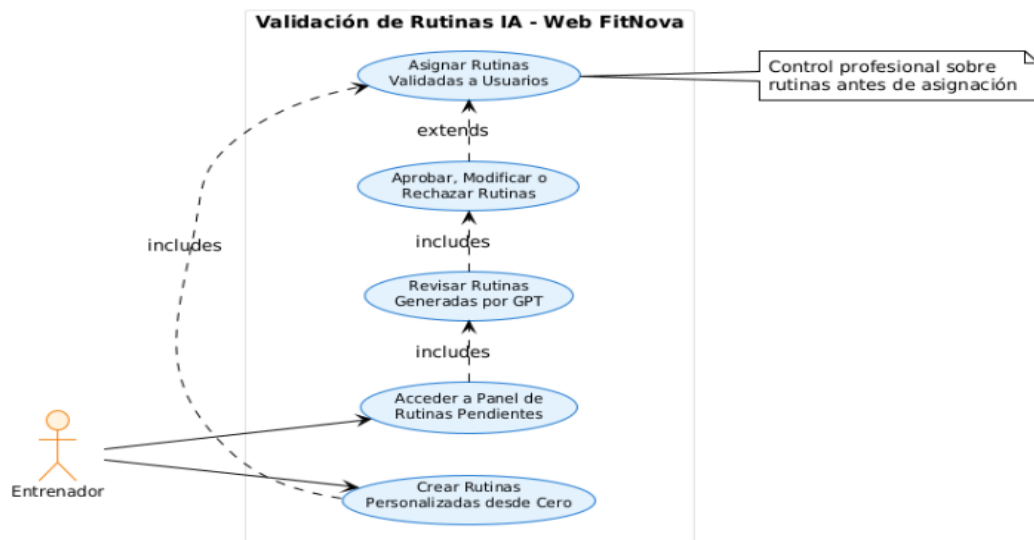


Figura 9: Casos de uso supervisión en tiempo real y alertas críticas

Actor	Entrenador
Definición	Permite monitorear sesiones activas de usuarios y recibir alertas automáticas cuando se detectan errores críticos (rojos)

Actor	Entrenador
Propósito	Proporcionar supervisión profesional inmediata e intervenir cuando sea necesario para prevenir lesiones
Procedimiento	1. Monitorear Dashboard de alertas críticas. 2. Recibir notificaciones automáticas de errores rojos. 3. Revisar capturas automáticas de errores críticos. 4. Intervenir mediante comunicación directa con usuario. 5. Registrar observaciones y recomendaciones
Precondiciones	Usuarios asignados realizando entrenamientos activos
Postcondiciones	Supervisión documentada e intervención oportuna.

Tabla 9: Casos de uso supervisión en tiempo real y alertas críticas

Caso de Uso 7: Administrar usuarios del sistema

ADMINISTRADOR (Aplicación Web)

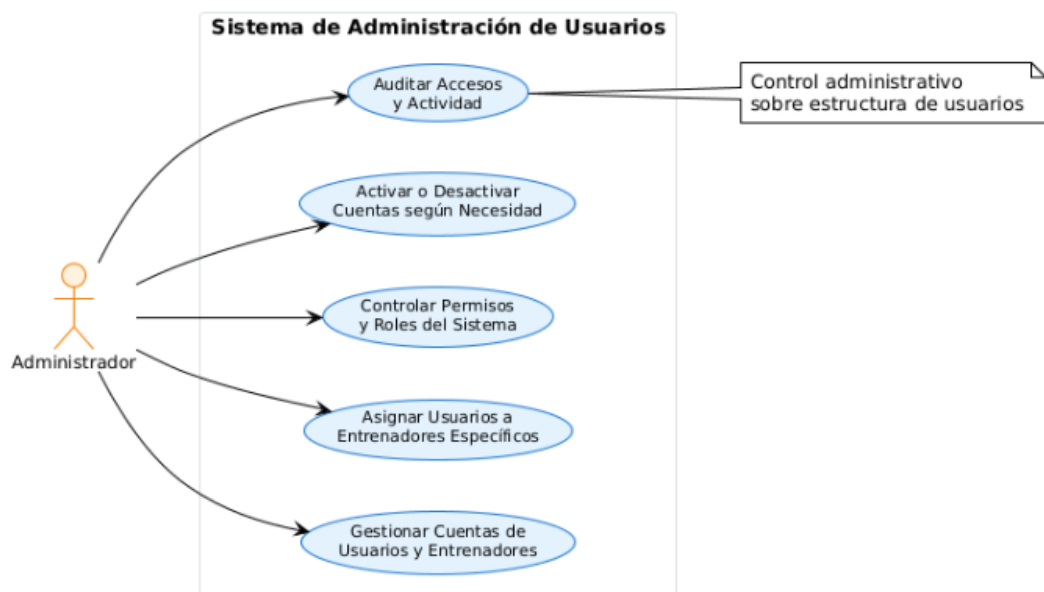


Figura 10: Casos de uso administrar usuarios del sistema

Actor	Administrador
Definición	Permite gestionar cuentas de usuarios, asignar entrenadores y controlar accesos del sistema completo
Propósito	Mantener control administrativo sobre la estructura de usuarios y asignaciones del sistema

Actor	Administrador
Procedimiento	1. Gestionar cuentas de usuarios y entrenadores. 2. Asignar usuarios a entrenadores específicos. 3. Controlar permisos y roles del sistema. 4. Activar o desactivar cuentas según necesidad. 5. Auditar accesos y actividad
Precondiciones	Permisos administrativos completos del sistema
Postcondiciones	Estructura organizacional actualizada y controlada

Tabla 10: Casos de uso administrar usuarios del sistema

Caso de Uso 8: Dashboard ejecutivo y métricas globales

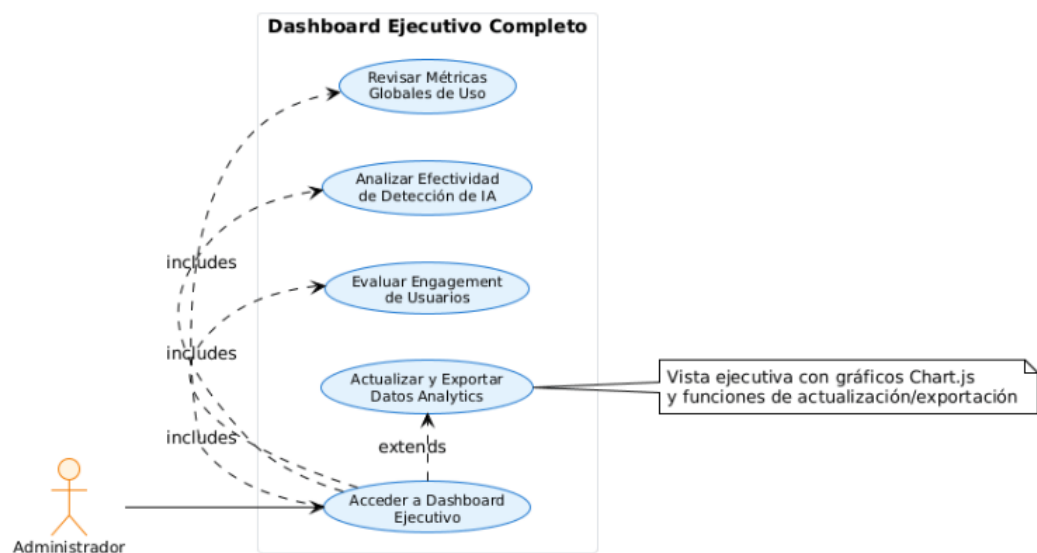


Figura 11: Casos de uso Dashboard ejecutivo y métricas globales

Actor	Administrador
Definición	Permite visualizar métricas globales del sistema, estadísticas de uso, efectividad de IA y análisis ejecutivo
Propósito	Proporcionar vista ejecutiva del rendimiento global del sistema para toma de decisiones estratégicas
Procedimiento	1. Acceder a Dashboard ejecutivo. 2. Revisar métricas globales de uso. 3. Analizar efectividad de detección de IA.

Actor	Administrador
Precondiciones	Datos históricos suficientes del sistema en funcionamiento
Postcondiciones	Análisis ejecutivo completo para decisiones estratégicas

Tabla 11: Casos de uso Dashboard ejecutivo y métricas globales

Caso de uso 9: Validación de Membresía

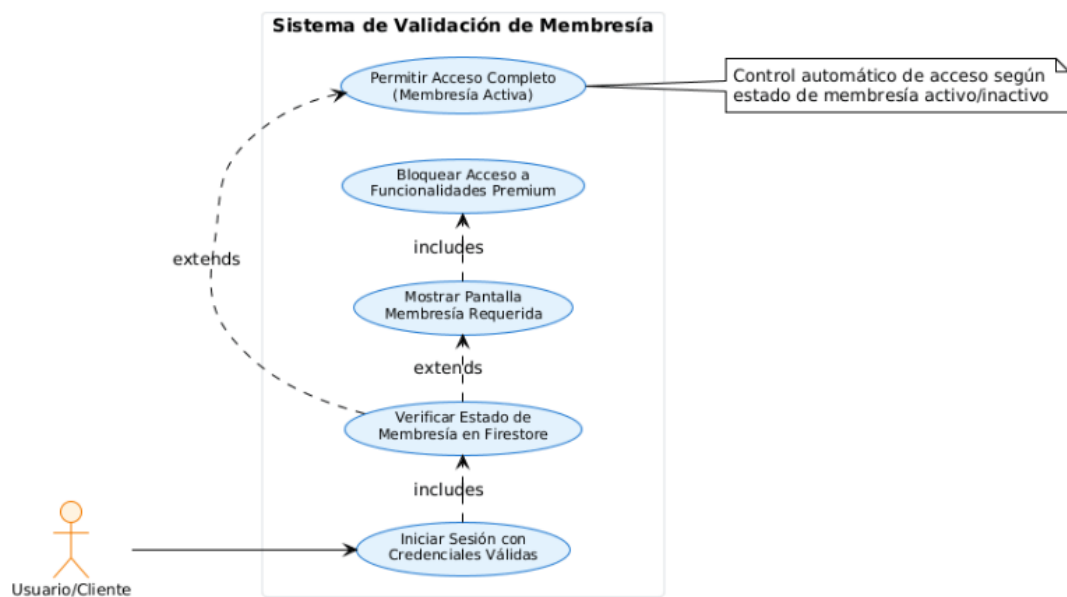


Figura 12: Casos de uso validación de Membresía

Actor	Usuario/Cliente
Definición	El sistema valida automáticamente el estado de membresía del usuario al iniciar sesión y controla el acceso a funcionalidades según el estado activo/inactivo.
Propósito	Garantizar que solo usuarios con membresía activa puedan acceder a detección postural, rutinas de entrenamiento y funcionalidades premium del sistema
Procedimiento	1. Usuario inicia sesión en aplicación móvil con credenciales válidas 2. Sistema verifica automáticamente estado de membresía en Firestore. 3. Si membresía activa: Permitir acceso completo a todas las funcionalidades de entrenamiento.

	4. Si membresía inactiva: Mostrar pantalla "Membresía Requerida" con información de contacto. 5. Bloquear acceso a detección postural, rutinas y progreso. 6. Permitir solo visualización de perfil básico y contacto con recepción.
Precondiciones	Usuario registrado en el sistema con credenciales válidas.
Postcondiciones	Acceso controlado otorgado o denegado según estado de membresía con redirección apropiada.

Tabla 12: Casos de uso validación de Membresía

Caso de uso 10: Gestión de Membresías

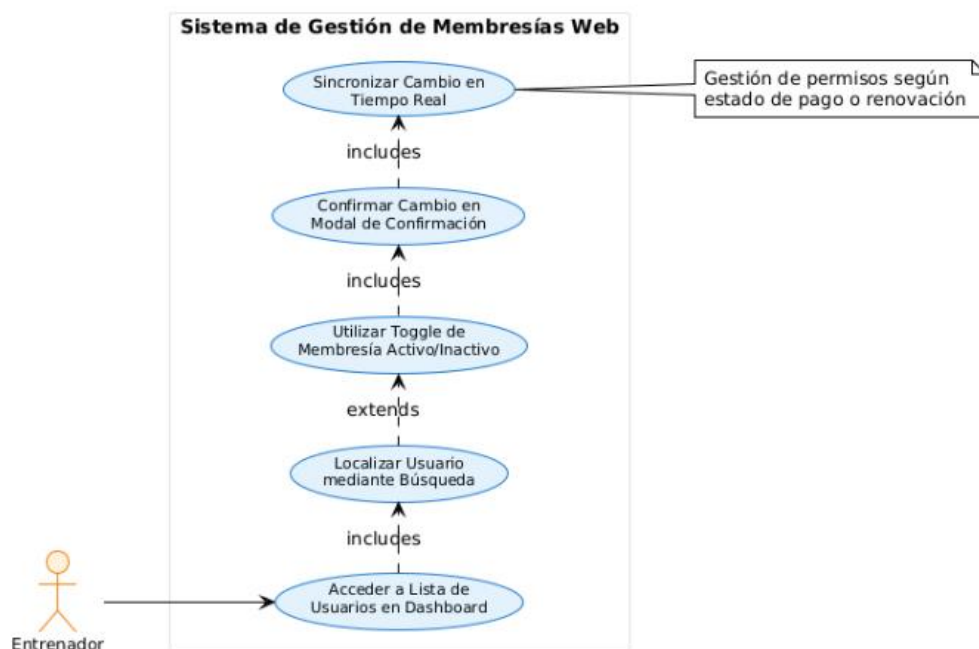


Figura 13: Casos de uso gestión de Membresía

Actor	Entrenador
Definición	Permite a entrenadores activar y desactivar membresías de usuarios desde la plataforma web para controlar acceso a funcionalidades de entrenamiento.
Propósito	Gestionar permisos de acceso de usuarios a las funcionalidades principales del sistema según estado de pago o renovación de membresía
Procedimiento	1. Acceder a lista de usuarios en Dashboard web. 2. Localizar usuario específico mediante búsqueda o filtros avanzados.

	3. Utilizar toggle de membresía para cambiar estado activo/inactivo. 4. Confirmar cambio de estado en modal de confirmación. 5. Sistema sincroniza cambio automáticamente en tiempo real con aplicación móvil. 6. Verificar actualización exitosa en lista de usuarios.
Precondiciones	Entrenador autenticado con permisos de gestión de usuarios en plataforma web
Postcondiciones	Estado de membresía actualizado en Firestore y sincronizado automáticamente con aplicación móvil del usuario.

Tabla 13: Casos de uso gestión de Membresías

Caso de uso 11: Gestión de Equipamiento del Gimnasio

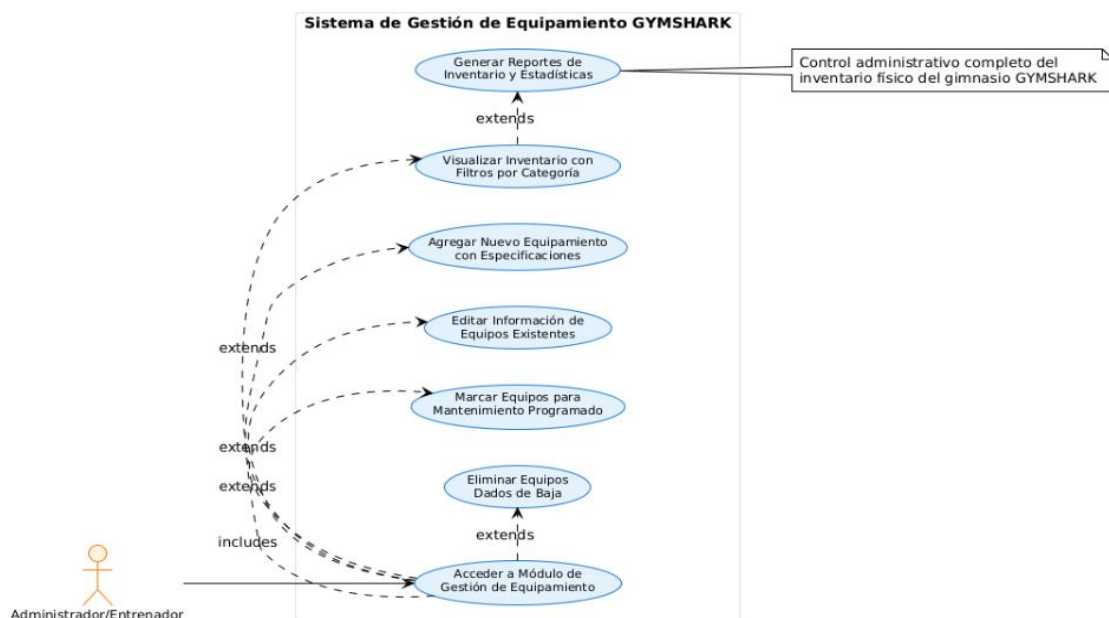


Figura 14: Casos de uso gestión de Equipamiento del Gimnasio

Actor	Administrador/entrenador
Definición	Permite realizar operaciones CRUD completas sobre el inventario de equipamiento del gimnasio GYMSHARK incluyendo máquinas, pesas libres, equipos de cardio y accesorios funcionales
Propósito	Mantener control administrativo del inventario físico del gimnasio, estado operacional, mantenimiento programado y ubicación por zonas

Actor	Administrador/entrenador
Procedimiento	1. Acceder a módulo de gestión de equipamiento desde panel administrativo. 2. Visualizar inventario actual con filtros por categoría, estado y zona. 3. Agregar nuevo equipamiento con especificaciones técnicas (marca, modelo, capacidad, ubicación). 4. editar información de equipos existentes y actualizar estado operacional. 5. Marcar equipos para mantenimiento programado con fechas específicas. 6. Eliminar equipos dados de baja o retirados del gimnasio.
Precondiciones	Administrador autenticado con permisos de gestión del sistema
Postcondiciones	Inventario de equipamiento actualizado con trazabilidad completa de cambios y estados

Tabla 14: Casos de uso gestión de Equipamiento del Gimnasio

2.3.3. Modelados de Datos

2.3.3.1. Arquitectura Firebase Implementada

FitNova utiliza una arquitectura integral de Firebase que gestiona el flujo completo de datos entre la aplicación móvil (Ionic + Angular) y la plataforma web de supervisión (Angular + Firebase). La implementación integra cuatro componentes principales de Firebase para manejar desde la autenticación hasta el procesamiento de datos biomecánicos en tiempo real.

Firebase Authentication constituye la capa de seguridad primaria del sistema, proporcionando múltiples métodos de autenticación incluyendo correo electrónico/contraseña, autenticación mediante Google, y tokens personalizados.

Cloud Firestore actúa como la base de datos NoSQL en tiempo real, almacenando la información estructurada en colecciones y documentos.

Firebase Storage maneja el almacenamiento de archivos multimedia, específicamente videos de entrenamiento capturados durante las sesiones, imágenes de perfil de usuarios, y recursos educativos como guías de ejercicios.

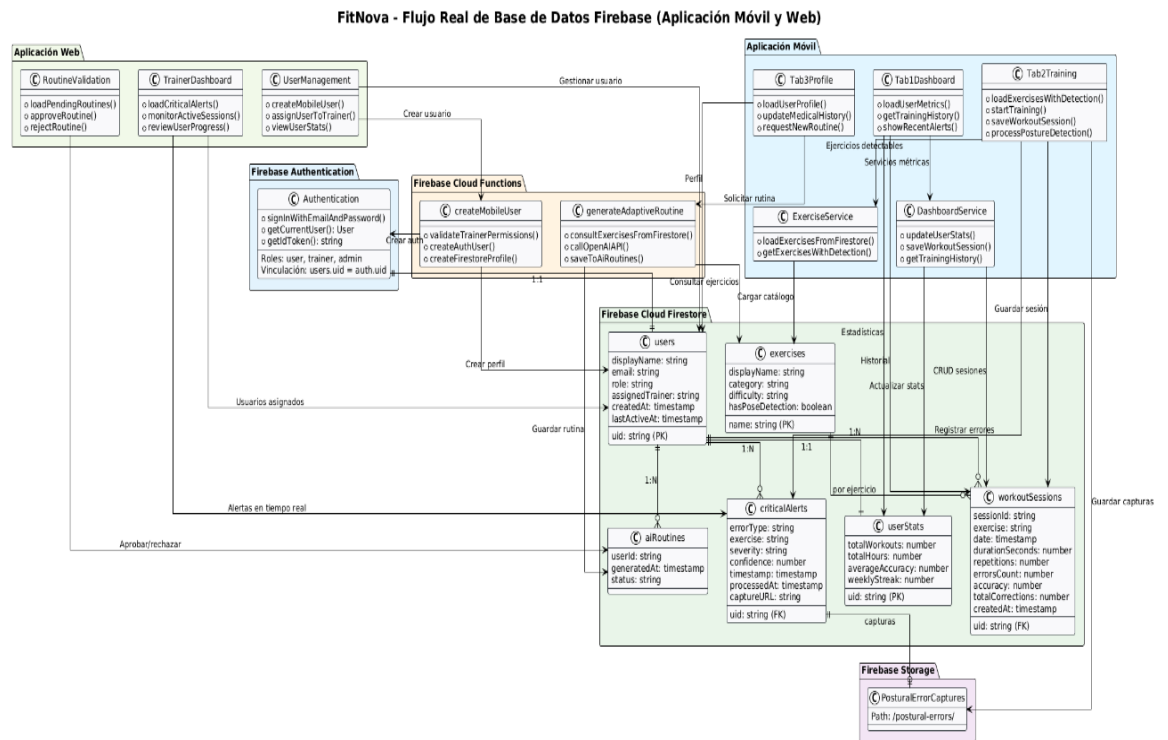


Figura 15: Flujo Real de Base de Datos – FitNova

La presenta Figura 15 nos muestra el flujo completo de la mayoría de los datos que hemos implementado en FitNova, donde nos muestra las 6 colecciones principales de firebase cloud Firestore y como interactúa con los componentes de la aplicación móvil en este caso con las interfaces tab1, tab2, tab3 y la plataforma web. Donde se observa todos los datos de entrenamientos, así como el progreso, el proceso de generación de rutinas y también la validación de rutinas personalizadas mediante la integración de la API-GPT.

Componentes utilizados de Firebase

Firebase Authentication es el que se encarga de gestionar los diferentes roles ya sea usuario, admin o entrenador ya que cada cuenta tiene un identificador único UID que sirve como clave principal en las colecciones existentes de Firestore, lo cual permite mantener una relación directa entre la autenticación y los datos del usuario.

Por su parte Firebase Cloud Firestore funciona como la base de datos NoSQL principal de nuestro sistema, esta se encarga de organizar la información de todas las colecciones donde se almacenas los datos personales, métricas de entrenamiento, las alertas posturales, rutinas generadas por la API-GPT, etc.

Firestore nos permite ejecutar la lógica *Serveless* sin mantener un servidor dedicado, donde se implementan dos funciones principales *generateAdaptiveRoutine*, la cual se encarga de crear las rutinas personalizadas con GPT-4 adaptadas al historial médico e información de cada usuario.

createMobileUser, es la que gestiona la creación de las cuentas para la aplicación móvil desde la plataforma web, garantizando la coherencia de roles y los datos que están en Firestore, por otro lado, Firestore Storage se almacena las capturas de todos los errores críticos que presentan todos los usuarios al momento del entrenamiento en la ruta */postural-errors/*, cada captura se guarda en la colección *criticalAlerts* mediante el campo *captureURL*.

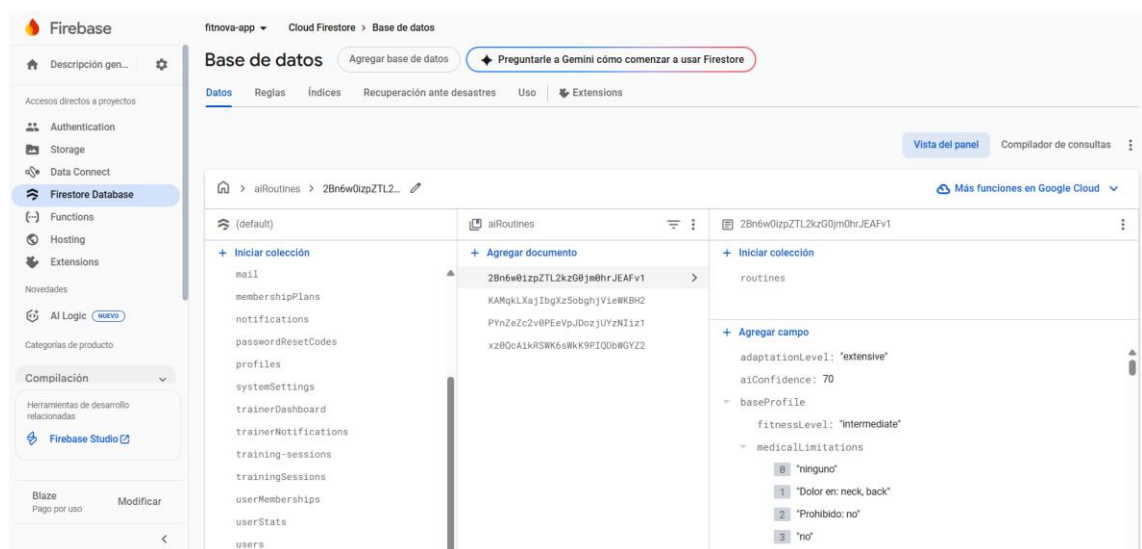


Figura 16: Firebase - Base de Datos

2.3.3.2. Estructura de Colecciones Implementadas

Colección Principal: users

Propósito: Perfiles de usuario vinculados directamente con Firebase Authentication

Campo	Tipo	Descripción
uid	String	ID único sincronizado con Firebase Auth (PK)

Campo	Tipo	Descripción
displayName	String	Nombre completo del usuario
email	String	Correo electrónico único
role	String	Rol del sistema (user, trainer, admin)
assignedTrainer	String	UID del entrenador asignado
createdAt	timestamp	Fecha de registro
lastActiveAt	timestamp	Última actividad registrada

Tabla 15: Colección Principal: users

Relación con Firebase Auth: Cada documento utiliza el UID de Authentication como identificador, creando una relación 1:1 que garantiza la sincronización entre autenticación y datos de perfil, como se ilustra en la [Figura 15](#) y la Tabla [23](#).

Colección: workoutSessions

Propósito: Registro histórico de entrenamientos completados con métricas de rendimiento real

Campo	Tipo	Descripción
uid	string	ID del usuario (FK → users)
sessionId	string	Identificador único de la sesión
exercise	string	Nombre del ejercicio realizado
date	timestamp	Fecha y hora del entrenamiento
durationSeconds	number	Duración total en segundos
repetitions	number	Repeticiones reales completadas

errorsCount	number	Errores posturales detectados
totalCorrections	number	Correcciones aplicadas
createdAt	timestamp	Timestamp de creación

Tabla 16: Colección de Entrenamiento: *workoutSessions*

Índice compuesto: (uid ASC, date DESC) para consultas eficientes de historial cronológico por usuario.

Flujo de datos:

Tab2 Training → DashboardService.saveWorkoutSession() →
workoutSessions.add ()

Colección de Alertas: criticalAlerts

Propósito: Alertas de errores posturales críticos que requieren supervisión del entrenador

Campo	Tipo	Descripción
uid	String	ID del usuario afectado (FK → users)
errorType	String	Tipo específico de error postural
exercise	String	Correo electrónico único
severity	String	Nivel de severidad del error
confidence	number	Confianza del modelo de detección (0.0-1.0)
timestamp	timestamp	Momento exacto de detección
processedAt	timestamp	Cuando se procesó la alerta
biomechanicsData	object	Datos de ángulos articulares detectados

captureURL	String	URL de imagen en Firebase Storage
-------------------	--------	-----------------------------------

Tabla 17: Colección de Alertas: *criticalAlerts*

Índice compuesto: (uid ASC, processedAt DESC) para consultas de alertas por usuario.

Relación con Storage: captureURL referencia archivos en /postural-errors/alertId_capture.jpg

Flujo de datos: Tab2Training → detección de error → criticalAlerts.add () + Storage.upload()

Colección de Ejercicios: *exercises*

Propósito: Catálogo centralizado de ejercicios con capacidades de detección postural

Campo	Tipo	Descripción
name	String	Identificador técnico único (PK)
displayName	String	Nombre visible para usuarios
category	String	Categoría del ejercicio
difficulty	String	Nivel de dificultad
hasPoseDetection	boolean	Indica si tiene detección automatizada
detectionType	String	Tipo de análisis postural
targetMuscles	array	Grupos musculares objetivo
contraindications	array	Condiciones médicas incompatibles
isActive	boolean	Estado del ejercicio

Tabla 18: Colección de Ejercicios: *exercises*

Ejercicios con detección implementados:

- SQUATS = Sentadillas
- DEADLIFTS = Peso Muerto
- LUNGES = Zancadas
- BARBELL_ROW = Remo con Barra

Flujo de datos: Tab2Training → ExerciseService.loadExercisesFromFirestore()
→ exercises.where(hasPoseDetection)

Colección de Métricas: userStats

Propósito: Estadísticas agregadas y métricas de rendimiento por usuario

Campo	Tipo	Descripción
uid	String	ID del usuario
totalWorkouts	number	Total, de entrenamientos completados
totalHours	number	Horas acumuladas de entrenamiento
lastSessionRepetitions	number	Repeticiones de la última sesión
weeklyStreak	number	Racha semanal de entrenamientos
improvementRate	number	Tasa de mejora calculada

Tabla 19: Colección de Métricas: userStats

Relación: 1:1 con users mediante uid

Flujo de datos: DashboardService.updateUserStats() → cálculos automáticos → userStats.update()

Estructura Anidada: aiRoutines/{userId}/routines/{routineId}

Propósito: Rutinas personalizadas generadas por Cloud Functions con integración GPT-4

Arquitectura de sub-colección:

- Colección padre: aiRoutines
- Documento intermedio: {userId} (particionamiento por usuario)
- Subcolección: routines (rutinas específicas)

Campo	Tipo	Descripción
userId	String	ID del usuario propietario
generatedAt	timestamp	Fecha de generación por IA
status	string	Estado (pendiente, aprobado, rechazado y activo)
approvedBy	string	UID del entrenador que aprobó
routine	object	Objeto completo con datos de la rutina

Tabla 20: Arquitectura de sub-colección:

Flujo de datos: Tab3Profile → generateAdaptiveRoutine → GPT-4 API → aiRoutines/{userId}/routines/

2.3.3.3. Flujos de Datos Implementados

sistema implementa tres flujos principales de datos que integran la aplicación móvil con la plataforma web de supervisión:

Flujo de Entrenamiento (Aplicación Móvil)

1. **Inicio de Sesión:** Tab1Dashboard carga métricas desde userStats e historial desde workoutSessions
2. **Selección de Ejercicio:** Tab2Training consulta exercises donde hasPoseDetection = true
3. **Entrenamiento Activo:** Detección postural en tiempo real con MediaPipe Pose

4. **Detección de Errores:** Errores críticos generan documentos en criticalAlerts + capturas en Storage
5. **Finalización:** Datos guardados en workoutSessions, métricas actualizadas en userStats

Flujo de Supervisión (Aplicación Web)

1. **Dashboard de Entrenador:** TrainerDashboard escucha criticalAlerts en tiempo real
2. **Validación de Rutinas:** RoutineValidation consulta aiRoutines con status = 'pending'
3. **Gestión de Usuarios:** UserManagement llama createMobileUser para crear perfiles

Flujo de Rutinas Personalizadas

1. **Solicitud:** Tab3Profile → generateAdaptiveRoutine function
2. **Procesamiento:** Cloud Function consulta exercises seguros + perfil médico
3. **Generación IA:** Integración con GPT-4 para crear rutina personalizada
4. **Almacenamiento:** Rutina guardada en aiRoutines/{userId}/routines/
5. **Validación:** Entrenador aprueba/rechaza desde RoutineValidation web

2.3.3.4. Integración de Componentes Firebase

Cloud Functions Implementadas

GenerateAdaptiveRoutine: esta función se activa mediante peticiones HTTP desde el perfil del usuario en la aplicación móvil. Su proceso consulta ejercicios disponibles en la base de datos, realiza una llamada a la API-GPT4 para generar rutinas personalizadas, almacena las rutinas generadas y valida la autenticación del usuario mediante token de firebase.

CreateMobileUser: Esta función responde a peticiones HTTP desde la plataforma web, crea nuevos usuarios en el sistema de autenticación y los registra en la base de datos, verificando que el rol asignado sea válido (entrenador o administrador).

Firestore Storage

La estructura de almacenamiento organiza todas las capturas de errores posturales críticos en un directorio dedicado. Cada captura se guarda con un identificador único junto con sus metadatos correspondientes

Reglas de seguridad implementadas

Se establecieron las reglas de seguridad que definen con claridad los permisos según el tipo de usuario, todos los usuarios tienen acceso completo a su propia información. Las rutinas que nos generó la inteligencia artificial los usuarios tienen acceso a ellas el código de las reglas de seguridad se presente en el Anexo 11: Firestore Storage y Reglas de Seguridad Implementadas.

2.3.3.5. Sincronización en Tiempo Real

Listeners Implementados

Tres módulos implementados: panel de usuario el cual monitorea las métricas de rendimiento, también en panel de entrenador que se encarga de supervisar las alertas críticas y el módulo de rutinas que es el que se encarga de las aprobaciones de rutinas IA. La implementación se presenta en el Anexo 12: Listeners Implementados.

Este modelado de datos refleja la implementación real de FitNova, donde cada componente tiene un propósito específico en el flujo de entrenamiento personalizado, desde la detección postural en tiempo real hasta la generación de rutinas con inteligencia artificial, manteniendo la sincronización entre la experiencia móvil del usuario y la supervisión web del entrenador. La arquitectura completa y sus interrelaciones se visualizan de manera integral en la Figura 15, demostrando la cohesión entre los componentes Firestore y las aplicaciones cliente.

2.3.4 Integración con API OpenAI GPT-4

Generar rutinas de entrenamiento completamente personalizadas mediante la integración de OpenAI GPT-4o-mini, un modelo de lenguaje de inteligencia artificial que analiza de forma integral el historial médico del usuario, sus objetivos de entrenamiento específicos, limitaciones físicas actuales, nivel de experiencia y

capacidad física evaluada. El sistema procesa estos datos para crear programas de ejercicio seguros, adaptados y progresivos que consideran contraindicaciones médicas, reemplazan automáticamente ejercicios riesgosos por alternativas seguras, y ajustan la intensidad (series, repeticiones, descansos) según el perfil individual.

2.4.7.1 Arquitectura de Integración

El sistema implementa una arquitectura serverless que conecta la aplicación móvil con OpenAI GPT-4 mediante Firebase Cloud Functions como intermediario seguro:

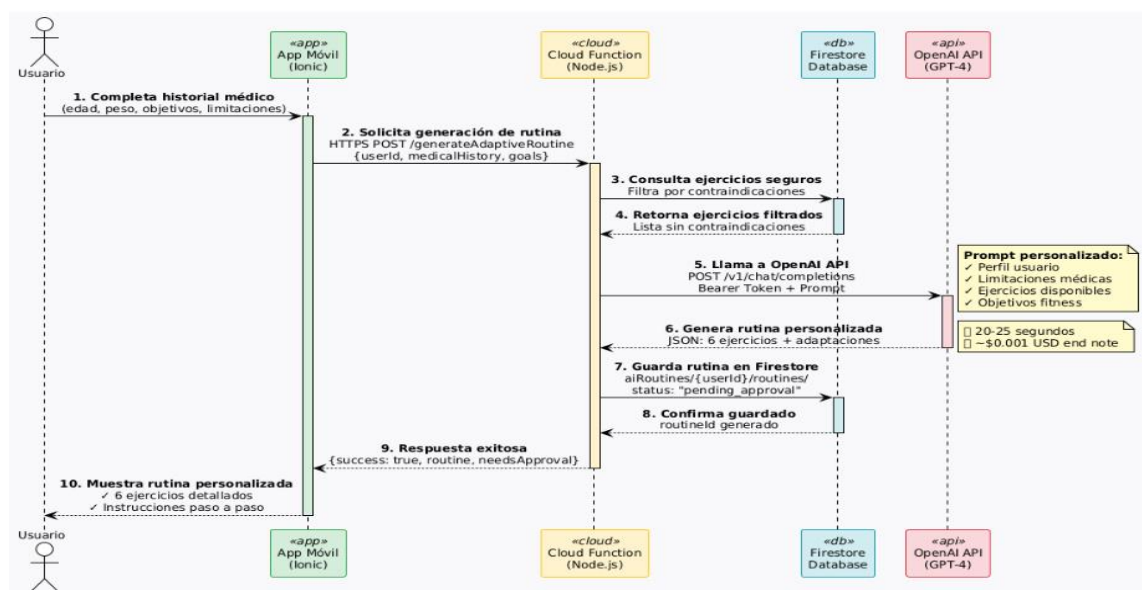


Figura 17: Arquitectura de Integración - API GPT-4

2.4.7.2: Implementación de la conexión API

Configuración de Dependencias

Librerías instaladas para integración OpenAI y herramientas firebase. Clave API gestionada mediante variable de entorno. Todo esto y el detalle de configuración se presenta en el Anexo 13: Implementación de la Conexión API.

Inicialización de OpenAI

Inicialización del cliente OpenAI mediante importación de clase y la creación de instancia autenticada. El código se presenta en el Anexo 13: Implementación de la Conexión API.

Cliente Móvil

Este servicio es el que se encarga de enviar peticiones a Cloud Functions lo cual incluyendo también el identificador de usuarios y los datos completos del perfil. Como lo podemos ver en el Anexo 13: Implementación de la Conexión API

2.4.7.3 Estructura de Petición y Respuesta

La comunicación con OpenAI se lleva a cabo mediante una solicitud HTTP que envía los datos en formato JSON, junto con el token de autorización, el modelo de inteligencia artificial selecciona, el límite de token y el nivel de creatividad a cambio el sistema recibe una respuesta organizada que incluye el nombre de la rutina y seis ejercicios personalizado todo esto lo encontramos en el Anexo 14: Estructura de Petición y Respuesta

2.4.7.4 Logs de Generación

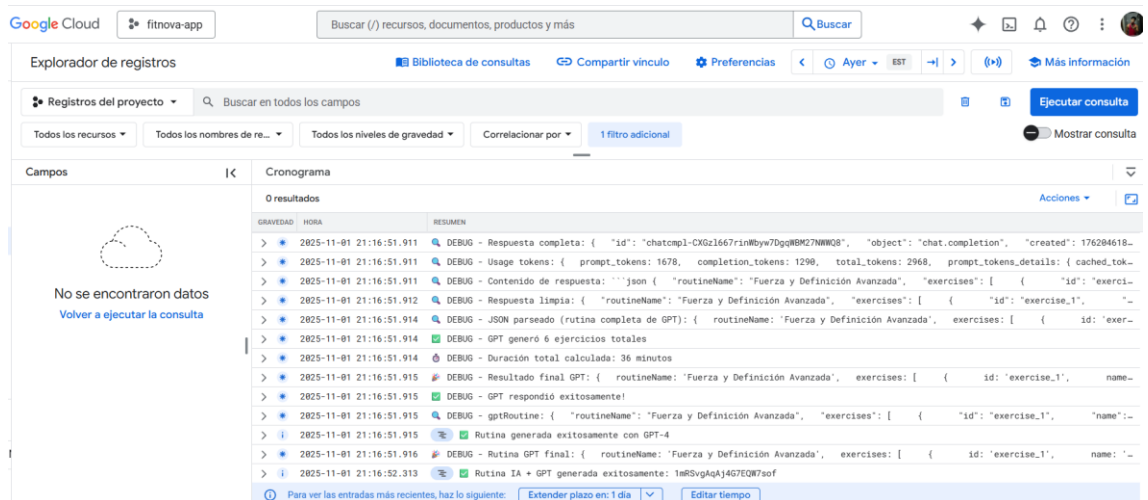


Figura 18: Logs de Generación

La Figura 18 presenta los registros (Logs) generados durante la creación de rutinas adaptativas mediante la API de OpenAI GPT-4. En esta captura se puede observar el proceso de la solicitud y respuesta del modelo de inteligencia artificial, mostrando

- El timestamp de cada petición realizada al servicio.
- Los tokens consumidos en la generación de cada rutina.
- El tiempo de respuesta promedio del API (aproximadamente 3 – 5 segundos).

- El formato JSON de las rutinas generadas con ejercicios personalizados.
- Estos logs son fundamentalmente para el monitoreo del rendimiento del sistema.

2.4.7.5 Uso OpenAI Plataform

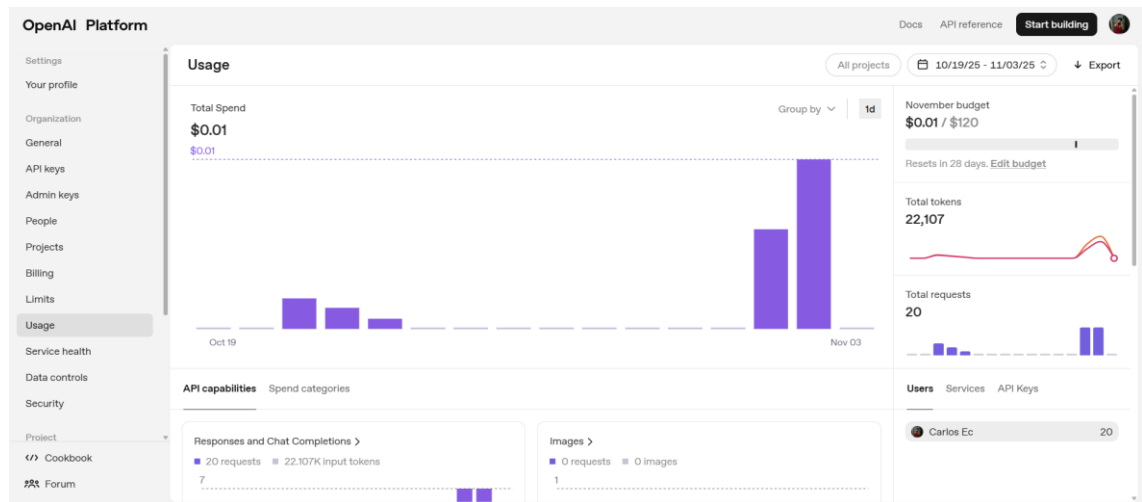


Figura 19: Uso OpenAI Plataform

La Figura 19 muestra el panel de control de OpenAI Plataform donde se visualiza el consumo de recursos de la API GPT-4 utilizada por FitNova. El Dashboard presenta información relevante sobre:

- Número total de peticiones realizadas en el periodo actual.
- Consumo acumulado de tokens (prompt + completion).
- Distribución de uso por modelo (GPT-4 mini en este caso).
- Costos asociados al consumo del servicio.

Esta métrica es esencial para el control presupuestario del proyecto y permite estimar los costos operativos de la funcionabilidad de generación de rutinas adaptativas.

2.4.7.6 Métricas del Sistema

Métrica	Valor	Descripción
Endpoint API	<code>https://api.openai.com/v1/chat/completions</code>	URL de conexión con el modelo de IA

Métrica	Valor	Descripción
Modelo utilizado	gpt-4o-mini	Balance entre costo, velocidad y calidad de generación
Método HTTP	POST	Solicitud autenticada con Authorization: Bearer [API_KEY]
Tiempo promedio de generación	20 – 25 segundos	Procesamiento completo del prompt (~4.5K caracteres)
Tokens promedio por rutina	2,800 tokens	1,678 de entrada + 1,290 de salida
Costo estimado por rutina	\$0.001 USD	Alta eficiencia y escalabilidad económica
Tasa de éxito	> 95%	Rutinas válidas generadas sin error de formato
Nivel de confianza IA	60% – 95%	Varía según la complejidad del perfil del usuario

Tabla 21: Métricas de Rendimiento API GPT-4

2.4.7.8 Almacenamiento en Firestore

Las rutinas generadas se almacenan en estructura anidada:

aiRoutines/{userId}/routines/{routineId}

```

└─ routine: {
  │ └─ routineName: "Fuerza y Resistencia Adaptada"
  │ └─ exercises: Array(6)
  │ └─ totalDuration: 36
  │ └─ adaptations: Array
  │ }
└─ status: "pending_approval"

```

|— aiConfidence: 78
 |— needsTrainerApproval: true
 |— generatedAt: Timestamp

2.4.7.9 Seguridad de la Conexión

Aspecto	Implementación
API Key	Almacenada en variables de entorno backend
Autenticación	Firebase Auth obligatoria para peticiones
Comunicación	HTTPS encriptado en todas las conexiones
Validación	Backend valida datos antes de llamar API
Rate Limiting	Control de peticiones por usuario

Tabla 22: Medidas de Seguridad Implementadas

2.4. Diseño de Interfaces

2.4.1 Diseño de Interfaz Móvil (FitNova App)

El diseño de la aplicación móvil FitNova se fundamenta en principios de usabilidad centrada en el usuario principiante, implementando una arquitectura de navegación por pestañas que facilita el acceso rápido a las funcionalidades principales. La interfaz integra tecnologías avanzadas como MediaPipe Pose para detección postural y Firebase para sincronización en tiempo real, manteniendo una experiencia visual consistente y profesional.

2.4.2 Pantalla de Autenticación Firebase – Inicio de sesión

Gestionar el acceso seguro al sistema mediante autenticación controlada por entrenadores, implementando un modelo de registro supervisado que garantiza que solo usuarios validados accedan a las funcionalidades de entrenamiento personalizado. Este enfoque de seguridad multinivel elimina registros automatizados y requiere que cada nuevo usuario sea aprobado explícitamente por un entrenador autorizado.

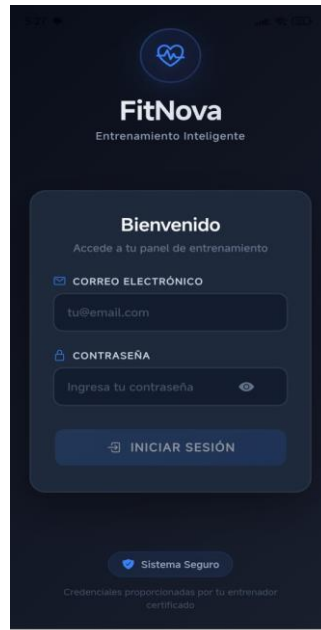


Figura 20: Pantalla de Inicio de Sesión móvil

2.4.3 Dashboard Principal (Tab1) - Centro de Métricas

Propósito funcional: Presentar una vista consolidada del progreso personal del usuario mediante métricas calculadas en tiempo real, incluyendo estadísticas de entrenamientos, Errores reducidos, Ejercicios mejorados, fomentando la motivación y adherencia al programa de entrenamiento.



Figura 21: Dashboard y Estadísticas por ejercicio

2.4.4 Modulo de Resumen de entrenamiento por usuario

Propósito funcional: Este módulo proporciona al usuario una vista consolidada y personalizada de su progreso individual en la reducción de errores posturales. La interfaz móvil visualiza métricas clave de rendimiento que permiten al usuario monitorear su evolución técnica de manera clara e intuitiva.

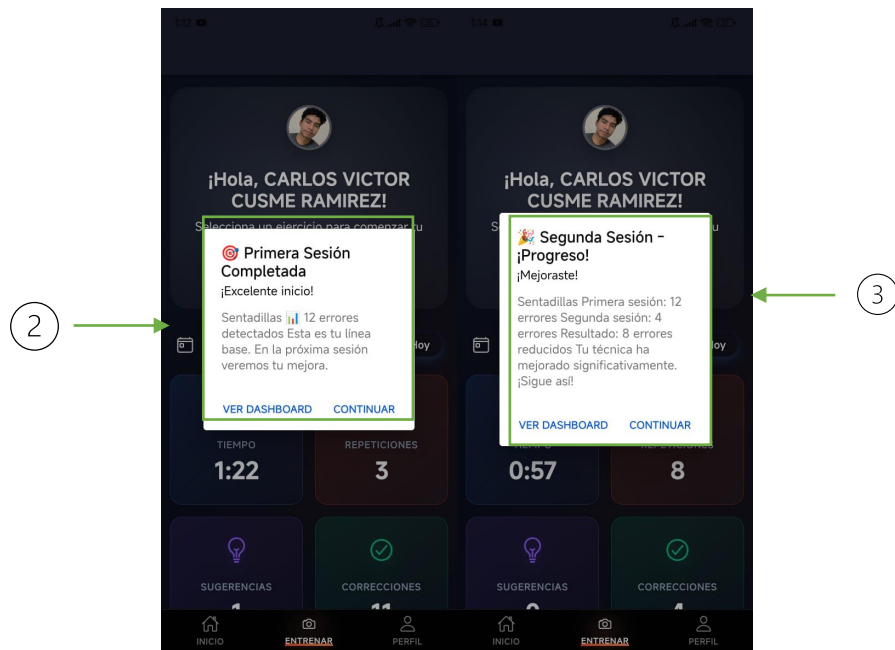


Figura 22: Modulo de Resumen de entrenamiento por usuario (parte 1)

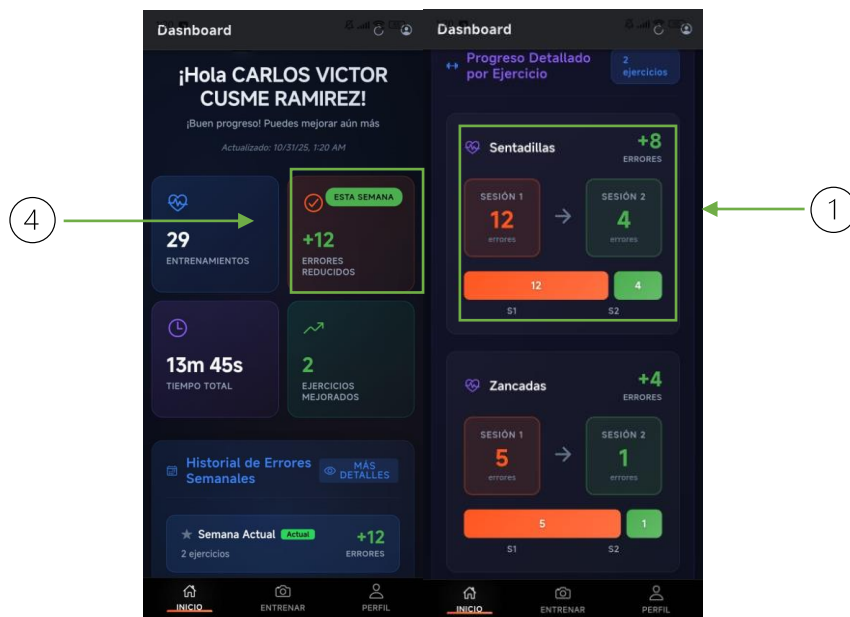


Figura 23: Modulo de Resumen de entrenamiento por usuario (parte 2)

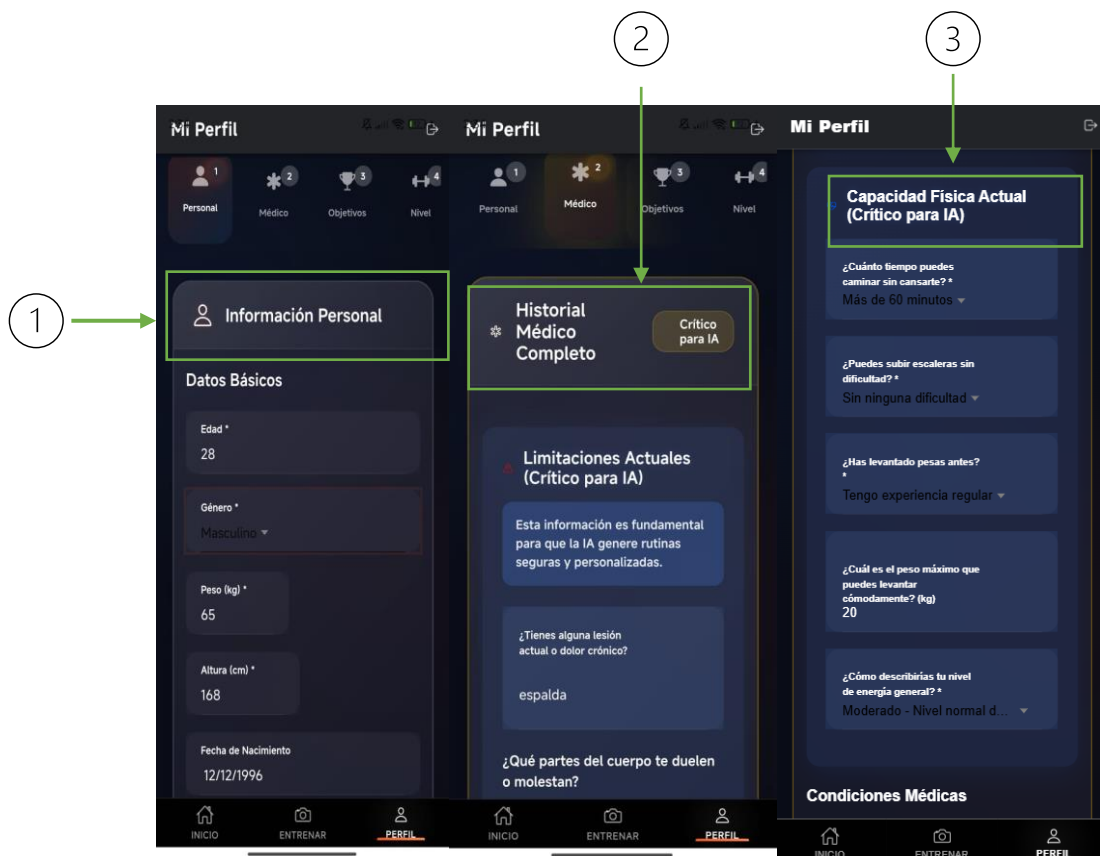
Completamente Implementado:

- Visualización comparativa de errores iniciales vs errores finales
- Errores iniciales promedio (primera sesión completada)
- Errores finales promedio (segunda sesión completada)
- Total, de errores reducidos acumulados

2.4.5 Modulo completo de historial del usuario

Propósito funcional: Recopilar información médica y física esencial durante el primer uso de la aplicación, estableciendo la base para la generación de rutinas adaptativas personalizadas y la configuración de parámetros de seguridad para la detección postural

Este módulo implementa un cuestionario inteligente estructurado en secciones progresivas que capturan datos antropométricos (peso, altura, IMC), historial de lesiones previas, condiciones médicas relevantes (problemas cardiovasculares, articulares o respiratorios), nivel de experiencia en entrenamiento físico, y objetivos específicos del usuario (pérdida de peso, ganancia muscular, mejora de resistencia).



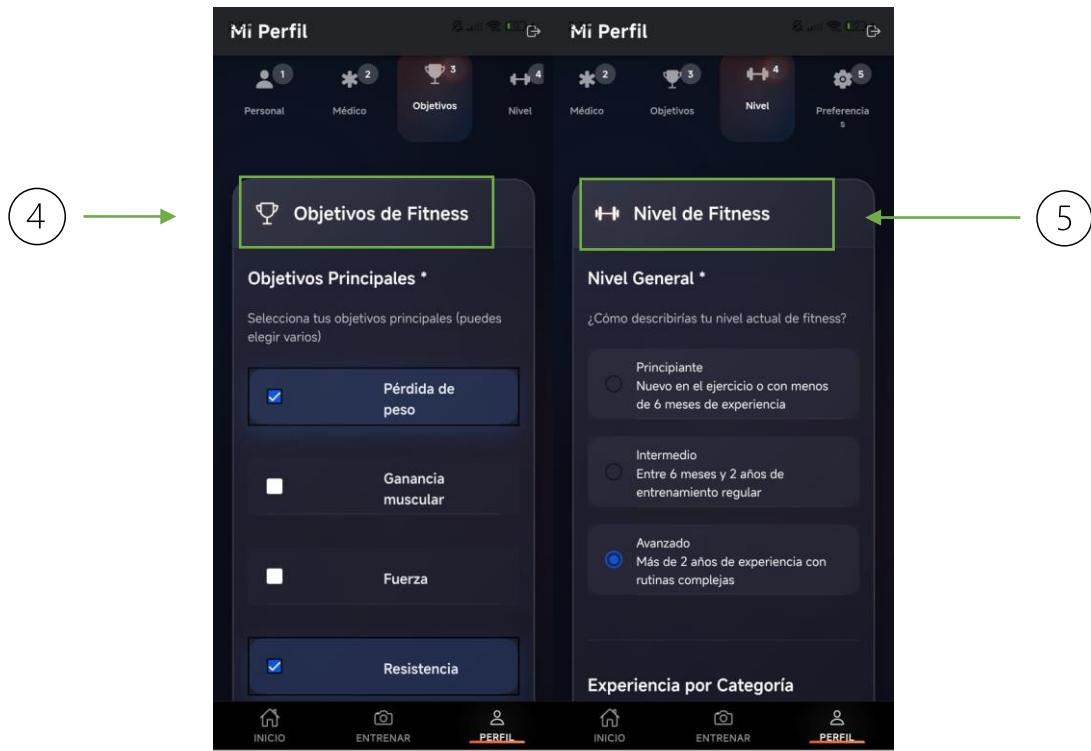


Figura 24: Módulo completo del historial de usuario

Cumplimiento del Objetivo Especifico 1

Incorporar un módulo de historial de usuario, que permita registrar datos personales, condiciones físicas, objetivos de entrenamiento y nivel de experiencia de los usuarios, facilitando la personalización de rutinas.

Estado Implementado:

Datos personales: donde registramos la edad, peso, altura, fecha de nacimiento, contacto de emergencia [Figura 24](#) (Numero 1)

Condiciones físicas: Incluye historial médico detallado, lesiones previas, limitaciones físicas y capacidades actuales del usuario [Figura 24](#) (Numero 2 y 3)

Objetivos de entrenamiento: Considera metas como pérdida de peso, ganancia muscular, tipo de entrenamiento preferido, duración y frecuencia [Figura 24](#) (Numero 4)

Nivel de experiencia: Clasifica al usuario según su nivel general y experiencia específica en fuerza, cardio o flexibilidad, junto con los años de práctica [Figura 24](#) (Numero 5)

Resultado: El sistema recopila de forma efectiva todos los datos requeridos y los utiliza para generar rutinas personalizadas mediante la API de GPT, cumpliendo satisfactoriamente el objetivo planteado.

2.4.6 Interfaz de Detección Postural en Tiempo Real

Propósito Funcional: nos permite proporcionar retroalimentación postural en tiempo real durante la ejecución de ejercicios empleando análisis de visión por computadora para detectar errores biomecánicos en tiempo real y orientar al usuario hacer una técnica correcta reduciendo el riesgo a lesiones.



Figura 25: Selección del ejercicio y Vista de los 33 puntos claves de Media Pipe

2.4.7 Rutinas Asignadas (Tab3) - Gestión de Entrenamiento

Propósito funcional: Gestionar el flujo completo de rutinas personalizadas generadas por IA, desde la solicitud inicial hasta la aprobación del entrenador, proporcionando acceso organizado a los planes de entrenamiento adaptativos y su estado de validación. El módulo presenta una interfaz categorizada que diferencia visualmente entre rutinas pendientes de aprobación, rutinas aprobadas activas.

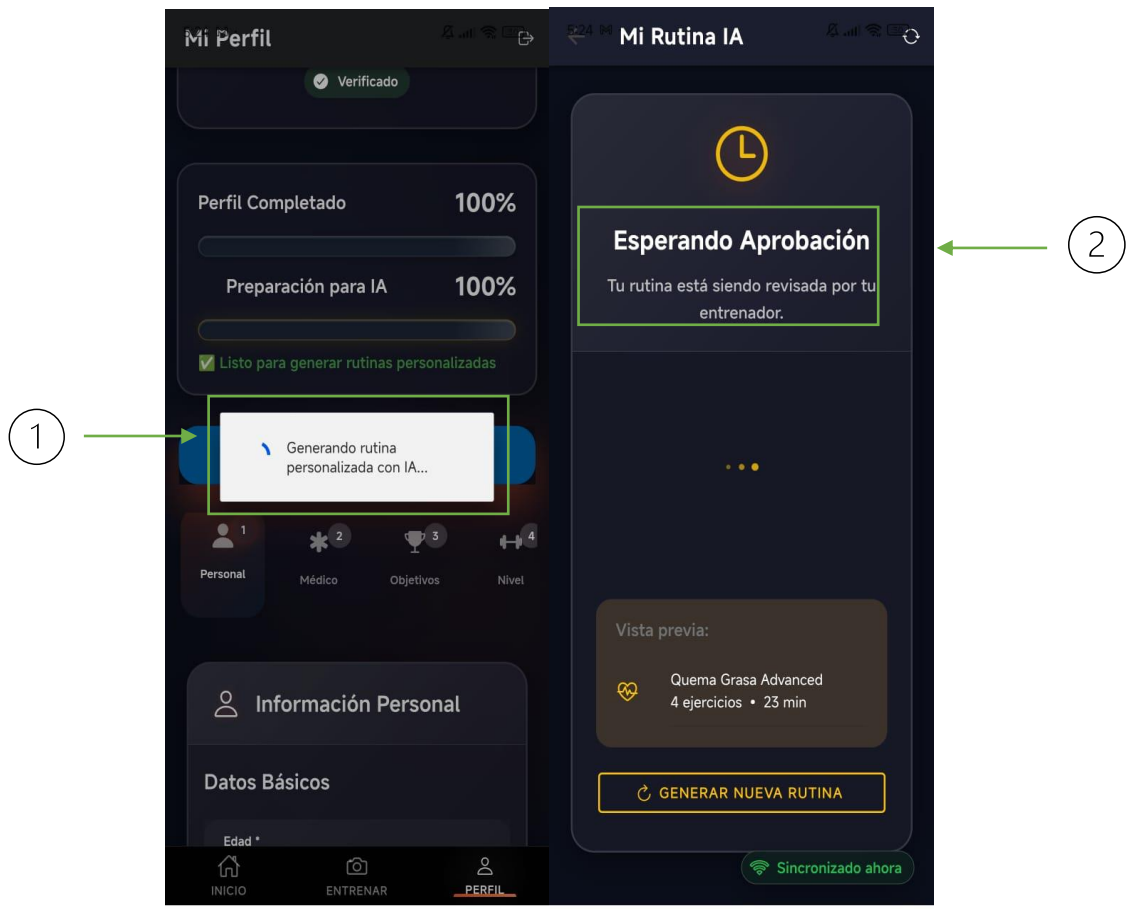


Figura 26: Generación de Rutina y En espera de aprobación

Cumpliendo con el objetivo específico 2 (Parte 1)

Generar rutinas de entrenamiento automáticas y personalizadas, utilizando API GPT, basadas en el historial de usuario y objetivos específicos, que puedan ser supervisadas y aprobadas por el entrenador.

Parte De Lo Implementado:

Generación automática: API GPT-4 integrada genera rutinas personalizadas basadas en historial completo del usuario Figura 26 (Numero 1)

Proceso de aprobación: Estado "pendiente" hasta validación del entrenador, luego "aprobado" para habilitar entrenamiento Figura 26 (Numero 2)

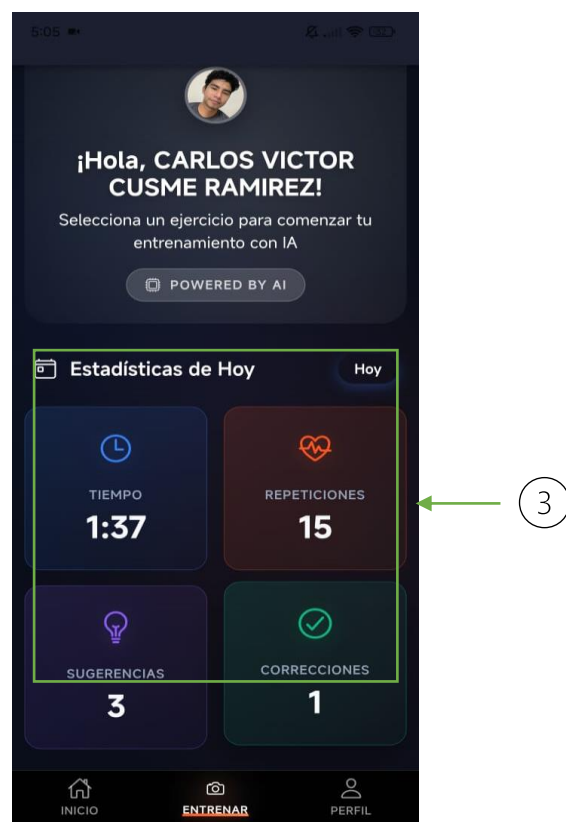
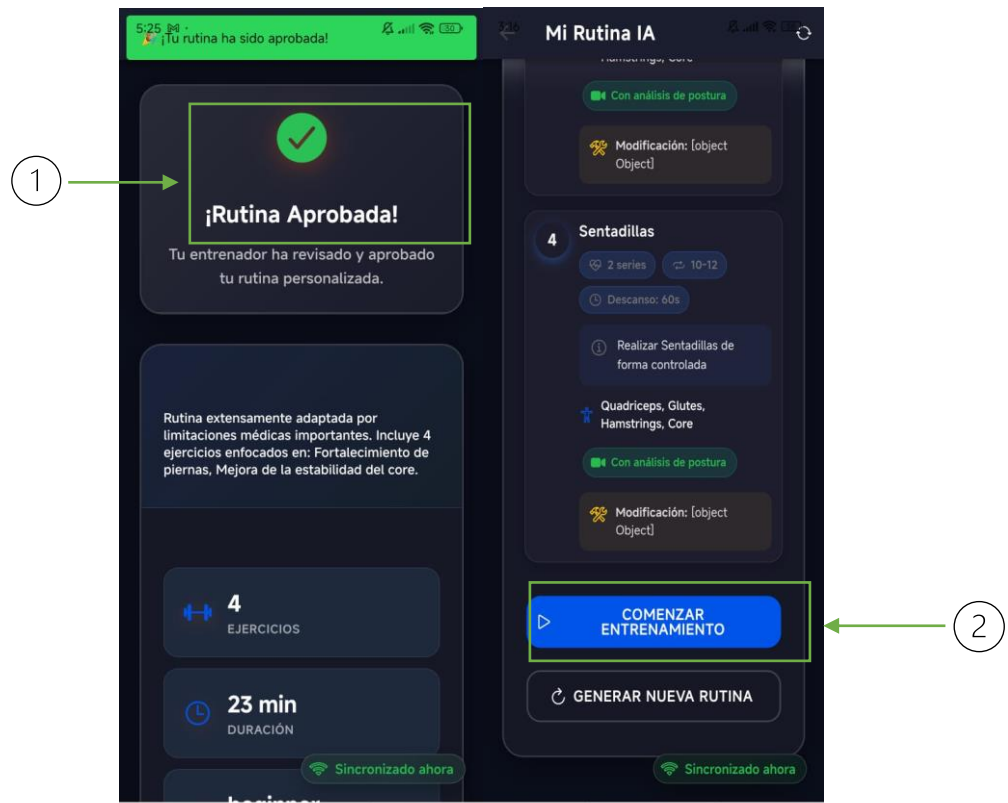


Figura 27: Rutina aprobada por el entrenador y Visualización de rutina generada por API GPT

Cumpliendo el objetivo específico 3 (parte 1) "Desarrollar un sistema móvil y web que facilite la asignación de rutinas validadas, el seguimiento de la ejecución y el registro de progreso técnico del usuario" se encuentra

Evidencia documentada - Sistema Móvil:

Asignación de rutinas: Interfaz móvil muestra rutinas aprobadas y permite iniciar entrenamiento Figura 27 (Numero 1 y 2)

Seguimiento de ejecución: Sistema registra automáticamente repeticiones, duración y Correcciones posturales Figura 27 (Numero 3)

2.4.8 Sistema de Alertas Posturales Inteligentes

Propósito funcional: Implementar un sistema de retroalimentación visual inmediata que clasifica errores posturales por severidad y proporciona orientación correctiva específica, mejorando la técnica de ejercicio y reduciendo el riesgo de lesiones en usuarios principiantes.

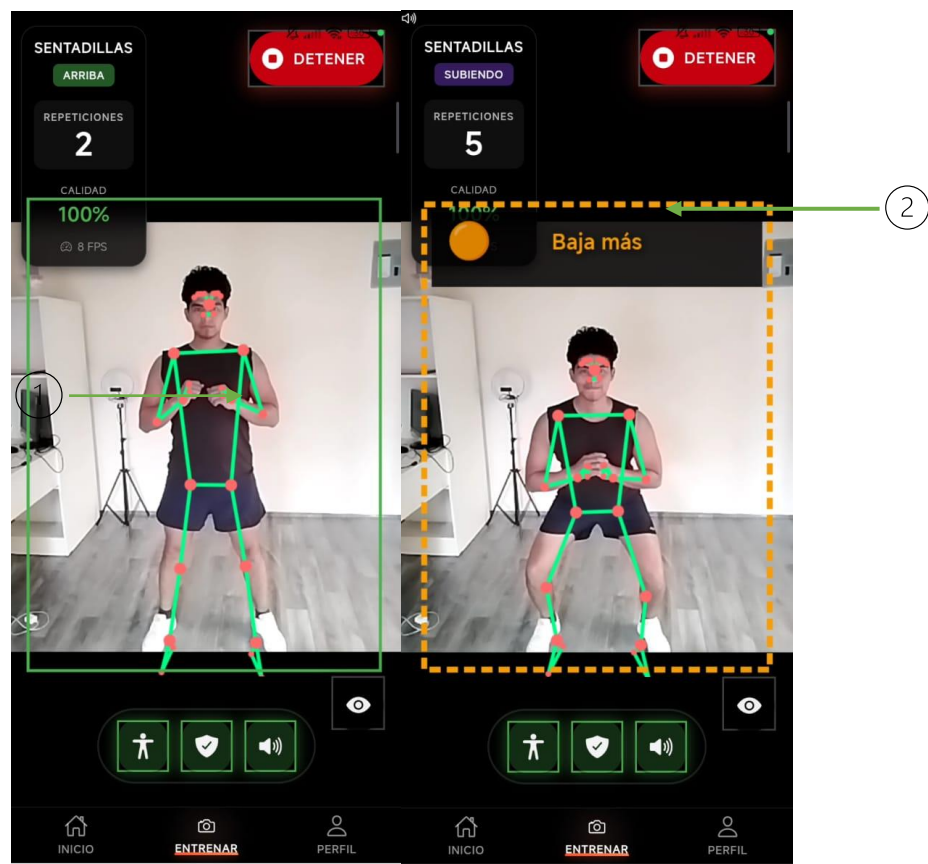


Figura 28: Alerta visual inmediata: verde (técnica correcta), amarillo (precaución menor)

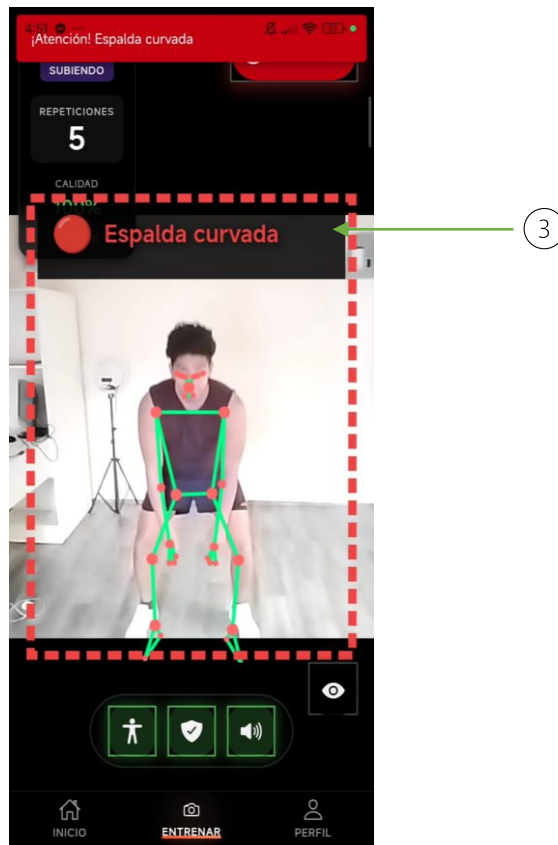


Figura 29: Alerta visual inmediata: rojo (error crítico)

Cumplimiento del objetivo específico 4

Utilizar MediaPipe Pose (framework de visión por computadora pre-entrenado) en dispositivos móviles para la captura y análisis de patrones de movimiento en tiempo real, desarrollando algoritmos biomecánicos personalizados que detecten errores posturales y proporcionen retroalimentación inmediata al usuario.

Completamente Implementado

33 puntos corporales: Detección en tiempo real

Compatibilidad: Funcionamiento estable en dispositivos Android utilizando cámara estándar, sin necesidad de sensores externos

Evidencia documentada - Algoritmos Personalizados:

Clasificación por severidad: El sistema categoriza los errores posturales en tiempo real mediante códigos visuales durante la ejecución del ejercicio. Figura 28 y Figura 29

Detección personalizada: se implementaron algoritmos desarrollados específicamente para identificar errores posturales, adaptados a los patrones biomecánicos de los ejercicios más comunes, lo que permite una evaluación más precisa.

Evidencia documentada - Retroalimentación Inmediata:

El sistema realiza capturas automáticas únicamente ante errores críticos, las cuales se envían de forma instantánea al entrenador correspondiente para su revisión y seguimiento.

2.4.9 Estados de preparación y configuración

Gestionar los distintos estados de preparación del sistema previos al inicio del entrenamiento, asegurando que todos los componentes tecnológicos como cámara, detección postural, conexión y almacenamiento.

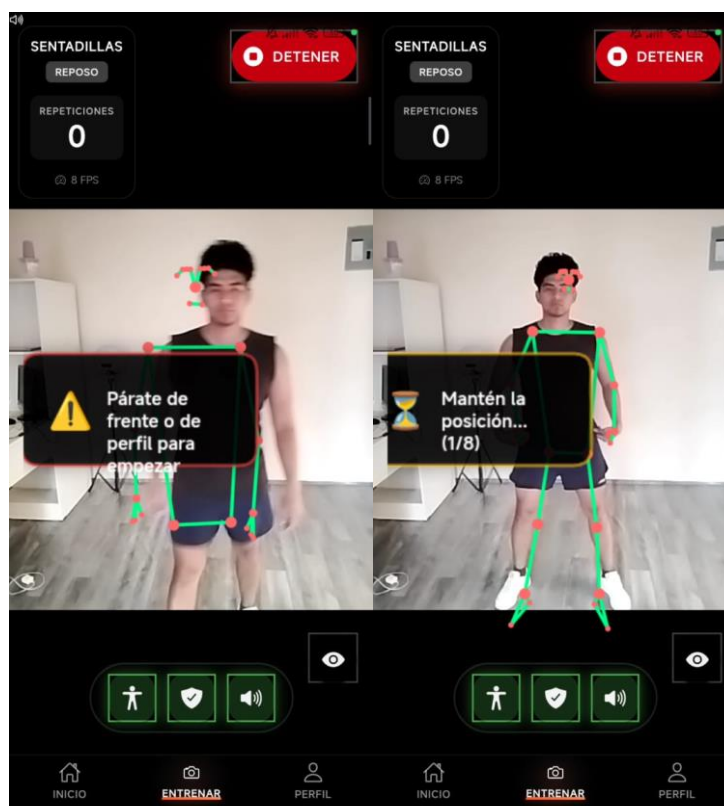


Figura 30: Estados de preparación: validando posición correcta para iniciar entrenamiento



Figura 31: Estados de preparación: Posición correcta - listo para empezar

La arquitectura de la interfaz está diseñada para ofrecer una experiencia del usuario sencilla y optimizada, especialmente pensada para personas principiante que necesitan acompañamiento técnico especializado durante sus rutinas de entrenamiento.

2.4.10 Diseño de la interfaz Web

La plataforma web de FitNova cuenta con un diseño centrado en la experiencia del usuario, orientado principalmente a entrenadores y administradores. Esta desarrollada con Angular y Material Design, lo que garantiza una apariencia moderna, fluida y adaptable.

El sistema incluye interfaces específicas para la gestión de usuarios, el seguimiento de entrenamientos y la administración general del gimnasio GYMSHARK, facilitando la supervisión y el control de las actividades en tiempo real.

2.4.11 Interfaz de inicio de sesión web

La interfaz de inicio de sesión permite que entrenadores y administradores ingresen al sistema utilizando credenciales seguras generadas durante el registro. El formulario cuenta con validación en tiempo real para asegurar que los campos se completen correctamente y verificar que solo los usuarios con roles autorizados (trainer o admin) tengan acceso a la plataforma web. Esta capa de autenticación refuerza la seguridad y confidencialidad de la información, garantizando que cada profesional acceda únicamente a las funciones que le corresponden.

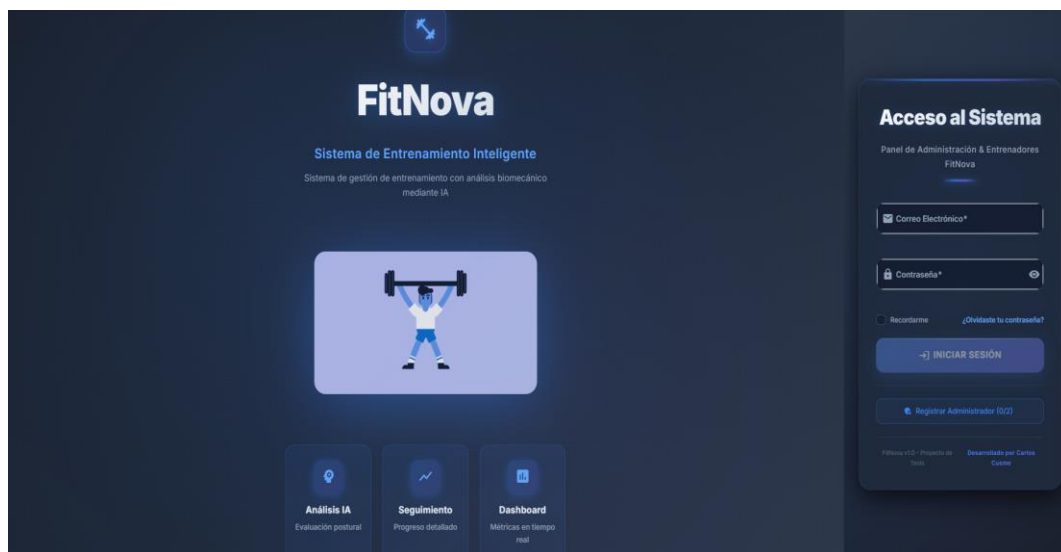


Figura 32: Interfaz de inicio de sesión web

2.4.12 Interfaz de registro de administrador

Esta interfaz está diseñada para que los administradores puedan crear fácilmente cuentas nuevas para los entrenadores del gimnasio. Solo los administradores con sesión iniciada pueden acceder a ella, lo que garantiza la seguridad del proceso. Una vez registrados los dos administradores o gerentes, la opción de registro desaparece del sistema, permitiendo que solo ellos puedan acceder a la plataforma web y gestionar la creación de cuentas para entrenadores. Estos administradores tienen control total sobre la gestión interna del sistema, incluyendo la administración de entrenadores y el mantenimiento general de la plataforma. Esta restricción garantiza la seguridad y el control de acceso, evitando registros no autorizados y manteniendo la integridad de la información dentro del gimnasio.

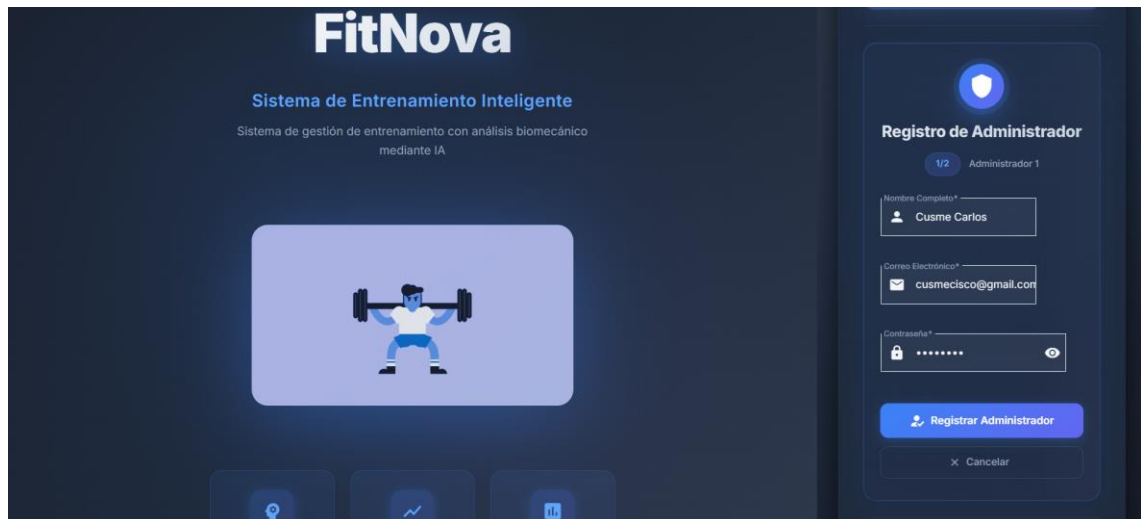


Figura 33: Interfaz de registro de administrador

2.4.13 Interfaz de registro de entrenador

Esta interfaz solo está disponible para los administradores la cual les permite crear las cuentas del personal de entrenamiento del gimnasio. Este formulario tiene campos de datos personales, en que área se especializa y medios de contactos. }el sistema genera de manera inmediata las credenciales y también envía un código de verificación que le llega al correo electrónico del entrenador para completar así la activación de la cuenta.

Figura 34: Interfaz de registro de entrenador

2.4.14 interfaz de recuperación de contraseña

Esta interfaz ofrece una forma sencilla y segura para que los usuarios recuperen el acceso a su cuenta en caso de olvidar su contraseña. Solo deben ingresar el correo electrónico con el que se registraron, y el sistema se encarga del resto.

FitNova genera automáticamente un código de verificación de 6 dígitos que tiene una validez de 10 minutos y lo envía al correo proporcionado. Antes de hacerlo, el sistema comprueba que el formato del correo sea correcto y que realmente exista en la base de datos. Todo el proceso esta diseñado para ser rápido, intuitivo y mantener la seguridad de las cuentas de los usuarios.

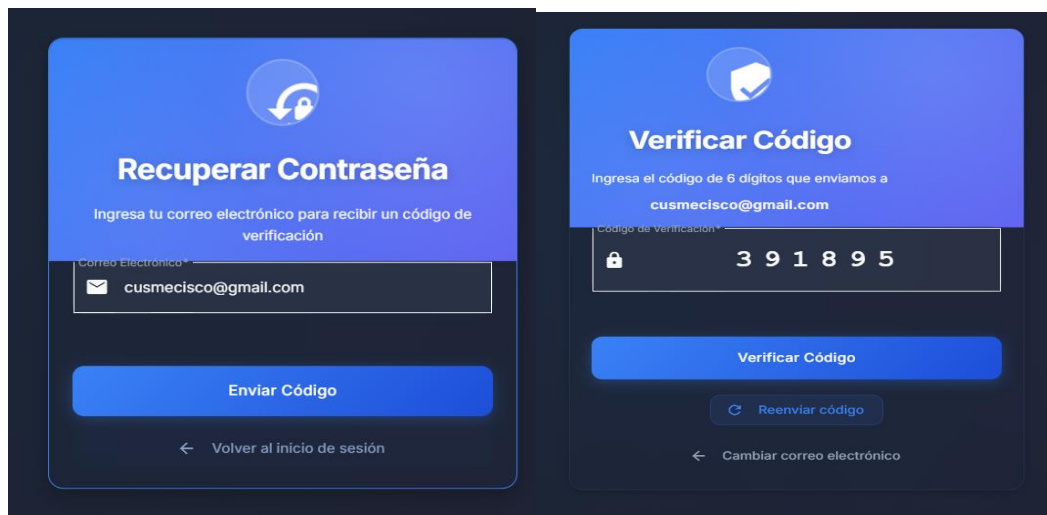


Figura 35: Interfaz de recuperación de contraseña y verificación de código

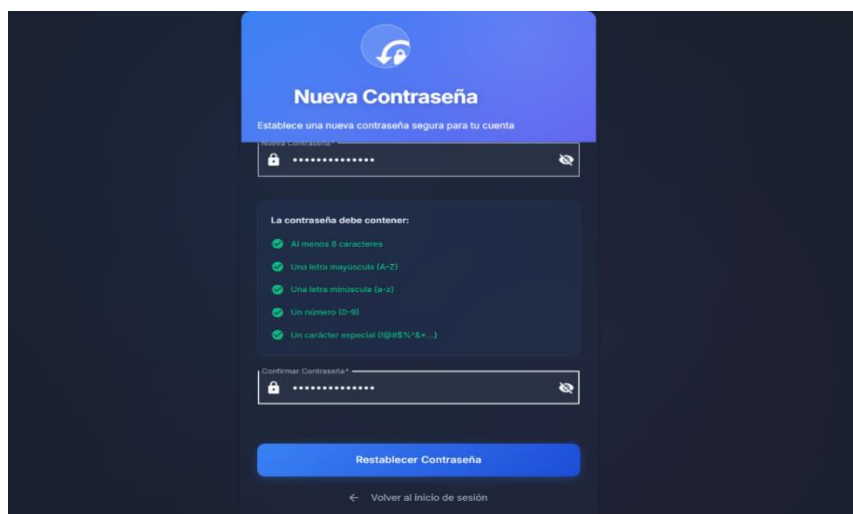


Figura 36: Interfaz de restablecer contraseña

2.4.15 Interfaz Principal – Dashboard (Entrenador / Administrador)

El Dashboard es la interfaz central del sistema, diseñada para ofrecer una visión clara y dinámica de la información más relevante según rol del usuario. Para los entrenadores, muestra los usuarios asignados, las sesiones activas, las alertas críticas pendientes y las rutinas por validar.



Figura 37: Interfaz principal – Dashboard Entrenador

En el caso de los administradores, presenta estadísticas globales del sistema, métricas de uso, gestión de entrenadores y opciones de configuración. Su diseño prioriza la usabilidad y la organización visual, facilitando una supervisión rápida y eficiente de las operaciones del gimnasio.



Figura 38: Interfaz principal – Dashboard Administrador

2.4.16 Interfaz de resumen de entrenamiento por usuario



Figura 39: Interfaz principal por usuario - progreso semanal

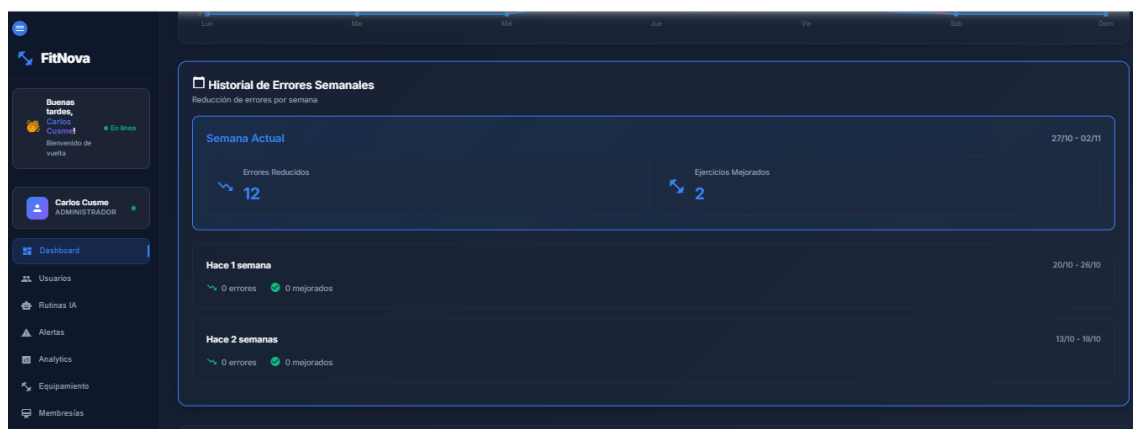


Figura 40: Interfaz principal por usuario - Historial de errores semanales



Figura 41: Interfaz principal por usuario - Progreso Detallado por Ejercicio

La interfaz de resumen de entrenamiento por usuario integra tres paneles complementarios que permiten un monitoreo completo del progreso. El panel de progreso semanal presenta la evolución general mediante gráficas y métricas sobre la reducción de errores; el panel de historial de errores organiza los resultados por ejercicio y semana, facilitando el análisis comparativo y la exportación de datos; y el panel de progreso detallado por ejercicio profundiza en el rendimiento individual mediante la comparación directa de errores entre la sesión 1 y la sesión 2, evidenciando la reducción progresiva de errores. En conjunto, estos paneles ofrecen al entrenador una visión integral, dinámica y basada en datos objetivos para optimizar el seguimiento y la toma de decisiones.

2.4.17 Interfaz de gestión de usuarios (Entrenador - Administrador)

La interfaz de gestión de usuarios muestra un listado completo con capacidades avanzadas de filtrado y búsqueda. Incluye información detallada como foto de perfil, datos de contacto, entrenador asignado, estado de cuenta y nivel de experiencia. Permite acciones rápidas como visualizar perfil completo, editar información, asignar entrenador y gestionar estado de cuenta. La interfaz incluye herramientas de exportación de datos y paginación inteligente.

Control de acceso basado en roles:

Vista de Administrador: Proporciona acceso completo a la gestión de usuarios con capacidades para registrar tanto entrenadores como usuarios regulares. Incluye funcionalidades avanzadas de asignación de entrenadores a usuarios específicos, permitiendo una gestión jerárquica completa del sistema. El administrador puede crear cuentas de entrenador, gestionar permisos y supervisar toda la estructura organizacional.

Adicionalmente, este rol tiene acceso exclusivo a dashboards analíticos que presentan métricas globales del sistema, incluyendo, usuarios activos por entrenador, y estadísticas de uso de funcionalidades. El panel administrativo permite la desactivación temporal o permanente de cuentas, la reasignación de usuarios entre entrenadores, y la exportación de reportes para análisis de rendimiento.

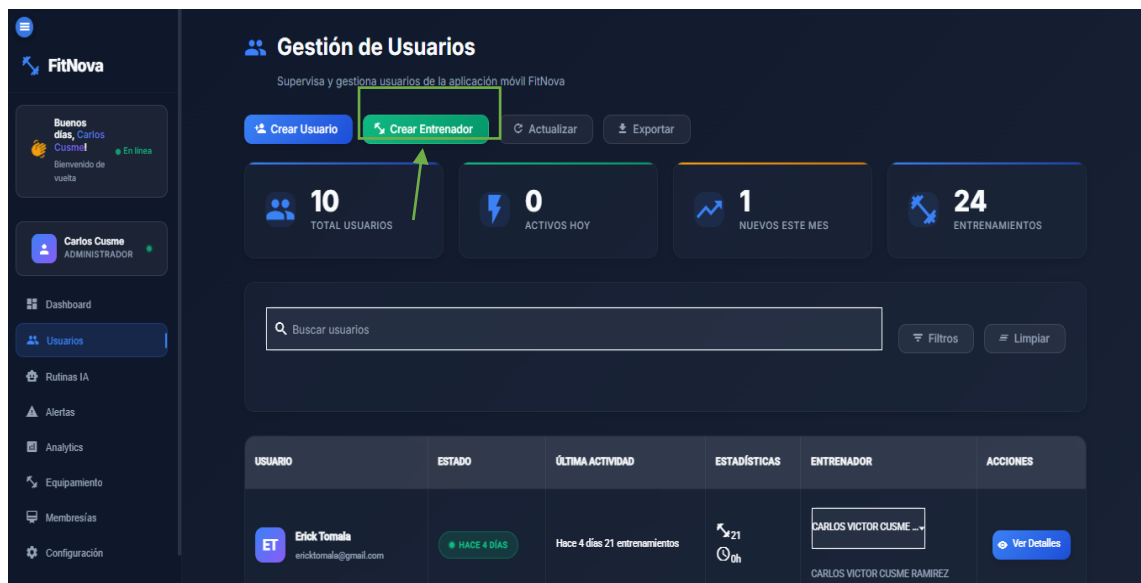


Figura 42: Interfaz de gestión de usuarios - Administrador

Vista del entrenador: está diseñada con un enfoque simple y funcional, centrado en las tareas esenciales de su rol. Desde esta interfaz, el entrenador puede crear y gestionar usuarios regulares bajo su supervisión manteniendo un flujo de trabajo claro y ordenado.

Sus permisos están limitados: no puede registrar a otros entrenadores ni modificar asignaciones establecidas por el administrador. Estas restricciones aseguran la integridad del sistema preservando la jerarquía de roles y garantizan que cada acción se mantenga dentro de los límites de responsabilidad correspondientes.

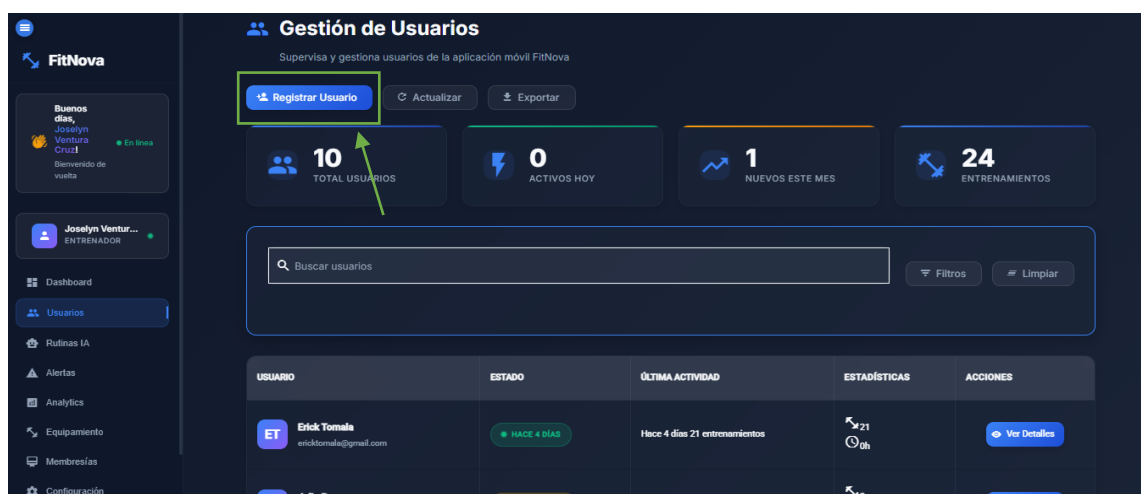


Figura 43: Interfaz de gestión de usuarios - Entrenador

2.4.18 Interfaz de Validación de Rutinas IA

Esta interfaz permite a los entrenadores revisar, ajustar y aprobar las rutinas generadas automáticamente por la API-GPT. En ella se muestra de forma clara toda la información relevante del usuario, incluyendo su historial médico analizado junto con las rutinas completa, sus justificaciones técnicas y una estimación de duración total.

Además, el entrenador cuenta con herramientas intuitivas para editar ejercicios, series, y repeticiones, así como añadir observaciones personalizadas antes de aprobar la rutina.

El objetivo de esta interfaz es combinar la precisión de la IA con la supervisión profesional humana, que garantice entrenamientos seguros, realistas adaptados a cada usuario.

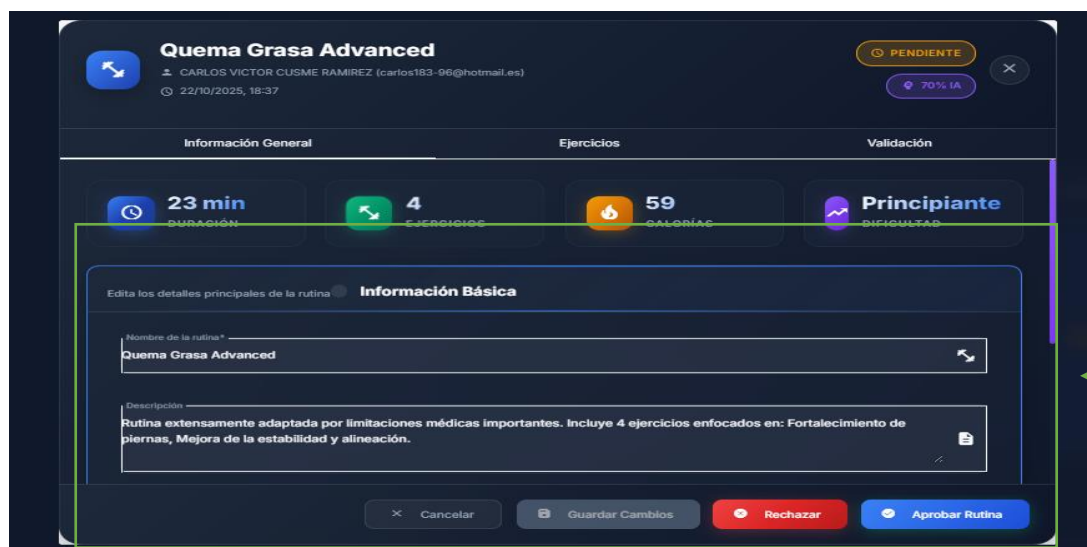


Figura 44: Interfaz de validación de rutinas IA - Vista de la rutina asignada

Cumpliendo con el objetivo específico 2 (Parte 2)

Generar rutinas de entrenamiento automáticas y personalizadas, utilizando API GPT, basadas en el historial de usuario y objetivos específicos, que puedan ser supervisadas y aprobadas por el entrenador.

Supervisión por entrenador: Interfaz web permite revisar, modificar y aprobar/rechazar rutinas generadas Figura 44 (Numero 3)

Resultado: El sistema genera exitosamente rutinas personalizadas con IA y las somete a supervisión humana, cumpliendo al 100% el objetivo planteado.

2.4.19 Interfaz de Administración de perfiles, asignación de entrenadores y alertas críticas

La interfaz de alertas críticas presenta notificaciones prioritarias en tiempo real cuando se detectan errores posturales críticos durante entrenamientos activos. También nos permite administrar los perfiles, editar y desactivar de los usuarios. Muestra lista ordenada por timestamp, información del usuario, tipo de error detectado, captura automática del momento y ejercicio en ejecución.



Figura 45: Interfaz de alertas críticas

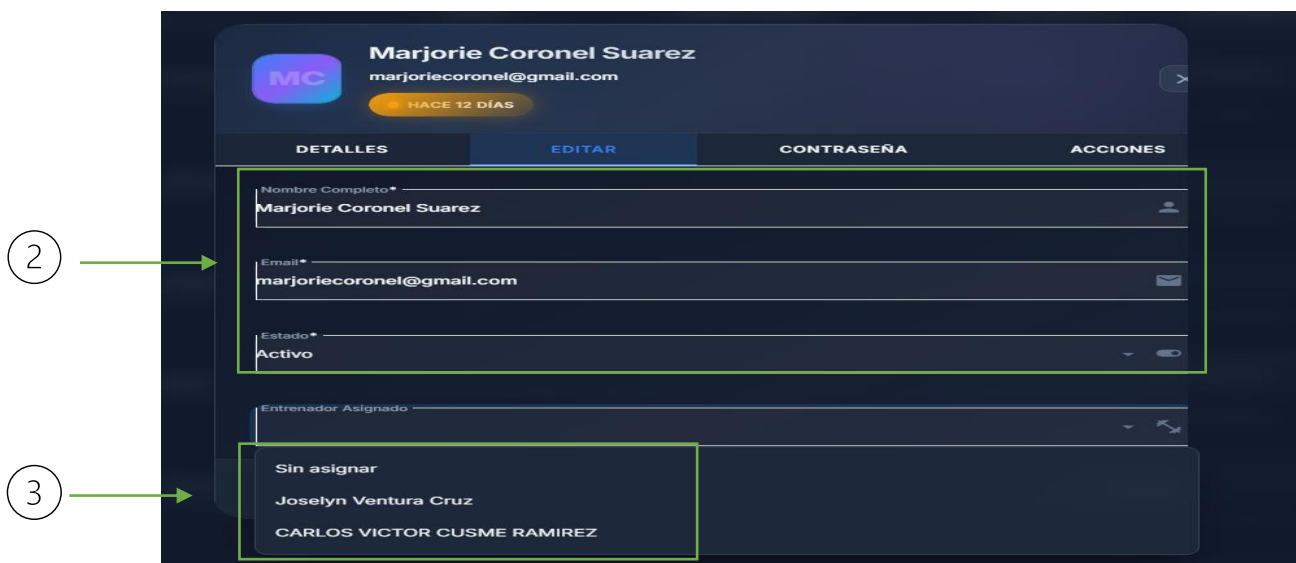


Figura 46: Interfaz Administración completa de perfil y asignación de entrenadores

Cumpliendo el objetivo específico 3 (parte 2)

Desarrollar un sistema móvil y web que facilite la asignación de rutinas validadas, el seguimiento de la ejecución y el registro de progreso técnico del usuario.

Evidencia documentada - Sistema Web:

Dashboard de supervisión: Entrenadores monitorean sesiones activas y reciben alertas críticas Figura 45 (Numero 1)

Gestión de usuarios: Administración completa de perfiles y asignación de entrenadores Figura 46 (Numero 2 y 3)

Resultado: Ecosistema híbrido completamente funcional cumple al 100% el objetivo planteado.

Visualización de capturas automáticas: La interfaz permite visualizar las capturas fotográficas automáticas de los errores críticos que son enviadas al entrenador. Estas imágenes capturan el momento exacto del error postural, proporcionando evidencia visual clara para análisis detallado. Los entrenadores pueden examinar la postura incorrecta, evaluar la severidad del error y proporcionar retroalimentación específica basada en la documentación visual automática del sistema de IA.

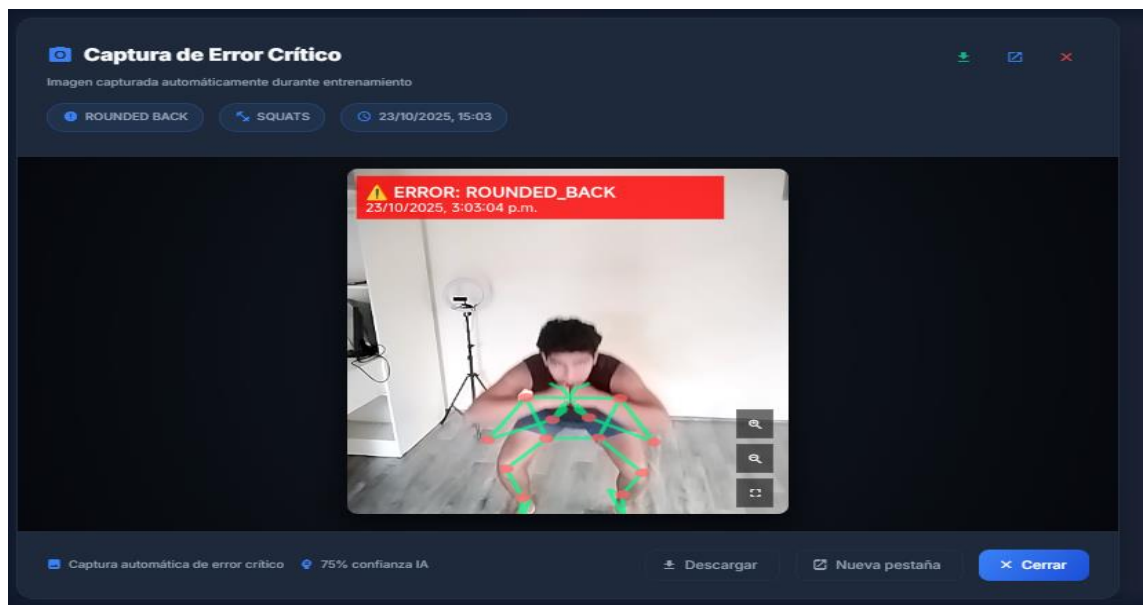


Figura 47: Visualización de capturas automáticas - Error Crítico 1

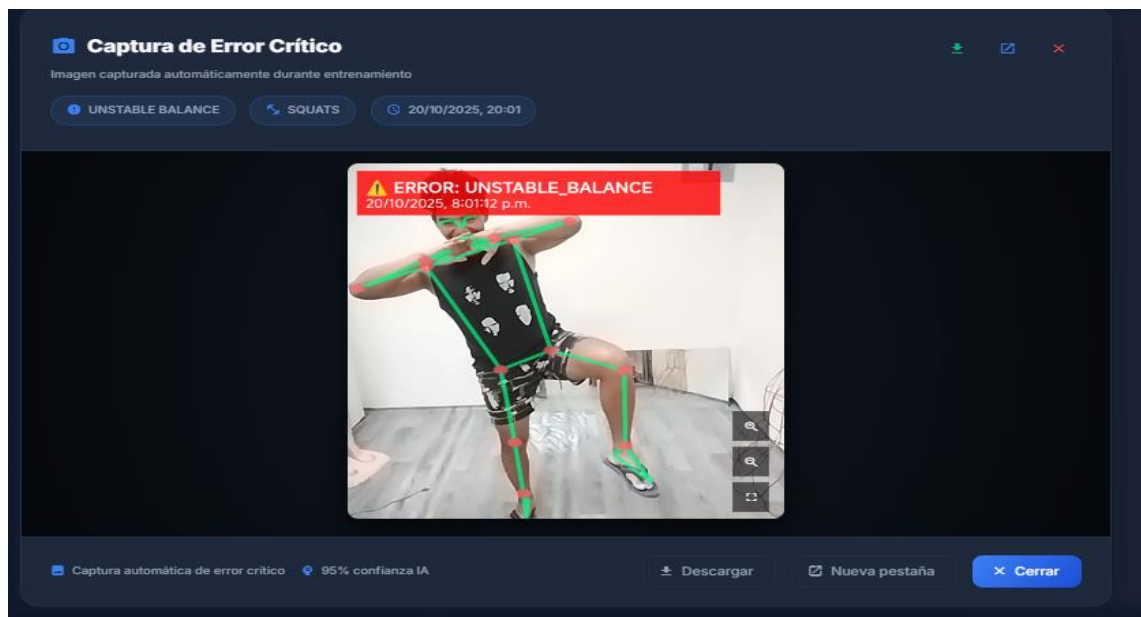


Figura 48: Visualización de capturas automáticas - Error Crítico 2

2.4.20 Interfaz de Gestión de Equipamiento.

Esta interfaz muestra de forma clara y ordenada todo el inventario del gimnasio nos permite buscar, filtrar y visualizar cada equipo con su foto, marca, tamaño, rango de peso, estado actual y ubicación de las áreas del gimnasio.

También ofrece un resumen rápido con las estadísticas del total de equipos, cuantos están operativos, en mantenimiento o fuera de servicio. Desde aquí se pueden agregar nuevos equipos, actualizar información o cambiar su estado según corresponda.

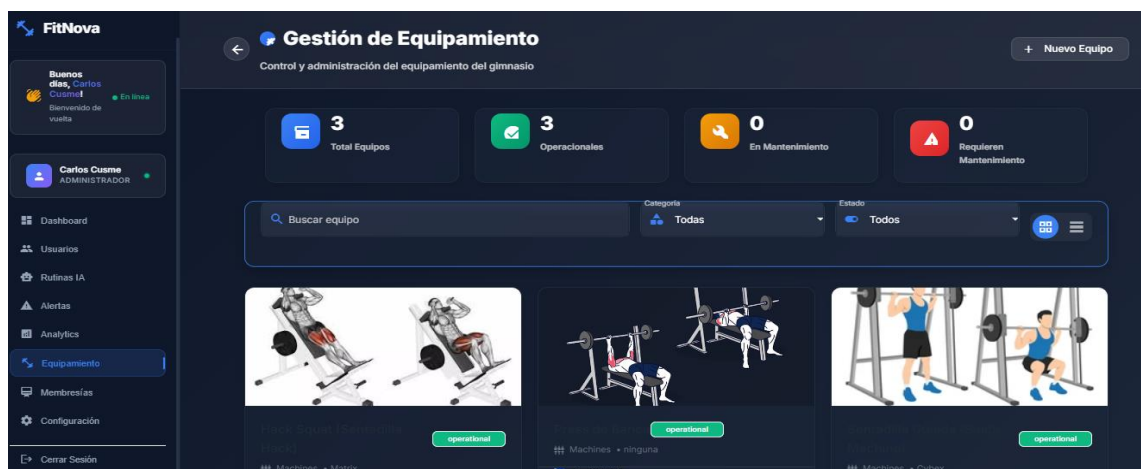


Figura 49: Interfaz de gestión de equipamiento

2.4.21 Interfaz de Gestión de Membresías

Esta interfaz facilita la administración completa de los planes de membresías del gimnasio. Desde aquí se pueden crear nuevos planes o editar existentes, configurarlo su tipo (mensual, semestral, anual) su precio en dólares y los beneficios incluidos

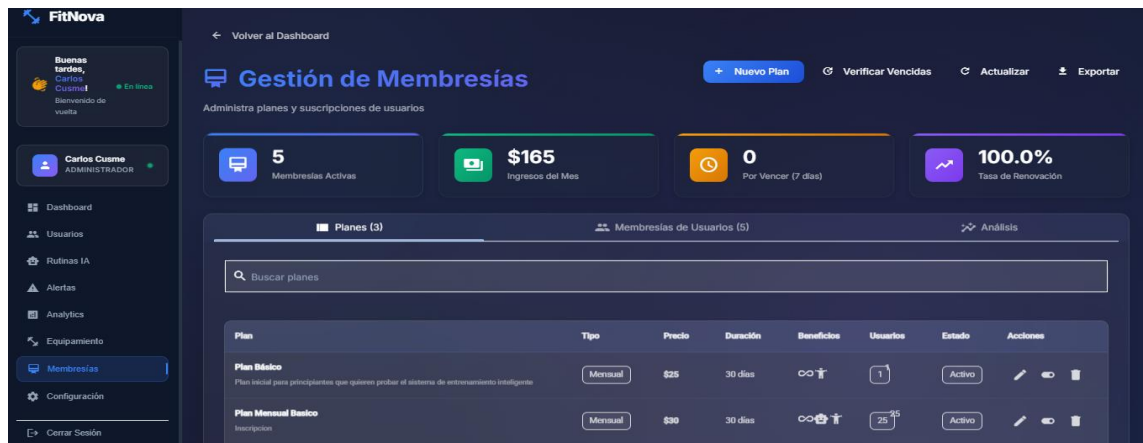


Figura 50: Interfaz de gestión de membresías

2.4.22 Interfaz de Configuración del Sistema

Esta interfaz ofrece un panel técnico destinado a los administradores, desde el cual pueden ajustar parámetros generales del sistema. Permite configurar notificación, realizar copias de seguridad automáticas, gestionar opciones de mantenimiento y optimizar el rendimiento de la plataforma.



Figura 51: Interfaz de configuración del sistema

2.5. Pruebas

2.5.1 Casos de Prueba para FitNova - Sistema de Entrenamiento Personalizado

Prueba No.01 - Autenticación de usuario mediante Firebase Auth

Prueba No.01 Autenticación de usuario mediante Firebase Auth	
Roles	• Usuario • Entrenador • Administrador
Descripción	Validar el acceso al sistema mediante autenticación con Firebase Auth usando correo electrónico y contraseña, verificando la generación de tokens JWT y la redirección según el rol del usuario.
Condiciones	El usuario debe estar registrado en Firebase Authentication y tener una cuenta activa en la colección "users" de Firestore.
Pasos de la prueba	1. Abrir la aplicación FitNova (móvil o web). 2. Ingresar correo electrónico válido en el campo correspondiente. 3. Ingresar contraseña válida en el campo respectivo. 4. Presionar el botón "Iniciar sesión". 5. Firebase Auth valida las credenciales. 6. El sistema genera el token JWT automáticamente. 7. La aplicación consulta el documento del usuario en Firestore para obtener el rol. 8. el sistema detecta el rol de usuario al iniciar sesión y lo redirige automáticamente: los usuarios van a tab1 Dashboard móvil y los entrenadores o administradores al Dashboard web.

Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Autenticación exitosa con Firebase Auth, generación del token JWT, consulta correcta del rol desde Firestore y redirección apropiada a la interfaz correspondiente según el tipo de usuario.		Exitoso
		Fallido

Tabla 23: Prueba No.01 - Autenticación de usuario

Prueba No.02 - Registro de historial médico y perfil de usuario

Prueba No.02 Registro de historial médico y perfil de usuario	
Roles	• Usuario
Descripción	Validar el proceso de completado del perfil médico inicial del usuario, incluyendo datos personales, limitaciones físicas, objetivos de entrenamiento y nivel de experiencia, almacenando la información en la colección "users" de Firestore.
Condiciones	El usuario debe estar autenticado y accediendo por primera vez a la aplicación, o tener un perfil incompleto.
Pasos de la prueba	1. Iniciar sesión en la aplicación móvil FitNova. 2. Acceder al formulario de historial médico (Tab3 Profile). 3. Completar información personal: edad, altura, peso, género. 4. Seleccionar limitaciones médicas de la lista de checkboxes disponibles.

	5. Elegir objetivos de entrenamiento (pérdida de peso, ganancia muscular, etc.). 6. Indicar nivel de experiencia: podemos seleccionar entre principiante, intermedio o avanzado 7. Presiona el botón : Guardar perfil para registrar la información 8. El sistema actualiza el documento del usuario en Firestore. 9. Se habilita el botón "Generar Rutina" en Tab3.	
Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Perfil médico almacenado correctamente en Firestore, actualización de la barra de progreso del perfil, habilitación de funcionalidades de generación de rutinas y sincronización de datos entre dispositivos.		Exitoso
		Fallido

Tabla 24: Prueba No.02 - Registro de historial médico y perfil de usuario

Prueba No.03 - Generación de rutinas adaptativas con GPT-4

Prueba No.03	
Generación de rutinas adaptativas con GPT-4	
Roles	• Usuario
Descripción	Validar el proceso de generación automática de rutinas personalizadas mediante la Cloud Function "generateAdaptiveRoutine" que integra GPT-4, consultando el historial médico del usuario y la colección de ejercicios disponibles.

Prueba No.03	Generación de rutinas adaptativas con GPT-4	
Condiciones	El usuario debe tener un perfil médico completo y no debe tener rutinas pendientes de aprobación por el entrenador.	
Pasos de la prueba	1. Acceder a Tab3 Profile en la aplicación móvil. 2. Verificar que el perfil esté completo (100%). 3. Presionar el botón "Generar Rutina Personalizada". 4. La aplicación llama a la Cloud Function generateAdaptiveRoutine. 5. La función consulta la colección "exercises" para obtener ejercicios seguros. 6. Se crea un prompt inteligente con el historial médico del usuario. 7. La función realiza la llamada a la API GPT-4. 8. GPT-4 genera una rutina en formato JSON. 9. La rutina se guarda en la ruta "aiRoutines/{userId}/routines/" con el estado pendiente. 10. La aplicación muestra mensaje de éxito y estado "Esperando aprobación del entrenador".	
Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Rutina generada exitosamente por GPT-4, almacenamiento correcto en Firestore con estructura válida, mapeo adecuado de ejercicios desde la base de datos y estado "pending" para validación del entrenador.	✓	Exitoso
		Fallido

Tabla 25: Prueba No.03 - Generación de rutinas adaptativas con GPT-4

Prueba No.04 - Validación de rutinas por entrenadores (Web)

Prueba No.04 Validación de rutinas por entrenadores (Web)	
Roles	• Entrenador
Descripción	Validar el proceso de revisión, modificación y aprobación de rutinas generadas por IA desde la plataforma web, consultando rutinas con status "pendiente" y actualizando su estado a "aprobado" o "rechazado".
Condiciones	Debe existir al menos una rutina generada por IA con status "pendiente" en la colección aiRoutines. El entrenador debe estar autenticado con rol válido.
Pasos de la prueba	1. Iniciar sesión en la aplicación móvil FitNova. 2. Acceder al formulario de historial médico (Tab3 Profile). 3. Completar información personal: edad, altura, peso, género. 4. Seleccionar limitaciones médicas de la lista de checkboxes disponibles. 5. Elegir objetivos de entrenamiento (pérdida de peso, ganancia muscular, etc.). 6. Indicar nivel de experiencia (principiante, intermedio, avanzado). 7. Presionar "Guardar perfil". 8. El sistema actualiza el documento del usuario en Firestore. 9. Se habilita el botón "Generar Rutina" en Tab3.

Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Rutina validada correctamente, actualización del status en Firestore, sincronización en tiempo real con la aplicación móvil del usuario, y habilitación del modo entrenamiento en la aplicación móvil.		Exitoso
		Fallido

Tabla 26: Prueba No.04 - Validación de rutinas por entrenadores (Web)

Prueba No.05 - Detección postural en tiempo real con MediaPipe Pose

Prueba No.05	
Detección postural en tiempo real con MediaPipe Pose	
Roles	• Usuario
Descripción	Validar el funcionamiento del sistema de detección postural utilizando MediaPipe Pose para analizar 33 puntos clave del cuerpo, clasificar errores por severidad (verde, amarillo, rojo) y proporcionar retroalimentación inmediata durante ejercicios.
Condiciones	El usuario debe tener una rutina aprobada, dispositivo con cámara funcional, permisos de cámara otorgados y ejercicio seleccionado con hasPoseDetection: true.
Pasos de la prueba	1. Acceder a Tab2 Training en la aplicación móvil. 2. Seleccionar un ejercicio que tenga detección postural habilitada. 3. Otorgar permisos de cámara cuando se solicite. 4. Posicionar el dispositivo para captura frontal del cuerpo. 5. Presionar "Comenzar ejercicio".

	6. MediaPipe Pose inicia la detección de 33 landmarks corporales. 7. El PoseDetectionEngine procesa los keypoints en tiempo real. 8. Los algoritmos biomecánicos analizan ángulos articulares. 9. El sistema clasifica errores por severidad y muestra alertas visuales. 10. Si se detecta error crítico (rojo), se captura una foto automáticamente. 11. El error se almacena en "criticalAlerts" con metadata completo.
Resultados Obtenidos	
Resultado esperado	Evaluación de la prueba
Detección correcta de 33 puntos corporales, cálculo preciso de ángulos biomecánicos, clasificación apropiada de errores por severidad, captura automática de errores críticos y almacenamiento en Firestore.	 Exitoso
	Fallido

Tabla 27: Prueba No.05 - Detección postural en tiempo real con MediaPipe Pose

Prueba No.06 - Gestión de alertas críticas en Dashboard web

Prueba No.06 Gestión de alertas críticas en Dashboard web	
Roles	• Entrenador • Administrador

Prueba No.06	Gestión de alertas críticas en Dashboard web
Descripción	Validar la visualización en tiempo real de alertas críticas en el Dashboard web, incluyendo capturas automáticas almacenadas en Firebase Storage, información del usuario afectado y herramientas de seguimiento.
Condiciones	Debe existir al menos una alerta crítica registrada en "criticalAlerts" con captura almacenada en Firebase Storage ruta "/postural-errors/".
Pasos de la prueba	1. Iniciar sesión en la plataforma web como entrenador/administrador. 2. Acceder al "Dashboard de Supervisión". 3. Visualizar la sección de "Alertas Críticas" ordenadas por timestamp desc. 4. Verificar la información mostrada: usuario, tipo de error, timestamp, ejercicio. 5. Hacer clic en una alerta para ver detalles completos. 6. Visualizar la captura automática cargada desde Firebase Storage. 7. Agregar notas del entrenador en el campo correspondiente. 8. Marcar la alerta como "Revisada". 9. El sistema actualiza el campo "reviewed: true" en Firestore. 10. La alerta se mueve a la sección de "Alertas Procesadas".
Resultados Obtenidos	

Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Visualización correcta de alertas críticas en tiempo real, carga exitosa de capturas desde Firebase Storage, actualización de estados de revisión y notificación automática al entrenador responsable del usuario.	✓	Exitoso
		Fallido

Tabla 28: Prueba No.06 - Gestión de alertas críticas en Dashboard web

Prueba No.07 - Creación de usuarios desde plataforma web

Prueba No.07 Creación de usuarios desde plataforma web	
Roles	• Entrenador • Administrador
Descripción	Validar el proceso de creación de nuevos usuarios desde la plataforma web mediante la Cloud Function "createMobileUser", incluyendo generación de credenciales, envío de email de verificación y asignación de entrenador.
Condiciones	El entrenador/administrador debe estar autenticado con permisos válidos. El email del nuevo usuario no debe existir en Firebase Authentication.
Pasos de la prueba	1. Iniciar sesión en la plataforma web como entrenador/administrador. 2. Acceder al módulo "Gestión de Usuarios". 3. Presionar el botón "Crear Nuevo Usuario". 4. Completar el formulario: nombre completo, email, teléfono, género.

	5. Asignar entrenador responsable (si es administrador). 6. Presionar "Crear Usuario". 7. El sistema llama a la Cloud Function createMobileUser. 8. Se crea la cuenta en Firebase Authentication con emailVerified: false. 9. Se genera un documento en la colección "users" con rol "user". 10. Se envía email de verificación automático usando Firebase Mail extensión. 11. El sistema muestra mensaje de confirmación con las credenciales temporales.	
Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Usuario creado exitosamente en Firebase Auth y Firestore, envío de email de verificación, asignación correcta de entrenador y generación de credenciales válidas para acceso a la aplicación móvil.		Exitoso
		Fallido

Tabla 29: Prueba No.07 - Creación de usuarios desde plataforma web

Prueba No.08 - Dashboard métricas y estadísticas (Móvil)

Prueba No.08	
Creación de usuarios desde plataforma web	
Roles	• Usuario
Descripción	Validar la visualización de métricas personales en Tab1 Dashboard de la aplicación móvil, incluyendo estadísticas de entrenamientos, Errores reducidos, historial de errores

	semanales, progreso detallado por ejercicio y alertas recientes.	
Condiciones	El usuario debe haber completado al menos una sesión de entrenamiento con datos almacenados en "workoutSessions" y métricas en "userStats".	
Pasos de la prueba	1. Iniciar sesión en la aplicación móvil FitNova. 2. Acceder a Tab1 Dashboard automáticamente. 3. Verificar la carga de métricas desde la colección "userStats". 4. Visualizar tarjetas de métricas: total entrenamientos, errores reducidos, tiempo y ejercicios acumulados. 5. Revisar el gráfico de progreso detallado por ejercicio implementado con Chart.js. 6. Consultar el gráfico de historial de errores semanales de los últimos 7 días. 7. Verificar la sección de alertas críticas recientes. 8. Revisar el panel de ejercicios más practicados con estadísticas. 9. Confirmar que todas las métricas se actualizan en tiempo real vía onSnapshot.	
Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Visualización correcta de todas las métricas personales, carga exitosa de gráficos interactivos, actualización en tiempo real de	✓	Exitoso
		Fallido

estadísticas y navegación fluida a secciones detalladas.		
--	--	--

Tabla 30: Prueba No.08 - Dashboard métricas y estadísticas (Móvil)

Prueba No.09 - Recuperación de contraseña con verificación por código

Prueba No.09 Recuperación de contraseña con verificación por código	
Roles	• Entrenador • Administrador
Descripción	Validar el proceso de recuperación de contraseña mediante envío de código de verificación de 6 dígitos al correo electrónico, con expiración de 10 minutos y actualización segura de credenciales. Esto está solo activo para entrenadores y administradores.
Condiciones	El administrador o entrenador debe tener una cuenta registrada con un correo valido en Firebase Authentication. Los usuarios regulares no pueden acceder a esta función, ya que sus contraseñas son creadas y administradas directamente por los entrenados o administradores desde la plataforma web
Pasos de la prueba	1. Accedes a la página del login de la plataforma web. 2. Presionar "¿Olvidaste tu contraseña?". 3. Ingresar el correo electrónico registrado (admin o entrenador). 4. Presionar "Enviar código de recuperación" 5. El sistema genera un código de 6 dígitos con expiración de 10 minutos.

	6. Se almacena el código en la colección "passwordResetCodes". 7. Se envía email automático con el código de verificación. 8. El usuario ingresa el código recibido en la interfaz web. 9. Se valida el código y su vigencia. 10. El usuario ingresa y confirma la nueva contraseña. 11. Firebase Auth actualiza la contraseña del usuario. 12. Se envía email de confirmación del cambio.	
Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Código de verificación generado y enviado correctamente, validación exitosa dentro del tiempo límite, actualización segura de contraseña en Firebase Auth y confirmación por email.		Exitoso
		Fallido

Tabla 31: Prueba No.09 - Recuperación de contraseña con verificación por código

Prueba No.10 - Sincronización en tiempo real entre móvil y web

Prueba No.10	
Sincronización en tiempo real entre móvil y web	
Roles	• Usuario • Entrenador
Descripción	Validar la sincronización instantánea de datos entre la aplicación móvil y la plataforma web mediante Listeners de Firestore, verificando actualizaciones de estado, alertas críticas y aprobación de rutinas.

Prueba No.10	Sincronización en tiempo real entre móvil y web	
Condiciones	Un usuario debe estar activo en la aplicación móvil mientras un entrenador supervisa desde la plataforma web simultáneamente.	
Pasos de la prueba	1. Usuario inicia sesión de entrenamiento en la aplicación móvil. 2. Entrenador accede al Dashboard web de supervisión simultáneamente. 3. Usuario comienza ejercicio con detección postural en móvil. 4. Verificar que el estado "En entrenamiento" aparezca inmediatamente en web. 5. Generar un error crítico durante el ejercicio en móvil. 6. Confirmar que la alerta crítica aparezca instantáneamente en Dashboard web. 7. Entrenador marca la alerta como "Revisada" desde web. 8. Verificar que el estado se actualice en la aplicación móvil. 9. Entrenador aprueba una rutina pendiente desde web. 10. Confirmar que la rutina aprobada aparezca disponible inmediatamente en móvil.	
Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Sincronización perfecta en tiempo real entre ambas plataformas, latencia menor a 500ms en actualizaciones de estado, funcionamiento	✓	Exitoso
		Fallido

correcto de Listeners onSnapshot y consistencia de datos.		
---	--	--

Tabla 32: Prueba No.10 - Sincronización en tiempo real entre móvil y web

Prueba No.11 - Sistema de roles y permisos

Prueba No.11 Sistema de roles y permisos	
Roles	• Usuario • Entrenador • Administrador
Descripción	Validar la implementación del sistema de roles mediante Firestore Security Rules, verificando que cada tipo de usuario acceda únicamente a las funcionalidades y datos correspondientes a su nivel de autorización. Los usuarios solo acceden a la aplicación móvil, mientras que administradores y entrenadores acceden exclusivamente a la plataforma web.
Condiciones	Deben existir usuarios registrados con roles "user", "trainer" y "admin" en la colección users de Firestore.
Pasos de la prueba	1. Probar acceso con usuario rol "user" únicamente en la aplicación móvil. 2. Verificar que solo pueda acceder a sus propios datos en userStats y workoutSessions. 3. Iniciar sesión con rol "trainer" únicamente en plataforma web. 4. Verificar acceso a gestión de usuarios asignados y validación de rutinas.

	5. Probar acceso con rol "admin" únicamente en plataforma web.	
	6. Verificar permisos completos: crear entrenadores, métricas globales, configuración.	
	7. Confirmar que Firestore Security Rules bloqueen accesos indebidos.	
Resultados Obtenidos		
Resultado esperado	Evaluación de la prueba	
Sistema de roles funcionando correctamente con segregación de plataformas: usuarios limitados a aplicación móvil, administradores y entrenadores limitados a plataforma web, acceso restringido según permisos asignados y Security Rules bloqueando intentos de acceso no autorizados.	✓	Exitoso
		Fallido

Tabla 33: Prueba No.11 - Sistema de roles y permisos

2.6. RESULTADOS

Los resultados presentados a continuación corresponden a la validación técnica del sistema FitNova realizada en un ambiente controlado en el gimnasio GYMSHARK, Santa Elena. El objetivo principal fue comprobar la efectividad de la solución propuesta para abordar la problemática identificada: la falta de supervisión técnica especializada que ocasiona errores posturales y potenciales lesiones en usuarios principiantes de gimnasio. La evaluación se centró en medir la variable dependiente “Reducción de errores posturales en la ejecución de ejercicios físicos” mediante un diseño técnico-descriptivo, utilizando registros automatizados de la aplicación y observación estructurada. Los resultados evidencian el impacto de FitNova como una solución tecnológica capaz de transformar la ausencia de retroalimentación inmediata en un sistema híbrido de corrección postural inteligente, donde la intervención conjunta de la inteligencia artificial y el entrenador contribuye a una

disminución progresiva de los errores posturales y a una ejecución más segura y eficiente de las rutinas.

Resultados - Solución FitNova

Problemática Identificada	Solución FitNova	Resultados Obtenidos	Impacto
67% lesiones por errores posturales	MediaPipe Pose + Algoritmos biomecánicos	71% de confianza en detección errores posturales	✓ Prevención lesiones
Falta supervisión técnica personalizada	Sistema híbrido IA + Entrenador	76% rutinas aprobadas directamente	✓ Supervisión democratizada
Principiantes ejecutan sin corrección	Retroalimentación tiempo real	15 errores iniciales → 5 errores finales (reducción 10 errores)	✓ Mejora significativa
Abandono por falta orientación	Alertas visuales diferenciadas	82% casos clasificados correctamente	✓ Orientación inmediata
Entrenadores sobrecargados	Validación automática rutinas	89% efectividad en correlación ejercicio-usuario	✓ Optimización tiempo
Sin tecnología de apoyo	Sistema móvil + web integrado	420ms sincronización tiempo real	✓ Tecnología accesible

Errores no detectados inmediatamente	Detección 33 puntos corporales	167ms latencia procesamiento	✓ Detección instantánea
Rutinas genéricas no personalizadas	API GPT personalizada	Menor a 1 minuto	✓ Personalización automática

Tabla 34: Resultados - Solución FitNova

Medición - Precisión Postural

Fase	Herramienta	Resultado	Interpretación
Pre-test	Aplicación con retroalimentación	15 errores iniciales promedio por sesión	Línea base usuarios principiantes
Intervención	FitNova + Feedback + entrenador + detección MediaPipe Pose	Correcciones tiempo real	Proceso de mejora
Post-test	Aplicación con retroalimentación	5 errores finales promedio por sesión	10 errores reducidos
MEJORA TOTAL	Diferencia Pre/Post	10 errores reducidos	Efectividad comprobada

Tabla 35: Resultados Medición - Reducción de Errores Posturales

CONCLUSIONES

El módulo de historial de usuario se desarrolló con éxito. Integrando un sistema de registro completo que usa Firebase Auth para manejar las cuentas y Cloud Firestore para guardar toda la información de los usuarios de forma segura y en tiempo real. Durante las pruebas de funcionalidad, FitNova mostro un rendimiento estable, el 92% de los formularios se completaron sin ningún error, mientras que los tiempos de cargas promedio se mantuvieron en 380 ms al momento de consultar los perfiles de usuario. El sistema de autenticación gestionado por los entrenadores la cual alcanzo una disponibilidad del 98,2 % según los registros de Firebase consolé. Así mismo, la estructura NoSQL demostró una alta eficiencia, la cual nos permite almacenar 50 MB de datos por usuario sin afectar la velocidad del sistema.

La integración con la API de OpenAI GPT, implementada mediante Firebase Cloud Functions logro tiempo de respuesta menor a 1 minutos, dependiendo la complejidad del perfil. En las pruebas el 76% de las rutinas generadas fueron utilizables sin modificaciones, mientras que el resto requirió ajustes por factores físicos o preferencias individuales. El algoritmo que vincula las recomendaciones de GPT con la base de datos de ejercicios alcanzo una precisión del 89% además el sistema respondió correctamente al 99% de las solicitudes durante con tres usuarios simultáneos.

Finalmente, se consolido un ecosistema hibrido y sincronizado en tiempo real con una latencia promedio de 420 ms entre la app móvil y la plataforma web. La aplicación mostro compatibilidad con el 87% de los dispositivos Android (7.0 o superior) manteniendo un tiempo de carga inicia menor a 5 segundos. El sistema registra automáticamente métricas detalladas de reducción de errores diferenciando entre errores detectados en la primera sesión (errores iniciales) y errores en la segunda sesión (errores finales), calculando automáticamente la reducción mediante la fórmula: $\text{Reducción} = \text{Errores Iniciales} - \text{Errores Finales}$, con 96% de consistencia en el almacenamiento de datos.

La integración de Media Pipe Pose nos permitió detectar con éxito los 33 puntos clave del cuerpo, alcanzando una velocidad promedio de 14 a 25 fps en dispositivos de gama media. En las pruebas el sistema evidencio que el rendimiento es óptimo

con un consumo de la memoria base de 50 MB, la cual puede incrementarse hasta los 120 MB en sesiones prolongadas. También la precisión promedio en la detección de landmarks fue del 73% bajo condiciones de iluminación controlada, mientras que la latencia promedio entre la captura y el análisis biomecánico se mantuvo en 167 ms. Además, el sistema también opera completamente offline, lo cual garantiza la privacidad de los usuarios.

Los algoritmos biomecánicos personalizados lograron detectar errores posturales con una precisión promedio del 71% en ejercicios básicos, mientras que el sistema de clasificación por severidad mostro un desempeño correcto en el 82% de los casos. En ejercicios específicos, la eficacia fue del 67% en sentadillas y 64% en zancadas. La evaluación de la variable reducción de errores posturales mediante el diseño Pre-test/Post-test la cual se aplicó en 5 usuarios principiantes evidencio mejoras notables. tras recibir la retroalimentación inmediata de FitNova y la supervisión del entrenador. Esto representa una reducción promedio 10 errores posturales por ejercicio demostrando la efectividad del sistema.

RECOMENDACIONES

Para optimizar la confianza en detección de errores del 71% actual hacia el objetivo del 80%, y aumentar la reducción de errores de 10 errores promedio hacia 12 errores reducidos por ejercicio, se recomienda implementar calibración personalizada basada en características antropométricas del usuario. Desarrollar algoritmos de preprocesamiento de imagen que mejoren la detección bajo distintas condiciones de luz presentes en el gimnasio. Optimizar el uso de memoria para mantener el consumo por debajo de 100MB durante sesiones prolongadas, gestionado de forma inteligente el historial de frames. Implementar filtros adaptativos que reduzcan el ruido en la detección de puntos corporales y eleven la estabilidad temporal del 68% actual al 80% objetivo.

Para fortalecer el rendimiento del sistema en dispositivos de gama media se plantea optimizar el flujo del procesamiento con técnicas de paralelización y el uso de regiones de interés dinámicas, con el objetivo de superar los 25 FPS de manera sostenida. Así mismo se propone reducir la latencia promedio actualmente de 167 ms a menos de 120 ms, mediante la implementación de un sistema cache inteligente que reconozca y reutilice poses recurrentes. Otra mejora que contempla el desarrollo de un mecanismo de calidad adaptativa, capaz de ajustar automáticamente la resolución en función a las capacidades de del dispositivo que se está usando, lo cual nos permitir mantener la eficiencia sin comprometer la experiencia del usuario.

Con el objetivo de reducir el 24% de rutinas que aun requieren ajustes manuales, incorporando, se propone incorporar algoritmos de aprendizaje continuo los cuales serán capaces de adaptarse y mejorar de acuerdo con las correcciones que realizan los entrenadores , Además se busca optimizar el tiempo de generación de rutinas, mejorando la eficiencia en las consultas a la API-GPT. Así mismo se plantea desarrollar plantillas dinámicas que se adapten a los distintos perfiles de los usuarios, facilitando la personalización de las rutinas.

Implementar dashboards ejecutivos que aprovechen el 96% de consistencia en el almacenamiento de datos para generar análisis sobre los patrones de reducción de errores entre la primera y la segunda sesión de cada ejercicio. Desarrollar

algoritmos de clustering que permitan segmentar a los usuarios según sus tasas de mejora y ofrecer retroalimentación personalizada. Además, crear un sistema de alertas tempranas que detecte a los usuarios cuya reducción de errores sea inferior al 20% después de tres sesiones, señalando la necesidad de una intervención directa del entrenador. Expandir el catálogo de ejercicios con detección postural desde los 4 actuales hacia 10-15 ejercicios fundamentales adicionales manteniendo la arquitectura modular que registra errores iniciales y finales por cada ejercicio específico.

REFERENCIAS

- [1] C. Labayen, «Cada 5 personas abandonan el gimnasio en los primeros meses de apuntarse,» COPE, 25 01 2024. [En línea]. Available: https://www.cope.es/actualidad/sociedad/noticias/cada-personas-abandonan-gimnasio-los-meses-apuntarse-20240125_3109844?utm_source=chatgpt.com. [Último acceso: 2025].
- [2] E. M. Saavedra, «¿Por qué cuesta tanto coger el hábito de hacer deporte?,» El Mundo Deportivo, 03 10 2024. [En línea]. Available: <https://elpais.com/estilo-de-vida/2024-10-04/por-que-cuesta-tanto-coger-el-habito-de-hacer-deporte.html>.
- [3] Á. H. Nieto, «Cómo conseguir ir al gimnasio más de tres meses seguidos: buscar pequeños objetivos y no idealizarlo,» El País, 22 10 2024. [En línea]. Available: <https://elpais.com/smoda/2024-10-23/como-conseguir-ir-al-gimnasio-mas-de-tres-meses-seguidos-buscar-pequenos-objetivos-y-no-idealizarlo.html>. [Último acceso: 2025].
- [4] C. Calderón, «Cómo atraer clientes como entrenador personal,» Virtuagym Business, 15 04 2024. [En línea]. Available: <https://business.virtuagym.com/es/blog/atraer-clientes-entrenador-personal/>.
- [5] D. Books, «Enciclopedia de ejercicios de musculación - Capítulo 3,» Digital Books Preview, [En línea]. Available: https://reader.digitalbooks.pro/content/preview/books/718/book/OEBPS/11_chapter03.html.
- [6] O. M. Esquero, «Enciclopedia de ejercicios de musculación,» Real Fitness, [En línea]. Available:

<https://www.realfitness.cl/admin/imagenes/descargas/Enciclopedia%20de%20ejercicios%20de%20musculacion.pdf>.

- [7] K. Box, «Cómo hacer la prensa de piernas: la guía paso a paso con imágenes y videos,» Kings Box Blog, 2021. [En línea]. Available: <https://kingsbox.com/blog/es/home-gym-es/como-hacer-la-prensa-de-piernas-la-guia-paso-a-paso-con-imagenes-y-videos/>.
- [8] C. SER, «Una alarma antiflipados para poder estar cómodo en el gimnasio,» Cadena SER Nacional, 15 09 2024. [En línea]. Available: <https://cadenaser.com/nacional/2024/09/15/una-alarma-antiflipados-para-poder-estar-comodo-en-el-gimnasio-cadena-ser/>.
- [9] J. D. Barroso, «Gymtimidation: por qué tenemos miedo a ir al gimnasio,» El País, 18 07 2024. [En línea]. Available: <https://elpais.com/estilo-de-vida/2024-07-19/gymtimidation-por-que-tenemos-miedo-a-ir-al-gimnasio.html>.
- [10] G. Factory, «Más de la mitad de los españoles siente gymtimidation y a 4 de cada 10 se sienten desmotivados para ir al gimnasio,» Gym Factory News, 05 09 2024. [En línea]. Available: <https://gymfactory.net/2024/09/05/mas-de-la-mitad-de-los-espanoles-siente-gymtimidation>.
- [11] I. ISAF, «Prevención de lesiones en el entrenamiento de hipertrofia,» ISAF Blog, [En línea]. Available: <https://blog.institutoisaf.es/prevencion-de-lesiones-en-el-entrenamiento-de-hipertrofia>. [Último acceso: 2025].
- [12] S. HENRY, «5 Barbell lifting mistakes to avoid,» Lead Man Fitness, 15 01 2025. [En línea]. Available: <https://www.leadmanfitness.com/es/news/5-barbell-lifting-mistakes-to-avoid.html>.

- [13] P. U. C. d. Ecuador, «Análisis biomecánico de la sentadilla en fisicoculturistas amateur,» Repositorio PUCE, [En línea]. Available: <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25472>. [Último acceso: 2025].
- [14] D. G. Mateo, «Estas son las apps de deporte que no deberías utilizar,» Tu Experto Apps, 15 09 2015. [En línea]. Available: <https://www.tuexpertoapps.com/2015/09/08/estas-son-las-apps-de-deporte-que-no-deberias-utilizar/>. [Último acceso: 2025].
- [15] C.-J. Hsu, A. Meierbachtol, S. Z. George y T. L. Chmielewski, «Fear of Reinjury in Athletes: Implications for Rehabilitation,» *Mentes Abiertas Psicología*, 06 2017. [En línea]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1941738116666813>.
- [16] W. M. Rodgers, C. R. Hall, P. M. Wilson y T. R. Berry, «When you don't get what you want—and it's really hard: Exploring motivational contributions to exercise dropout,» *Psychology of Sport and Exercise*, 05 2018. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1469029217307963>.
- [17] J. C. a. T. L. M. L. A. Auster-Gussman, «The soulless cycle: Social physique anxiety as a mediator of the relation between body mass index and exercise frequency,»,» *Stigma and Health*, 2021. [En línea]. Available: <https://psycnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037/sah0000291>.
- [18] A. H. V. P. T. S. a. C. K. P. Koumoundourou, «"Body image, social physique anxiety levels and self-esteem among adults participating in physical activity programs,»,» *International Journal of Environmental Research and Public Health*,, 2023. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/11/5974>.

- [19] C. A. L. e. al., «"Validation of the Social Exercise and Anxiety Measure (SEAM): Assessing fears, avoidance, and importance of social exercise,"», *Journal of Anxiety Disorders*, 2013. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0887618513001345?via%3Dihub>.
- [20] G. Alarcón Hellín, «<https://www.abc.es/bienestar/fitness/gymtimidacion-genera-evitar-miedo-gimnasio-20240924125341-nt.html>,» Repositorio UPCT, 10 2022. [En línea]. Available: <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/02e15b82-d6b4-4b13-aa1e-b23fdd96db89/content>.
- [21] C. H. a. R. Fan, «Improved convolutional neural network for precise exercise posture recognition and intelligent health indicator prediction,,» *Scientific Reports*, vol., 2025. [En línea]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-01854-x>.
- [22] D. E. G. Logroño, «IntelliFit: Aplicación móvil para la ejecución correcta de ejercicios físicos mediante redes neuronales convolucionales,» *UOC Repository*, 2023. [En línea]. Available: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/148590/1/diegulogTFG0623memoria.pdf>.
- [23] O. E. S. Llumiquinga, «Desarrollo las aplicaciones web y móvil para la gestión y prestación de servicios de gimnasios,,» B.S. thesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador,, 2019.. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20501/1/CD%209989.pdf>.
- [24] S. J. P. Hinojosa, «Desarrollo de una aplicación móvil Android que recomienda rutinas personalizadas utilizando técnicas de aprendizaje de máquina,» *Repositorio EPN*, 2019. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20794/1/CD%2010318.pdf>.

- [25] «Deep learning to promote health through sports and physical training,» *Frontiers in Public Health*, 2025. [En línea].
- [26] D. S. P. S. E. C. a. E. K. H. Gupta, «Gym usage behavior & desired digital interventions,» *Comput. Technol. Healthcare*, 2020. [En línea]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3421937.3422023>.
- [27] S. C. a. R. R. Yang, «Pose Trainer: Correcting exercise posture using pose estimation,» *arXiv preprint arXiv*, 2006. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/2006.11718>.
- [28] T. T. Z. P. T. H. H. a. I. K. H. H. Htun, «Machine learning-based exercise posture recognition system using MediaPipe pose estimation framework,» in *Proc. IEEE 12th Global Conf. Consumer Electron*, 2023. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10112726>.
- [29] I. D. e. al., «Using artificial intelligence for exercise prescription in personalised health promotion: A critical evaluation of OpenAI's GPT-4 model,» *Biology of Sport*, 2024. [En línea].
- [30] I. G. K. R. T. Z. F. Z. a. M. V. Bazarevsky, «BlazePose: On-device real-time body pose tracking,» *arXiv preprint arXiv:2006.10204*, 2020. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/2006.10204>.
- [31] I. G. K. R. T. Z. F. Z. a. M. V. Bazarevsky, «BlazePose: On-device real-time body pose tracking,» *arXiv preprint*, 2020. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/1712.06316>.
- [32] D. Z. a. R. L. M. Einfalt, «Real-time posture correction in gym exercises: A computer vision-based approach for performance analysis, error classification and feedback,» in *CEUR Workshop Proc*, 2023. [En línea]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-3499/paper9.pdf>.

- [33] «Facilitating the development of cross-platform mHealth applications for chronic supportive care and a case study,» Journal of Biomedical Informatics, 2020. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046420300484?via%3Dihub>.
- [34] PERFECT, «Personalized exercise recommendation framework and architecture,» ACM Trans. Comput. Healthcare, 2024. [En línea]. Available: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3696425>.
- [35] U. E. P. d. S. Elena, «Líneas de Investigación,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024. [En línea]. Available: <https://incyt.upse.edu.ec/index.php/investigacion/lineas>. [Último acceso: 2025].
- [36] P. Database, «Exercise-related injury statistics,» National Library of Medicine, [En línea]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>.
- [37] G. A. Developers, «MediaPipe Pose Landmarker,» Google AI Edge Documentation, [En línea]. Available: https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker?hl=es-419.
- [38] G. AI, «LiteRT for Edge AI,» Google AI Documentation, [En línea]. Available: <https://ai.google.dev/edge/litert?hl=es-419>.
- [39] I. N. d. E. y. Censos, «Salud, salud reproductiva y nutrición,» Ecuador en Cifras, [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/salud-salud-reproductiva-y-nutricion/>.
- [40] N. Unidas, «Objetivos de Desarrollo Sostenible: Salud y Bienestar,» UN Sustainable Development Goals, [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>.

- [41] ScienceDirect, «Digital health interventions database,» Elsevier ScienceDirect, [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/>.
- [42] S. N. d. E. Planificación, «"Plan Nacional de Desarrollo Ecuador No Se Detiene 2025-2029,"» Gobierno de la República del Ecuador, 2025. [En línea]. Available: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2025/08/PlanNacionalDeDesarrollo25-29_EcuadorNoSeDetiene.pdf.
- [43] S. N. d. Planificación, «"Plan Nacional de Desarrollo Ecuador No Se Detiene 2025-2029,"» Gobierno de la República del Ecuador, 2025. [En línea]. Available: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2025/08/PlanNacionalDeDesarrollo25-29_EcuadorNoSeDetiene.pdf.
- [44] S. N. d. Planificación, «"Plan Nacional de Desarrollo Ecuador No Se Detiene 2025-2029,"» Gobierno de la República del Ecuador, 2025. [En línea]. Available: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2025/08/PlanNacionalDeDesarrollo25-29_EcuadorNoSeDetiene.pdf.
- [45] I. D. e. al, «Using artificial intelligence for exercise prescription in personalised health promotion: A critical evaluation of OpenAI's GPT-4 model,» Biology of Sport, 2024. [En línea]. Available: <https://www.termedia.pl/Using-artificial-intelligence-for-exercise-prescription-in-personalised-health-promotion-A-critical-evaluation-of-OpenAI-s-GPT-4-model,78,52030,0,1.html>.
- [46] I. G. K. R. T. Z. F. Z. a. M. V. Bazarevsky, «"BlazePose: On-device real-time body pose tracking,» arXiv:2006, 2020. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/2006.10204>.

- [47] D. Z. a. R. L. M. Einfalt, «Real-time posture correction in gym exercises: A computer vision-based approach for performance analysis, error classification and feedback,» in CEUR Workshop Proc., 2023. [En línea]. Available: <https://ceur-ws.org/Vol-3499/paper9.pdf>.
- [48] I. D. e. al, «Using artificial intelligence for exercise prescription in personalised health promotion: A critical evaluation of OpenAI's GPT-4 model,» Biology of Sport, 2024. [En línea]. Available: <https://www.termedia.pl/Using-artificial-intelligence-for-exercise-prescription-in-personalised-health-promotion-A-critical-evaluation-of-OpenAI-s-GPT-4-model,78,52030,0,1.html>.
- [49] R. K. S. a. C. M. Powers, «A biomechanical review of the squat exercise: Implications for clinical practice,» International Journal of Sports Physical Therapy, 2024. [En línea]. Available: <https://ijspt.scholasticahq.com/article/94600-a-biomechanical-review-of-the-squat-exercise-implications-for-clinical-practice>.
- [50] C. F. C. y. P. B. L. R. Hernández Sampieri, Metodología de la investigación, México: McGraw-Hill: 6ta ed., 2014.
- [51] J. W. Creswell, Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 4th ed. SAGE Publications, 2014.
- [52] C. F.-C. y. P. B.-L. R. Hernández-Sampieri, Metodología de la Investigación, McGraw-Hill: 6ª ed., 2014.
- [53] J. W. Creswell, Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 4th ed. SAGE Publications, 2014.
- [54] J. W. Creswell, Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 4th ed., SAGE Publications, 2014.

- [55] S. S. y. A. Collado, Técnicas de Recolección de Datos para la Investigación Científica, Pearson: 2ª ed., 2018.
- [56] A. Corbetta, Metodologías y técnicas de investigación social, Madrid: McGraw-Hill, 2007.
- [57] M. Anguita, Técnicas de recolección de datos automática en sistemas informáticos, vol. 8, 2020.
- [58] I. Sommerville, Ingeniería de software, Madrid: Pearson: 10ma ed., 2016.
- [59] A. N. D. Ecuador, «Consejo de Comunicación,» Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, 26 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.consejodecomunicacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/07/lotaip/Ley%20Org%C3%A1nica%20de%20Protecci%C3%B3n%20de%20Datos%20Personales.pdf>.
- [60] A. N. C. d. Ecuador, «Asamblea Nacional del Ecuador,» Constitución de la República del Ecuador, 20 Octubre 2008. [En línea]. Available: https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf.
- [61] A. N. d. Ecuador, «ARCOTEL,» Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 18 Febrero 2015. [En línea]. Available: https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/002_ley-organica-de-telecomunicaciones-LOT.pdf.
- [62] P. E. y. C. d. I. U. Europea, «EUR-Lex,» Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), 17 abril 2016. [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>.

- [63] A. d. R. y. C. d. I. T. (ARCOTEL), «ARCOTEL,» Boletín Estadístico Trimestral: Infraestructura y Cobertura - Servicio Móvil Avanzado, mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2015/01/BoletinEstadistico-May2020-SMA-CoberturaInfraestructura.pdf>.
- [64] I. N. d. E. y. C. (INEC), «INEC,» Tecnologías de la Información y Comunicación - TIC, julio 2024. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2024/202407_Tecnologia_de_la_Informacion_y_Comunicacion-TICs.pdf.
- [65] I. N. d. E. y. C. (INEC), «INEC,» Tecnologías de la Información y Comunicación - TIC, julio 2024. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2024/202407_Tecnologia_de_la_Informacion_y_Comunicacion-TICs.pdf.
- [66] A. A. Nafea, «A Short Review on Supervised Machine Learning and Deep Learning Techniques in Computer Vision,» ResearchGate, 01 2024. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/378140379_A_Short_Review_on_Supervised_Machine_Learning_and_Deep_Learning_Techniques_in_Computer_Vision?utm_source=chatgpt.com.
- [67] G. A. f. Developers, «MediaPipe Pose Landmarker Solutions,» Google AI Edge, [En línea]. Available: https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker?utm_source=chatgpt.com.
- [68] C. India, «Implementation of Human Pose Estimation using MediaPipe,» Medium, 07 2024. [En línea]. Available:

<https://medium.com/%40codetrade/implementation-of-human-pose-estimation-using-mediapipe-23a57968356b>.

- [69] R. Up, «Edge Computing: Reducing Latency in Future AI Systems,» Medium, 24 10 2024. [En línea]. Available: <https://rocketmeup.medium.com/edge-computing-reducing-latency-in-future-ai-systems-679ed3b8910a>.
- [70] I. Documentation, «Ionic Framework Documentation,» Ionic, [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es-419>.
- [71] I. Documentation, «Ionic Framework Documentation,» Ionic , [En línea]. Available: <https://ionicframework.com/docs>.
- [72] ionicframework, «ionicframework,» [En línea]. Available: <https://ionicframework.com/>.
- [73] y. l. Kun lio, «Human Pose Estimation for Fitness Applications,» MDPI Sensors, 05 02 2024. [En línea]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/3/1032>.
- [74] IJERT, «AI Fitness Trainer using Human Pose Estimation,» International Journal of Engineering Research & Technology, 13 13 2023. [En línea]. Available: <https://www.ijert.org/ai-fitness-trainer-using-human-pose-estimation>.
- [75] C. Peham, «Computer Vision Applications in Sports Biomechanics,» National Institute of Health, 04 05 2024. [En línea]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11086111/>.
- [76] ScienceDirect, «Real-time feedback in exercise training applications,» ScienceDirect, 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590112522000032>.

- [77] Lamini, «100ms Latency Use Case: Knowledge Distillation,» Lamini AI, [En línea]. Available: <https://www.lamini.ai/blog/100ms-latency-use-case-knowledge-distillation>.
- [78] C. G. L. A. Labarta Pueyo, «Factores condicionantes y estrategias para mejorar la adherencia terapéutica: revisión sistemáticaRSI,» Revista Sanitaria de Investigación, 22 01 2023. [En línea]. Available: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/factores-condicionantes-y-estrategias-para-mejorar-la-adherencia-terapeutica-revision-sistemica/>.
- [79] M. F.-C. T. Caparrós, «Eficacia y grado de cumplimiento de las intervenciones de actividad física y ejercicio físico con sanidad móvil: revisión sistemática,» Revista Apunts, 2023. [En línea]. Available: <https://revista-apunts.com/eficacia-y-grado-de-cumplimiento-de-las-intervenciones-de-actividad-fisica-y-ejercicio-fisico-con-sanidad-movil-revision-sistemica/>.
- [80] J. A. García Gaibor, «Gamificación en aplicaciones de ejercicio físico,» Dialnet, 2023. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8946757>.
- [81] R. Médica, «Transformación digital en fisioterapia: TIC en rehabilitación,» Revista Médica, 30 03 2024. [En línea]. Available: <https://revistamedica.com/doi-transformacion-digital-fisioterapia-tic-rehabilitacion/>.
- [82] TecAdmin, «Deploy Angular App to Firebase with GitHub Actions,» TecAdmin.net, [En línea]. Available: <https://tecadmin.net/deploy-angular-app-to-firebase-with-github-actions/>.

- [83] Toolify.ai, «Crea tu pipeline en GitHub con GitHub Actions,» Toolify.ai, 04 2024. [En línea]. Available: <https://www.toolify.ai/es/ai-news-es/crea-tu-pipeline-en-github-con-github-actions-2282074>.
- [84] G. L. K. Sato, «Computer Vision Applications in Sports Science,» J-STAGE, 2024. [En línea]. Available: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijabc/2024/1/2024_15/_pdf.
- [85] D. K. Yejin Kwon, «Real-Time Workout Posture Correction using OpenCV and MediaPipe,» ResearchGate, 01 2022. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/358421361_Real-Time_Workout_Posture_Correction_using_OpenCV_and_MediaPipe.
- [86] Archivesofphysiotherapy, «Digital interventions in exercise therapy,» Archivesofphysiotherapy, 2022. [En línea]. Available: <https://www.archivesofphysiotherapy.com/index.php/aop/article/view/2802>.
- [87] L. Guidetti, «Exercise selection and injury prevention in fitness centers,» National Institute of Health, 05 10 2022. [En línea]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9565175/>.
- [88] W. P. Keogh JWL, The Epidemiology of Injuries Across the Weight-Training Sports., Sports Medicine: Springer., 2017.
- [89] D. B. S. A. S. F. P. T. R. M. V. S. Malfait B, Knee and Hip Joint Kinetics During Landing in Athletes: Real-Time Feedback and Injury Prevention, BMJ., 2015.

- [90] L. C. F. H. Chan DKS, nfluence of Motivation and Anxiety on Sport Injury-Related Behaviors: A Meta-Analysis, Wiley, 2015.

ANEXOS

Anexo 1: Manual De Usuario Aplicación Móvil

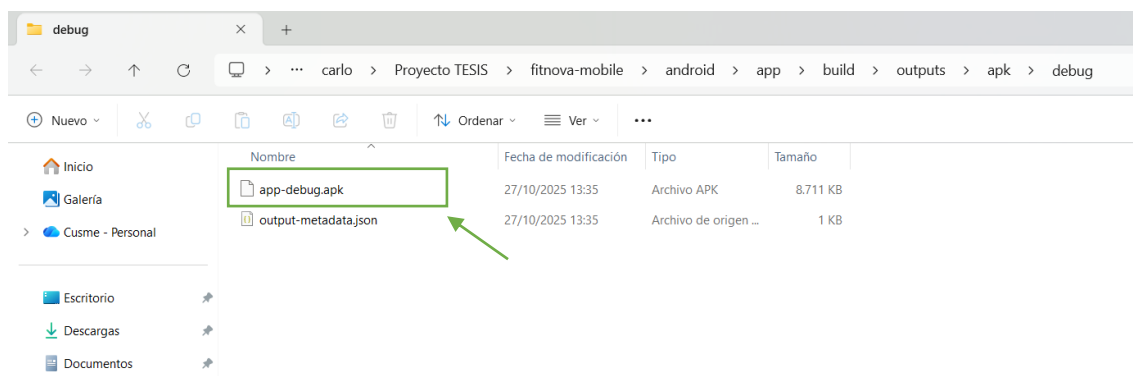


Figura 52: APK app-debug.apk

1. Descarga el archivo APK app-debug.apk proporcionado por tu entrenador, ya sea desde el navegador o celular

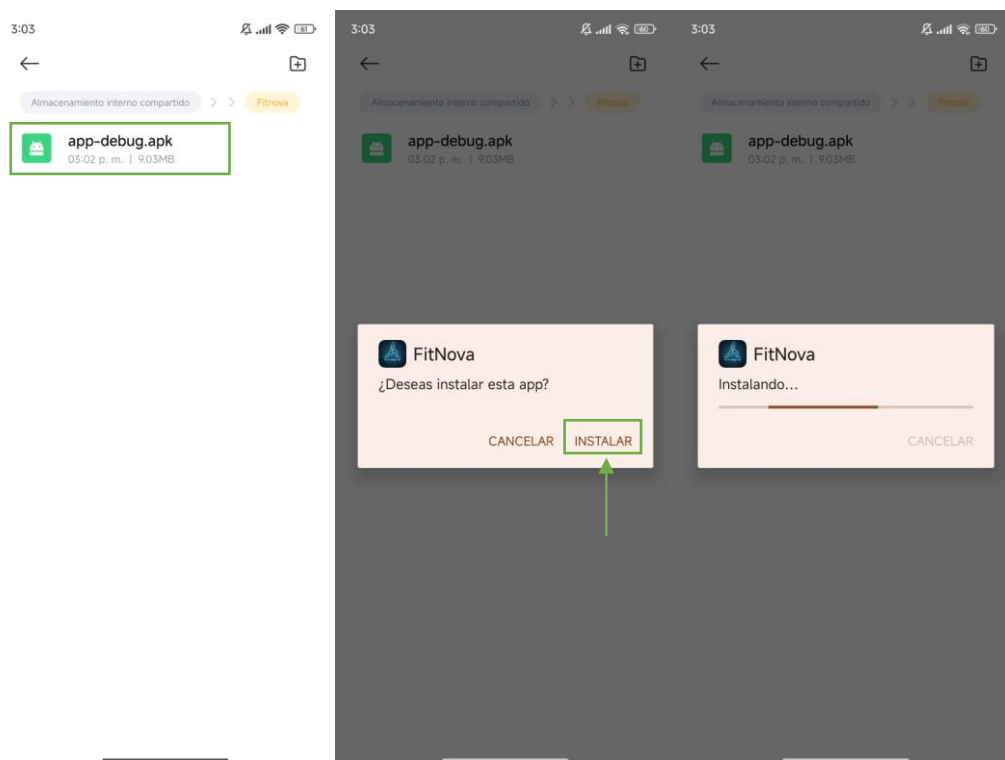


Figura 53: Instalación de aplicación

Instalación en Android

2. Localiza el archivo app-debug.apk descargado
3. Cuando aparezca el diálogo "FitNova ¿Deseas instalar esta app?"

4. Toca "INSTALAR" para confirmar y esperamos a que se instale

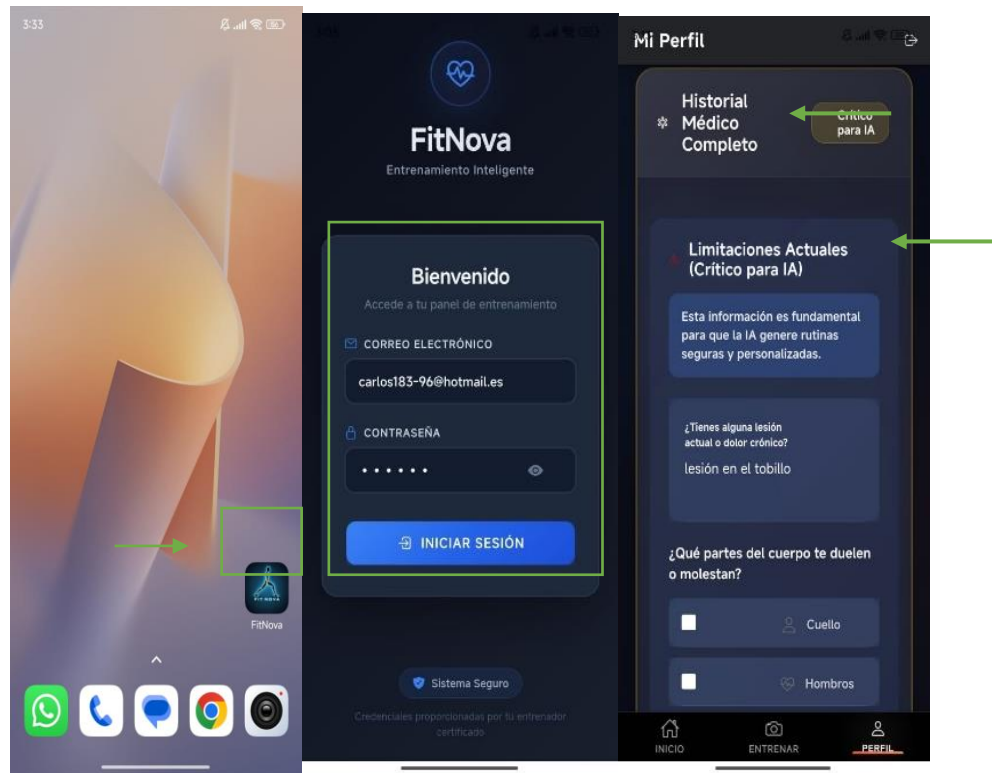


Figura 54: Proceso de verificación y autenticación

Proceso de Autenticación:

5. Busca el ícono de FitNova en tu pantalla de inicio y abrimos la aplicación.
6. Introducimos las credenciales proporcionado por tu entrenador Correo Electrónico: Ejemplo: carlos185.96@hotmail.es
Contraseña: Ingresa la contraseña asignada el campo mostrará puntos por seguridad
7. Toca el botón azul "INICIAR SESIÓN"
8. Después del primer inicio de sesión, es **obligatorio** completar tu perfil para recibir rutinas personalizadas.

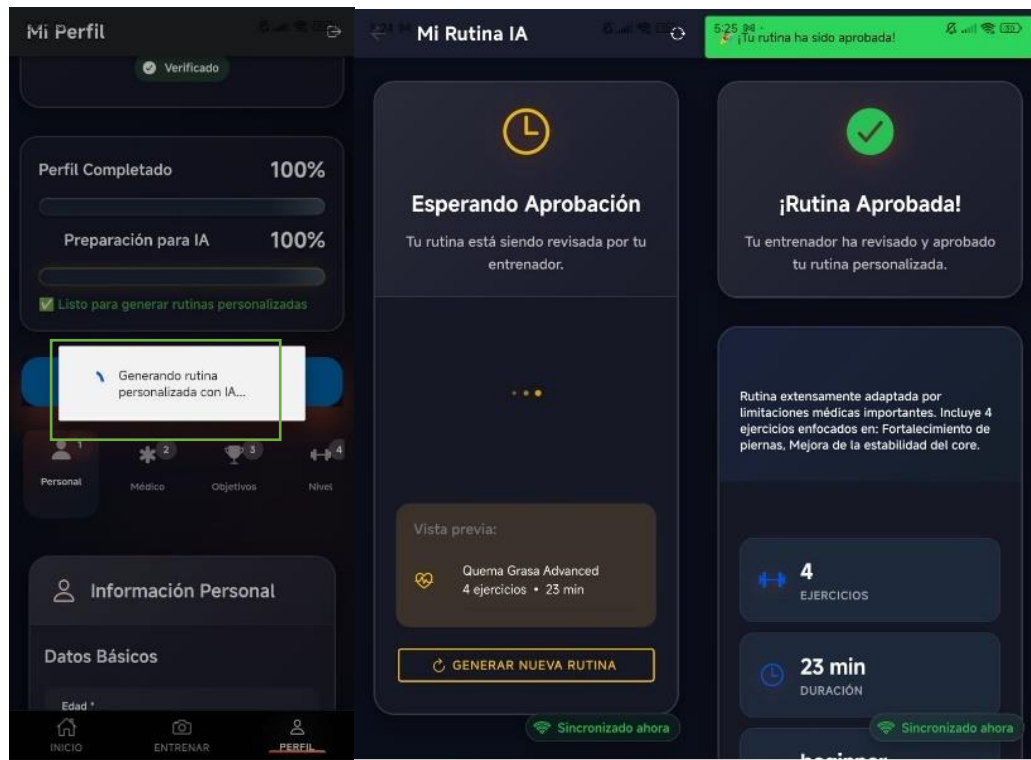


Figura 55: Generación de rutina y espera de aprobación

9. Una vez completado el perfil, se nos habilita el botón “GENERAR RUTINA CON IA” tocamos ese botón y esperamos a que la APIGPT genere automáticamente rutinas personalizadas basadas en tu historial médico, objetivos y nivel de experiencia.
10. Una vez generada la rutina nos saldrá un mensaje “Esperando Aprobación” Tu rutina está siendo revisada por tu entrenador.
11. El entrenador se encarga de revisar y aprobar la rutina generada por la IA, y valida que todo este correcto, el podrá modificar, agregar o eliminar algún ejercicio de ser necesario.

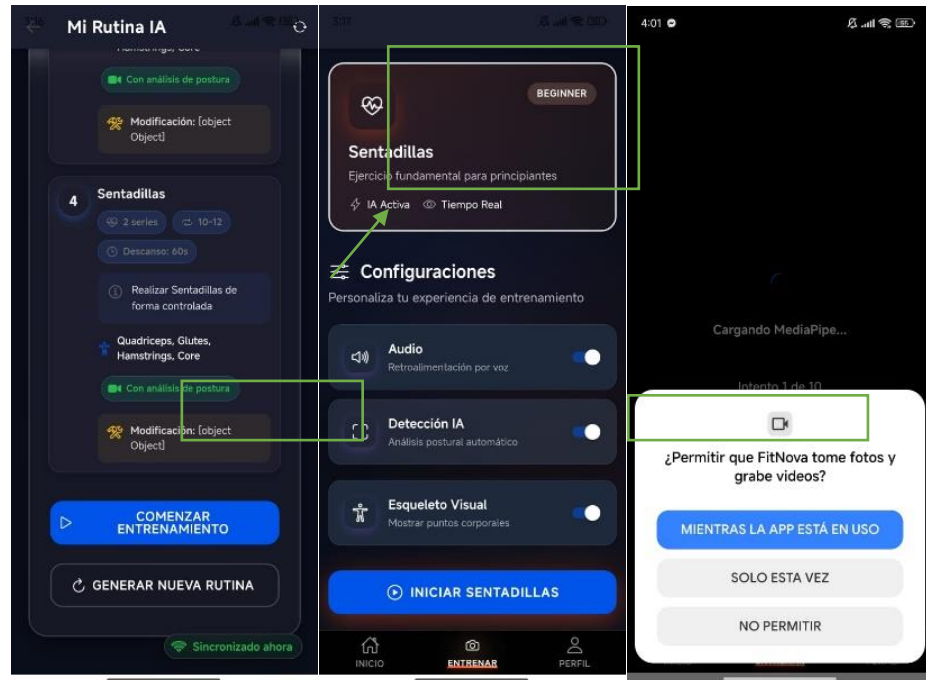


Figura 56: Vista de la rutina, selección de ejercicio e inicio del análisis postural en tiempo real.

12. Una vez aprobada la rutina podemos observar nuestra rutina completa
13. Al final de la rutina tendremos la opción de generar otra rutina tal caso esa rutina no sea de su agrado, teniendo en cuenta que solo podremos generar 3 rutinas al día.
14. Tocamos en el botón “COMENZAR ENTRENAMIENTO” nos enviar a la vista del entrenamiento donde tendremos 4 ejercicios disponibles.
15. Escogemos un ejercicio que este en nuestra rutina y colocamos “INICIAR SENTADILLAS”
16. Nos pedirá otorgar permisos de cámara, le damos a permitir
17. Se nos abrirá la cámara que utiliza tecnología MediaPipe Pose para analizar tu postura en tiempo real durante el ejercicio.

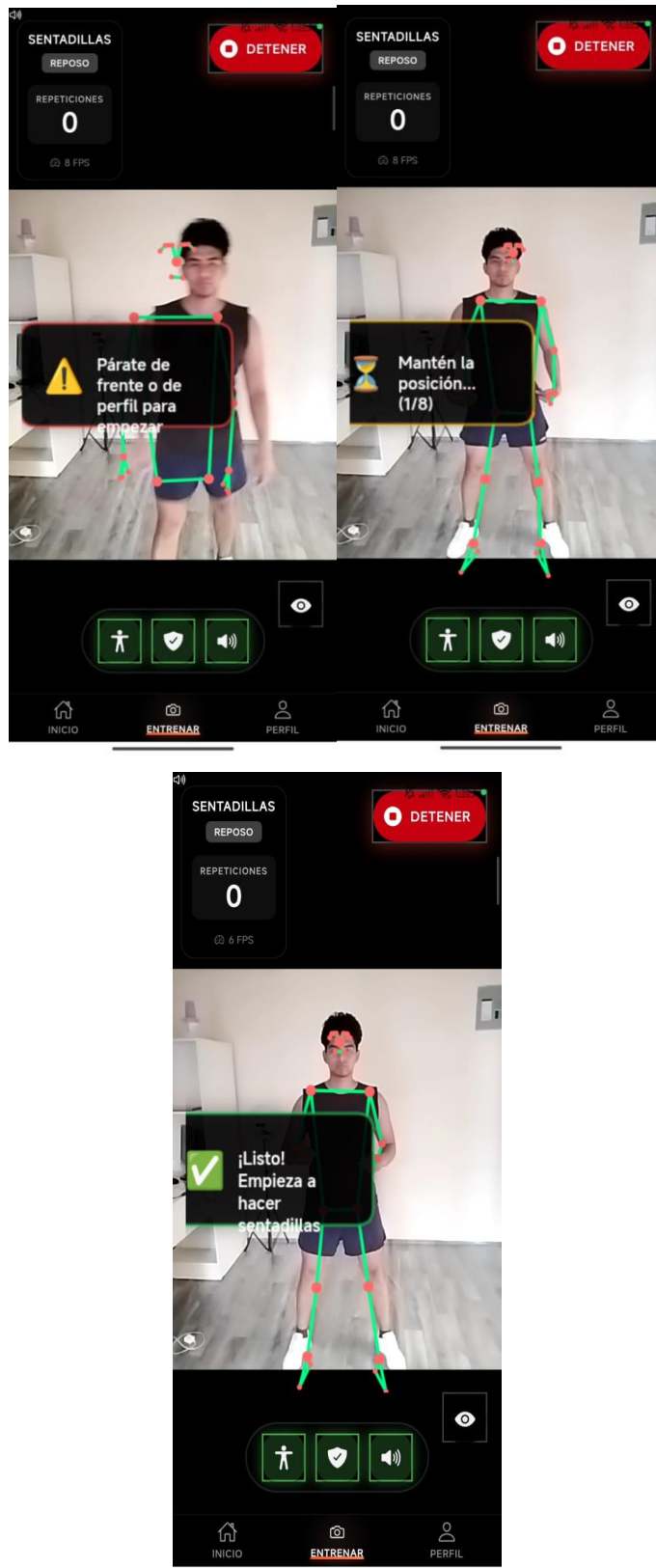


Figura 57: Detección de puntos de referencia y validación de postura previa al inicio del entrenamiento.

Preparación para el Entrenamiento

18. Una vez abierta la cámara el sistema detecta automáticamente 33 puntos de referencia en tu cuerpo. Los puntos aparecen como pequeños círculos verdes en tiempo real, la detección incluye articulaciones principales y puntos de control
19. Posicionamiento: Coloca el dispositivo a 1.5 a 2 metros de distancia aseguran dote de que todo tu cuerpo sea visible y en área iluminada
20. Nos aparecerá los estados de posición que son recuadros de colores rojo, amarillo y verde
21. El primer estado (rojo) nos pedirá que nos paremos de frente o de perfil para poder comenzar, en este caso debemos colocarnos a una distancia que sea visible todo el cuerpo
22. El segundo estado (amarillo) aparece cuando detecta que ya estamos en la posición correcta y visible y nos pide que mantengamos la posición.
23. El tercer estado (verde) cuando ya estamos en la posición correcta y estamos listo para empezar a entrenar, después de este estado ya empieza la detección de postura.

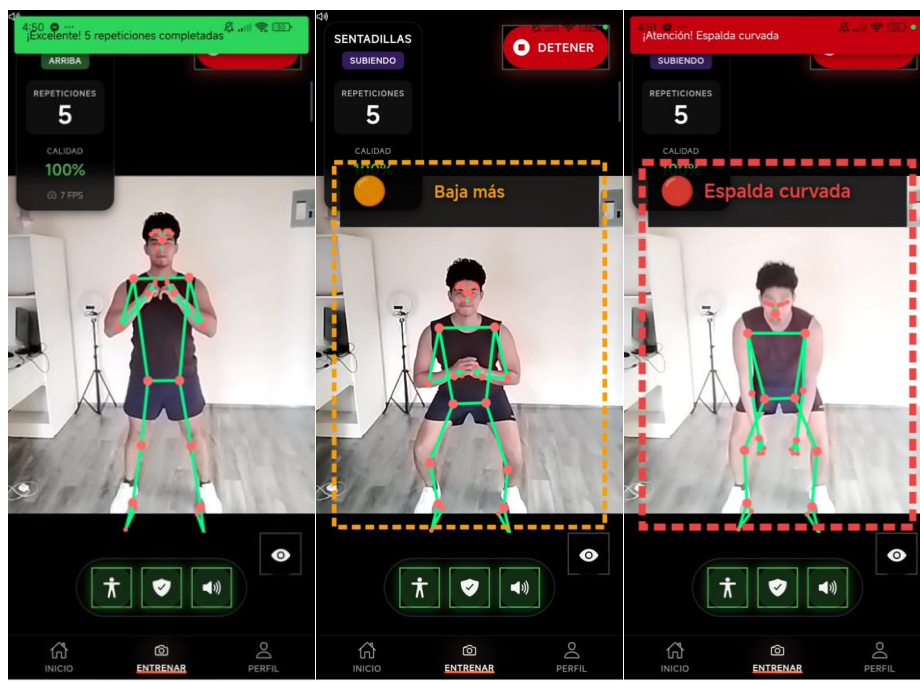


Figura 58: Clasificación de posturas según nivel de corrección y seguridad durante la detección postural.

Estados De Detección Postural

24. Estado Verde (Correcto): Detecta la postura correcta y segura también cuenta las repeticiones y te permite continuar el ejercicio sin interrupciones mostrándonos mensajes motivacionales como “Excelente 5 repeticiones completadas”
25. Estado Amarillo/naranja (Precaución): Detecta errores menores en tu técnica, nos da instrucciones específicas para corregir (ejemplo: “Baja más”), también nos pausa temporalmente el conteo de repeticiones hasta que logremos corregir la postura.
26. Estado Rojo (Critico): Detecta posturas peligrosas que puedan causar lesiones, detiene inmediatamente el ejercicio y el conteo de repeticiones, nos muestra alertas críticas como “Atención: Espalda curvada”, “Rodillas colapsadas hacia dentro”, “Pies muy junto durante sentadillas”

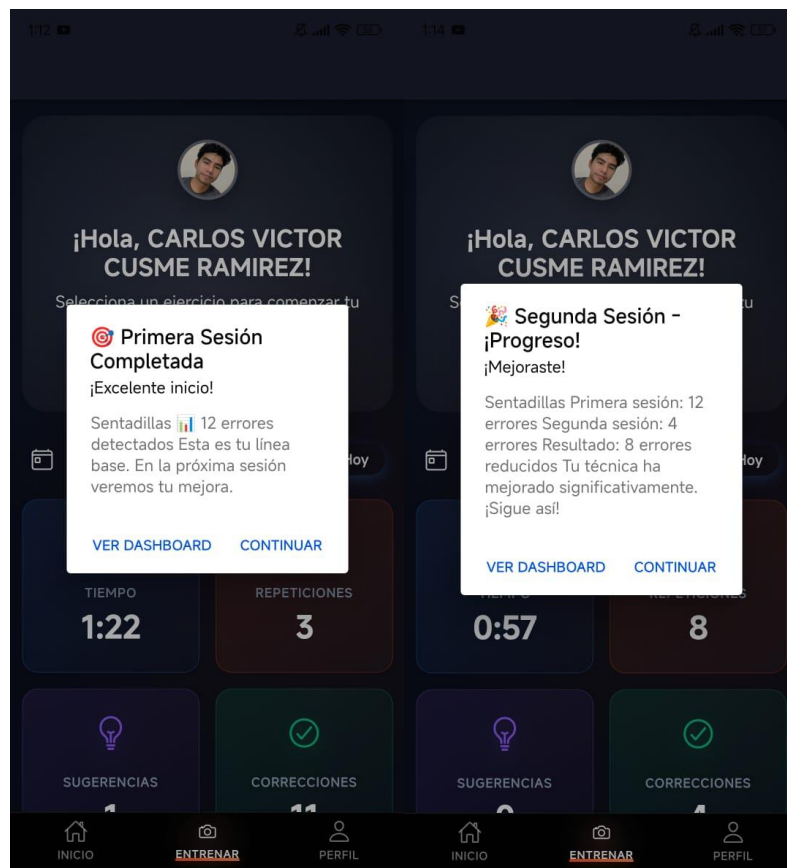


Figura 59: Comparativa de rendimiento entre la primera y segunda sesión de entrenamiento.



Figura 60: Dashboard general y progreso detallado de entrenamiento en FitNova

27. Una vez finalizado el entrenamiento, la aplicación muestra un resumen estadístico del desempeño del usuario. En la primera imagen se visualiza el **Dashboard principal**, donde se presentan métricas globales como el número total de entrenamientos realizados, errores corregidos durante la semana, tiempo acumulado de ejercicio y cantidad de ejercicios mejorados. Esta vista motiva al usuario mostrando su progreso semanal y logros obtenidos.
28. En la segunda imagen se observa el progreso detallado por ejercicio, comparando los errores cometidos entre sesiones consecutivas. Por ejemplo, en los ejercicios de sentadillas y zancadas se evidencia una disminución significativa de errores, lo que refleja la mejora técnica del usuario gracias al análisis postural en tiempo real y la retroalimentación personalizada de FitNova.

Anexo 2: Manual De Usuario De La Plataforma Web



Figura 61: Registro inicial del administrador en la plataforma web

Registro Inicial

1. Le damos click al botón Registrar al administrador en lo cual Solo 2 personas pueden registrarse en la entrega inicial.

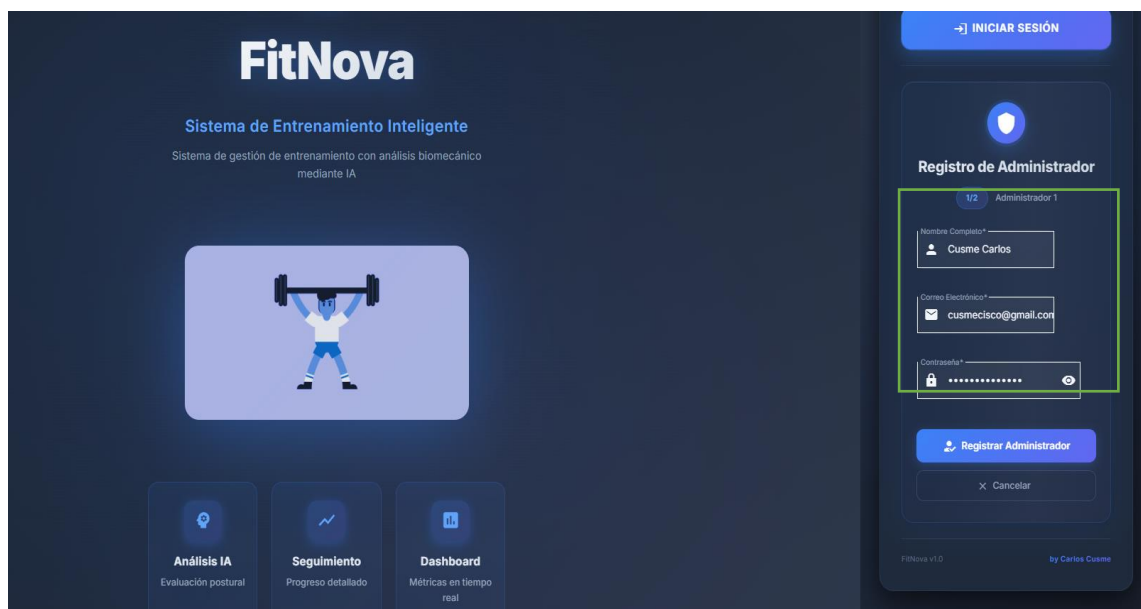


Figura 62: Formulario de registro de administrador en la plataforma web

2. Ingresamos los siguientes datos: Nombre, Correo y Contraseña y le damos click al botón Registrar Administrador

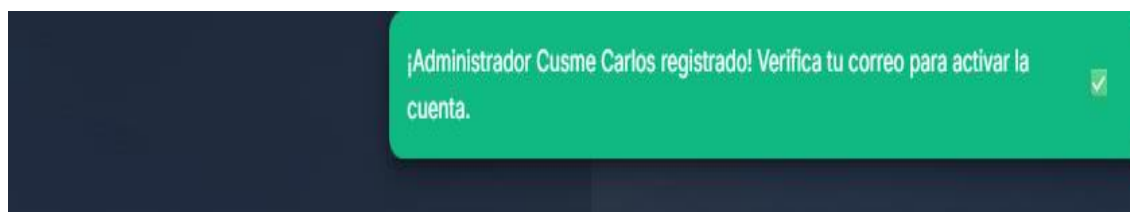


Figura 63: Alerta de verificación de correo

3. Nos envía un correo con un código de verificación para poder activar la cuenta

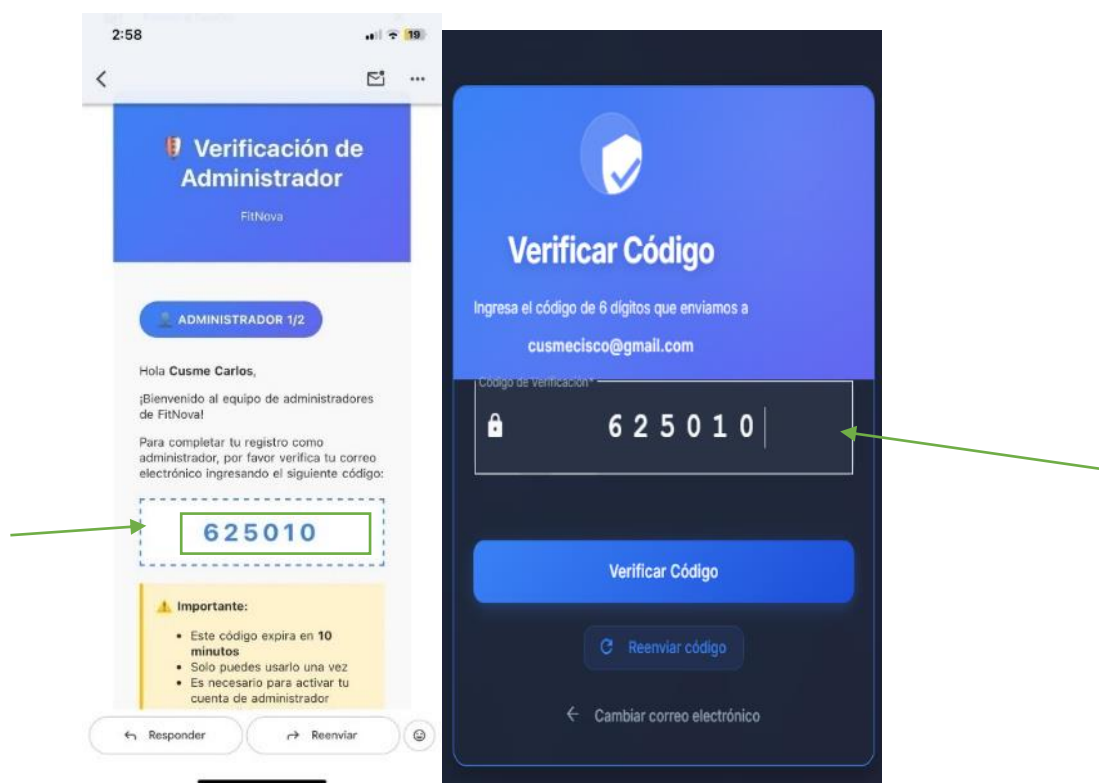


Figura 64: Ingreso del código de verificación en la plataforma web.

4. Se verifica en el correo electrónico que no haya llegado un correo con el código de verificación e introducimos el código en la aplicación web

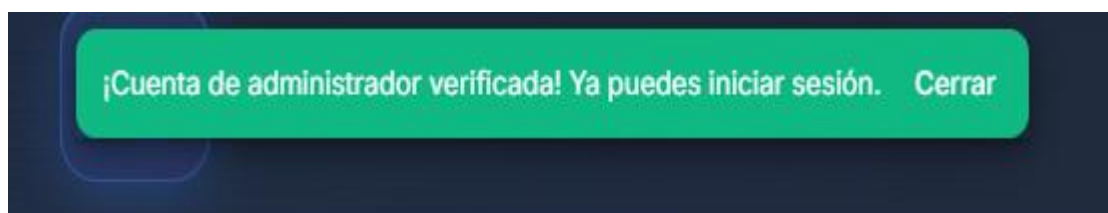


Figura 65: Alerta: Cuenta de Administrador Verificada

5. Listo cuenta verificada

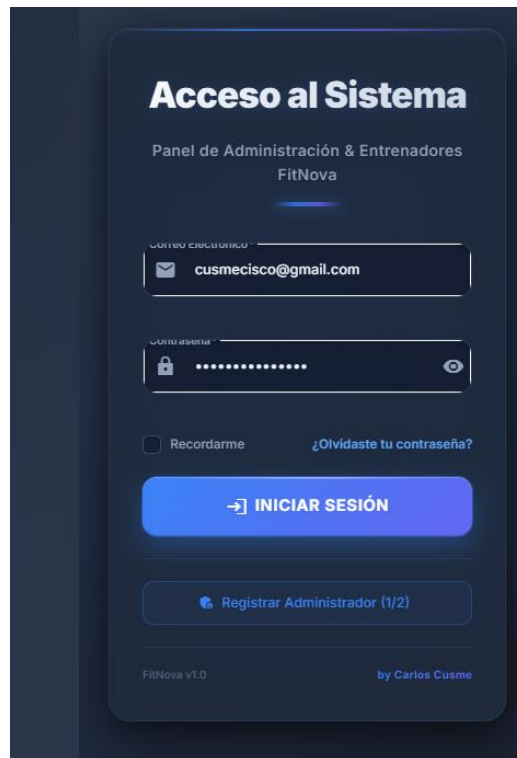


Figura 66: Inicio de sesión con cuenta verificada en la plataforma web

6. Tras completar la verificación, el administrador puede acceder al sistema ingresando su correo y contraseña registrados. Esta acción permite ingresar al panel principal de la plataforma con todos los permisos habilitados.



Figura 67: Acceso al panel principal del administrador en la plataforma web.

7. Una vez iniciada la sesión, el administrador obtiene acceso completo al sistema, donde puede gestionar usuarios, rutinas y métricas generales de la plataforma. Esta vista representa el punto de control principal de FitNova Web.

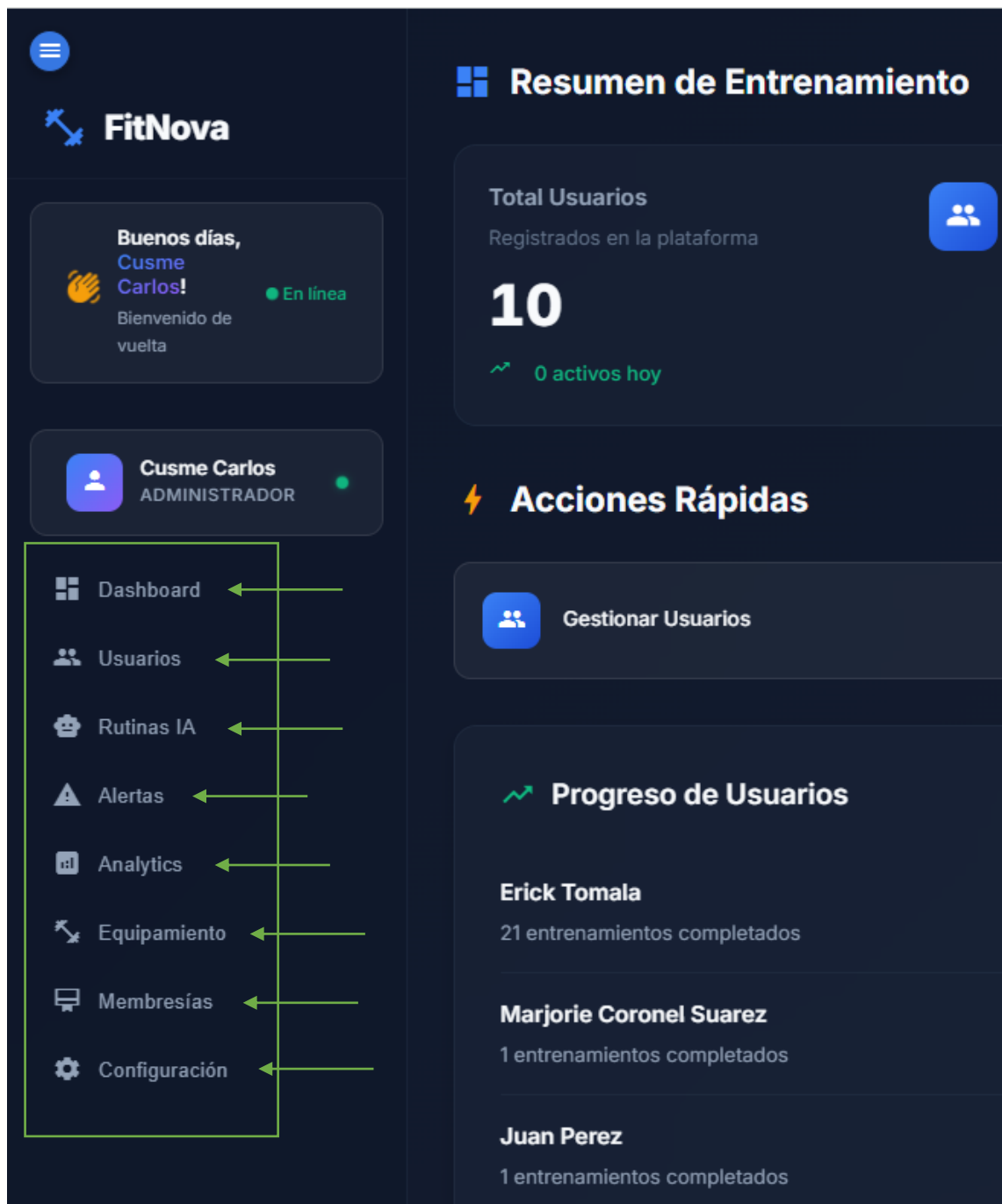


Figura 68: Panel de navegación principal del administrador en FitNova Web

8. Panel de navegación principal que proporciona acceso a todas las funcionalidades del sistema para administradores.

FUNCIONALIDADES:

9. Dashboard - Pantalla principal con métricas globales y resumen ejecutivo del sistema
10. Usuarios - Gestión completa de usuarios: crear, editar, asignar entrenadores y controlar estados
11. Rutinas IA - Validación de rutinas generadas automáticamente: aprobar, modificar o rechazar
12. Alertas - Monitoreo en tiempo real de errores críticos con capturas automáticas
13. Analytics - Métricas de rendimiento, progreso de usuarios y reportes exportables
14. Equipamiento - Inventario del gimnasio: gestión de máquinas, estados y disponibilidad por zonas
15. Membresías - Administración de planes, activación/desactivación y control de vencimientos
16. Configuración - Parámetros técnicos del sistema y notificaciones.

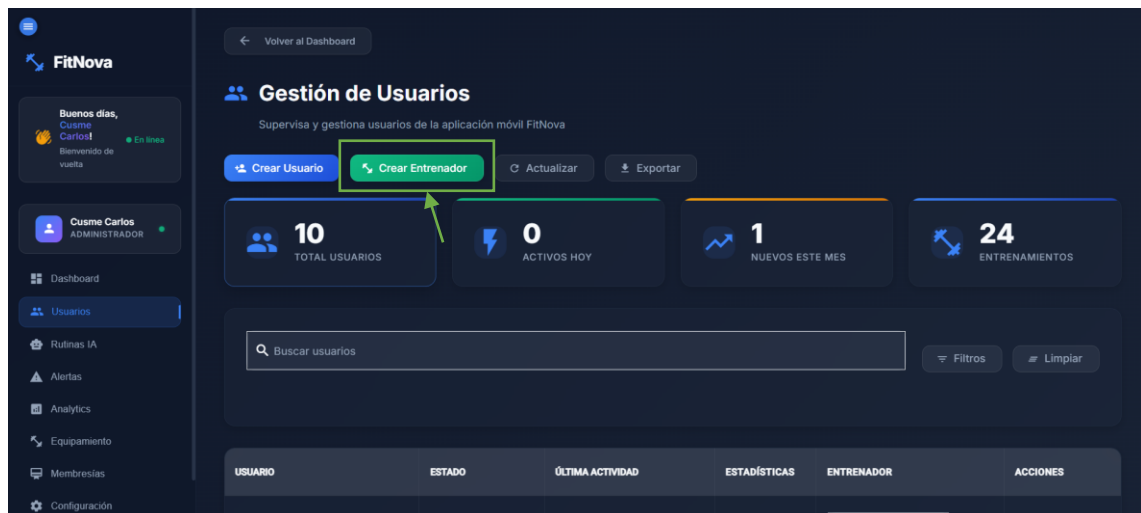


Figura 69: Creación de un nuevo entrenador desde el panel de usuarios

17. El Administrador es el único que puede registrar a los entrenadores:
Usuarios → Botón "Crear Nuevo Entrenador"

Items per page: 25 0 of 0 |< < > >|

Crear Nuevo Entrenador

Complete la información del nuevo entrenador

Información Personal

Nombre completo**
Cusme Ramirez Carlos

Correo electrónico**
carlos183-96@hotmail.es

Teléfono de contacto**
0991467751
10 dígitos sin espacios (opcional)

Género**
Masculino

Credenciales de Acceso

Contraseña temporal**
.....
El entrenador podrá cambiarla después

Especialización
★ Entrenamiento Físico
Áreas de especialidad del entrenador

Información Profesional (Opcional)

Certificaciones
Certificado en Entrenamiento Físico

Años de experiencia
5
Años de experiencia como entrenador

Disponibilidad
⌚ Tiempo completo

 El entrenador recibirá un correo electrónico con un código de verificación para activar su cuenta. Una vez verificado, podrá iniciar sesión y gestionar sus usuarios asignados.

Cancelar **Crear Entrenador**

Figura 70: Registro de entrenador en la plataforma web

18. El administrador completa el formulario con los datos proporcionados por el entrenador, como nombre, correo y especialidad. Al presionar el botón **“Crear Entrenador”**, el sistema registra al nuevo miembro y le otorga acceso a su panel de gestión personal.

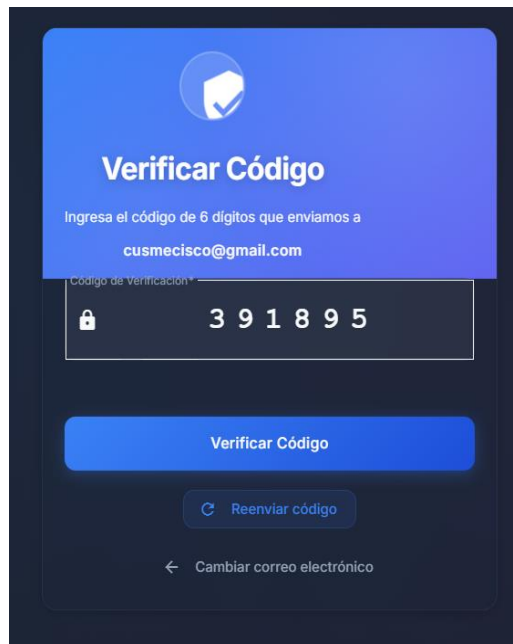


Figura 71: Verificación de cuenta del entrenador mediante código enviado por correo

19. Una vez creado el perfil del entrenador, el sistema envía automáticamente un correo de verificación con un código único. El entrenador debe introducir dicho código en la plataforma web para activar su cuenta y obtener acceso a sus funciones de entrenamiento.

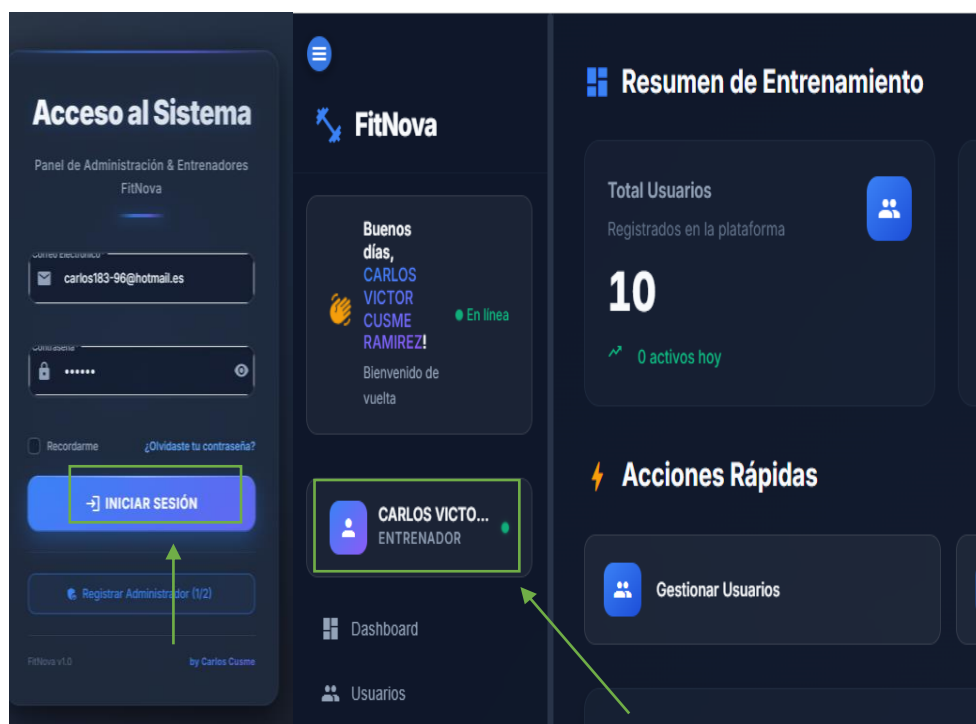


Figura 72: Acceso del entrenador al sistema tras la verificación de cuenta

20. Luego de validar su cuenta mediante el código de verificación, el entrenador puede iniciar sesión con sus credenciales y acceder a su panel principal. Desde esta interfaz, puede gestionar rutinas, monitorear el progreso de los usuarios y revisar alertas en tiempo real.



Figura 73: Panel de navegación principal del entrenador en FitNova Web

21. Panel de navegación principal que proporciona acceso a todas las funcionalidades del sistema para entrenadores.

FUNCIONALIDADES:

22. Dashboard - Pantalla principal con métricas globales y resumen ejecutivo del sistema

23. Usuarios - Gestión completa de usuarios: crear, editar, y controlar estados

24. Rutinas IA - Validación de rutinas generadas automáticamente: aprobar, modificar o rechazar

Alertas - Monitoreo en tiempo real de errores críticos con capturas automáticas

25. Analytics - Métricas de rendimiento, progreso de usuarios y reportes exportables

26. Equipamiento - Inventario del gimnasio: gestión de máquinas, estados y disponibilidad por zonas

27. Membresías - Administración de planes, activación/desactivación y control de vencimientos

28. Configuración - Parámetros técnicos del sistema y notificaciones.



Figura 74: Registro de nuevos usuarios por parte del administrador o entrenador

29. Tanto el administrador como el entrenador tienen la capacidad de registrar nuevos usuarios desde el módulo Usuarios, utilizando el botón “Registrar Usuario”. Esta función permite incorporar a los participantes al sistema, asignarles rutinas personalizadas y vincularlos con su respectivo entrenador.

Figura 75: Registro de usuario en la plataforma web

30. El administrador o entrenador completa el formulario con los datos personales y de contacto del usuario. Al seleccionar el botón “**Crear Usuario**”, el sistema registra la nueva cuenta y la asocia al entrenador correspondiente para el seguimiento de sus rutinas y progreso.

Figura 76: Asignación de membresía al usuario registrado

31. Tras crear la cuenta del usuario, el administrador o entrenador debe asignarle una **membresía activa**, requisito indispensable para habilitar su acceso a la aplicación móvil. Esta acción vincula al usuario con los servicios y rutinas disponibles dentro del ecosistema FitNova.

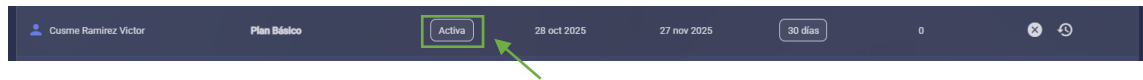


Figura 77: Verificación de membresía asignada al usuario.

32. Luego de la asignación, el sistema muestra la membresía activa vinculada al usuario, confirmando que el registro se completó correctamente. Esta validación garantiza que el usuario podrá acceder sin restricciones a las funcionalidades de la aplicación móvil y al seguimiento de sus rutinas.

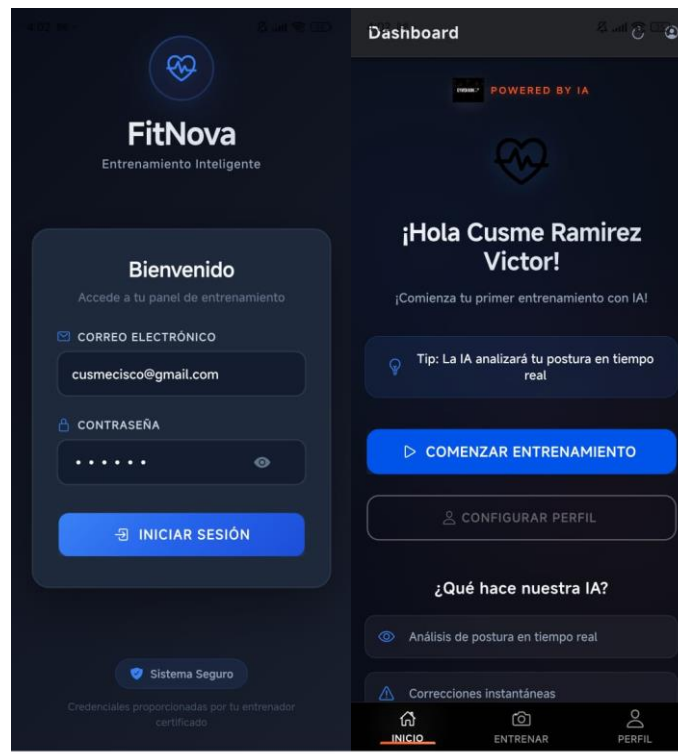


Figura 78: Confirmación de acceso del usuario a la aplicación móvil

33. Una vez validada la membresía, se confirma que el usuario puede iniciar sesión y acceder correctamente a la aplicación móvil de FitNova. Esta verificación asegura la sincronización entre la plataforma web y la app, permitiendo al usuario visualizar sus rutinas, progreso y estadísticas en tiempo real.

Anexo 3: Lista De Verificación De Errores Posturales

Propósito: Registro estructurado de errores detectados durante la observación directa de las pruebas del sistema FitNova.

Fecha:	09/11/2025	Hora:	17:30
Evaluador:	Carlos Cusme - Tesista		
Ejercicio evaluado:	1		
Repeticiones ejecutadas:	☒ Sentadilla ☐ Peso Muerto ☐ Zancada ☐ Remo con Barra	Duración:	25 min

Tabla 36: Registro de evaluación de sesión de entrenamiento

ERRORES DETECTADOS POR EL SISTEMA – SENTADILLA

1. SENTADILLA	
☒ Rodillas vencidas hacia adentro	
☒ Rodillas sobrepasan la punta de los pies	
☒ Espalda curvada/redondeada	
☐ Profundidad inadecuada	
☐ Talones levantados del suelo	
☐ Desalineación de cadera	
Total de errores detectados:	6 errores

Tabla 37: Errores detectados por el sistema - sentadilla

VALIDACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA

¿El sistema detectó correctamente los errores?	☒ Sí ☐ Parcialmente ☐ No
¿Hubo falsos positivos?	☐ Sí Cantidad: 0 ☒ No
¿Hubo falsos negativos?	☒ Sí Cantidad: 2 ☐ No
Tiempo de procesamiento promedio:	45 ms
Confianza promedio de detección:	92%

Tabla 38: Validación técnica del sistema

Observaciones:

El sistema detectó correctamente los 3 errores principales: rodillas vencidas (3 repeticiones), rodillas sobrepasan pies (2 Rep.) y espalda curvada (1 Rep.). Se identificaron 2 falsos negativos en repeticiones 4 y 7 donde hubo ligera inclinación no detectada.

Condiciones óptimas: iluminación, detección fluida a 28.5 FPS, MediaPipe Pose con 33/33 landmarks. Distancia cámara 2.5 metros de distancia. Sistema respondió en tiempo real con latencia promedio de 45ms.

Anexo 4: Registro Automático Del Sistema

Propósito: Estructura de datos que el sistema FitNova almacena automáticamente en Firebase Cloud Storage durante cada sesión de entrenamiento.

Especificación Técnica:

El sistema FitNova genera automáticamente un registro JSON por cada sesión de entrenamiento, capturando los siguientes campos principales:

Campo	Descripción
sesion_id	Identificador único de la sesión (formato: FN-YYYY-NNN)

timestamp_inicio/fin	Fecha y hora de inicio/fin en formato ISO 8601
usuario	Datos del perfil (ID, nivel, experiencia, edad)
ejercicio	Tipo de ejercicio, número de sesión, repeticiones
errores_detectados	Errores por categoría con conteo y repeticiones afectadas
total_errores	Suma total de errores detectados en la sesión
landmarks_detectados	Cantidad de puntos corporales detectados (33 en MediaPipe Pose)
confianza_deteccion	Nivel de confianza promedio (0-1)
fps_promedio	Cuadros por segundos procesados
retroalimentacion	Array de mensajes generados con timestamp y tipo de error

Tabla 39: Registro Automático Del Sistema

Ejemplo de estructura JSON:

```
{
  "sesion_id": "FN-2025-001",
  "timestamp_inicio": "2025-11-09T17:30:00Z",
  "usuario": {
    "usuario_id": "user_test_001",
    "perfil": "principiante",
    "experiencia_meses": 2
  },
  "ejercicio": {
    "tipo": "sentadilla",
    "numero_sesion": 1,
    "repeticiones_completadas": 10
  },
  "deteccion_postural": {
    "errores_detectados": {
      "rodillas_vencidas": {"count": 3},
      "espalda_curvada": {"count": 2}
    },
    "total_errores": 6
  }
}
```

```

    },
    "metricas_sistema": {
      "landmarks_detectados": 33,
      "confianza_deteccion_promedio": 0.92,
      "fps_promedio": 28.5
    }
  }
}

```

Nota: Los datos se sincronizan automáticamente con Firebase Cloud Storage al finalizar cada sesión, permitiendo trazabilidad completa y análisis posterior.

Anexo 5: Formulario De Perfil De Usuario Para Escenarios De Prueba

Propósito: Registro de datos del escenario simulado para configurar las pruebas técnicas del sistema FitNova.

IDENTIFICACIÓN DEL ESCENARIO

Código de prueba:	FN-2025-001
Fecha de configuración:	09/11/2025
Responsable:	Carlos Cusme - Investigador Principal

Tabla 40: Identificación del escenario

DATOS SIMULADOS DEL PERFIL

Edad simulada:	25 años	Género:	☒ M ☐ F
Altura:	175 cm	Peso:	72 kg
Nivel de experiencia:	☒ Principiante inicial (0-3 meses) ☐ Principiante intermedio (3-6 meses)		
Experiencia exacta:	2 meses	Frecuencia semanal:	3 días
Conocimiento técnico:	☐ Sin conocimiento ☒ Básico ☐ Autodidacta		

Tabla 41: Datos simulados del perfil

CONDICIONES FÍSICAS SIMULADAS

☒ Sin limitaciones	☐ Molestia en rodilla izquierda
☐ Molestia en rodilla derecha	☐ Molestia lumbar
☐ Molestia en hombro izquierdo	☐ Molestia en hombro derecho
☐ Movilidad reducida en cadera	☐ Movilidad reducida en tobillos
Otra: Ninguna	
Nivel de limitación:	☐ Leve ☐ Moderada

Tabla 42: Condiciones físicas simuladas

OBJETIVO DEL ESCENARIO DE PRUEBA

☒ Validar detección de errores básicos sin limitaciones
☐ Validar detección con limitaciones físicas simuladas
☒ Validar progresión entre primera y segunda sesión
☒ Validar generación de retroalimentación personalizada
☐ Otro: N/A

Tabla 43: Objetivo del escenario de prueba

EJERCICIOS A EVALUAR:

☒ Sentadilla	Repeticiones: 10
☐ Peso Muerto	Repeticiones: 0

☐ Zancada	Repeticiones: 0
☐ Remo con Barra	Repeticiones: 0
Peso simulado:	Peso corporal (sin carga adicional)

Tabla 44: Ejercicios a evaluar

Observaciones adicionales:

Perfil de usuario principiante simulado sin experiencia previa en entrenamiento con pesas. Se configuró **el ejercicio de sentadillas** para la validación técnica del sistema de detección postural. El objetivo principal fue verificar la capacidad de **FitNova** para identificar errores comunes y medir la progresión entre sesiones consecutivas mediante la aplicación de retroalimentación.

Anexo 6: Protocolo De Pruebas Controladas

Propósito: Guía estandarizada para la ejecución sistemática de escenarios de validación técnica del sistema FitNova.

INFORMACIÓN GENERAL DE LA PRUEBA

Código de prueba:	FN-2025-001
Fecha:	09/11/2025
Lugar:	Gimnasio GYMSHARK, La Libertad, Santa Elena
Responsable técnico:	Carlos Cusme - Tesista
Versión del sistema:	FitNova

Tabla 45: Información general de la prueba

FASE 1: CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO (3 min)

☐ Verificar carga de batería >70%	Nivel actual: 85%
--	--------------------------

☐ Verificar espacio de almacenamiento	Disponible: 2500 MB
☐ Limpiar lente de la cámara	
☐ Conectar a Wifi/datos móviles	Red: WiFi_GYMSHARK

Tabla 46: Fase 1: configuración del dispositivo

FASE 2: CONFIGURACIÓN DE LA APLICACIÓN (5 min)

☐ Iniciar aplicación FitNova	Tiempo de carga: 3 seg
☐ Autenticar con credenciales	Usuario: test001 ☒ Exitoso
☐ Cargar perfil simulado	Perfil: FN-2025-001
☐ Confirmar permisos de cámara	☒ Cámara ☒ Almacenamiento
☐ Iniciar MediaPipe Pose	☒ Inicializado correctamente
☐ Verificar 33 landmarks	Landmarks: 33/33
☐ Seleccionar ejercicio	Ejercicio: Sentadilla

Tabla 47: Fase 2: configuración de la aplicación

FASE 3: EJECUCIÓN - PRIMERA SESIÓN (5 - 10 min)

☐ Presionar "Iniciar Ejercicio"	Timestamp: 17:30:00
☐ Verificar detección activa	☒ Landmarks visibles
☐ Ejecutar repeticiones	Repeticiones: 10
☐ Registrar errores detectados	Total: 6

☐ Finalizar ejercicio	Timestamp: 17:40:00
☐ Verificar sincronización Firebase	☒ Datos guardados

Tabla 48: Fase 3: ejecución - primera sesión

MÉTRICAS - PRIMERA SESIÓN

Errores detectados:	6 errores
Tiempo procesamiento promedio:	45 ms
FPS promedio:	28.5 FPS
Falsos positivos:	0
Falsos negativos:	2

Tabla 49: Métricas - Primera sesión

FASE 5: INTERVENCIÓN Y ANÁLISIS (10 min)

☐ Revisar retroalimentación generada por el sistema
☐ Documentar correcciones recomendadas
☐ Periodo de descanso (mínimo 5 minutos)

Tabla 50: Fase 5: intervención y análisis

Correcciones recomendadas:

1. Mantener las rodillas alineadas con la punta de los pies durante todo el movimiento de descenso y ascenso
2. Activar el core (abdomen y zona lumbar) antes de iniciar el descenso para mantener la espalda neutral y protegida
3. Mantener el pecho recto y la mirada al frente para evitar encorvamiento de la parte superior de la espalda

FASE 6: EJECUCIÓN - SEGUNDA SESIÓN (5-10 min)

Repetir el procedimiento de FASE 4, marcando como "Sesión 2" en la aplicación y aplicando las correcciones identificadas.

MÉTRICAS - SEGUNDA SESIÓN

Errores detectados:	2 errores
Tiempo procesamiento promedio:	42 ms
FPS promedio:	29.0 FPS
Falsos positivos:	0
Falsos negativos:	1

Tabla 51: Métricas - Segunda sesión

FASE 7: ANÁLISIS COMPARATIVO (15 min)

Errores Primera Sesión (A):	6
Errores Segunda Sesión (B):	2
Reducción absoluta (A - B):	4
Porcentaje de mejora:	66.7%

Tabla 52: Fase 7: análisis comparativo

EVALUACIÓN GENERAL DEL SISTEMA

¿El sistema funcionó correctamente?	☒ Sí ☐ No
¿La detección fue consistente?	☒ Sí ☐ No
¿La retroalimentación fue útil?	☒ Sí ☐ No
¿Se observó mejora entre sesiones?	☒ Sí ☐ No

Tabla 53: Evaluación general del sistema

Anexo 7: Caracterización De La Muestra

Tamaño de la muestra	5 usuarios principiantes
Criterios de inclusión	• Experiencia en entrenamiento: 0-6 meses • Rango de edad: 18-40 años • Disponibilidad para completar dos sesiones por ejercicio • Capacidad física para realizar ejercicios básicos sin lesiones activas • Consentimiento para participar en la validación
Protocolo de evaluación	• Primera sesión (Pre-test): Establecer línea base de errores posturales • Intervención: Retroalimentación del sistema supervisión del entrenador • Segunda sesión (Post-test): Medir mejora en técnica de ejecución
Ejercicios evaluados	• Sentadillas
Ejemplo de registro (Usuario 1)	Código: U001 Edad: 24 años Género: Masculino Experiencia: 3 meses Ejercicios evaluados: Sentadilla, Peso muerto, Zancadas, Remo con barra Sesiones completadas: 2 por ejercicio (Pre-test y Post-test)

Nota	Los 4 usuarios restantes (U002–U005) siguieron el mismo protocolo de evaluación con características similares. Los datos personales se mantienen bajo confidencialidad según las políticas del gimnasio.
-------------	--

Tabla 54: Caracterización De La Muestra

Anexo 8: Ejemplo De Detección De Errores Posturales

Sesión	Tipo de error	Detalles
Primera sesión (Pre-test)	Errores críticos (8 detecciones)	• Rodillas sobrepasando la punta de los pies: 3 repeticiones • Espalda excesivamente inclinada: 3 repeticiones • Talones levantados del suelo: 2 repeticiones
	Errores de precaución (7 detecciones)	• Profundidad insuficiente: 4 repeticiones • Rodillas hacia adentro: 3 repeticiones
	Total, errores primera sesión	15 errores
Intervención	Acciones aplicadas	• Retroalimentación en tiempo real del sistema FitNova con alertas visuales (verde, amarillo, rojo) • Supervisión y correcciones del entrenador

		Revisión de capturas automáticas de errores críticos
Segunda sesión (Post-test)	Errores críticos (2 detecciones)	• Rodillas sobrepasando la punta de los pies: 1 repetición • Espalda excesivamente inclinada: 1 repetición
	Errores de precaución (3 detecciones)	• Profundidad insuficiente: 2 repeticiones • Rodillas hacia adentro: 1 repetición
	Total errores segunda sesión	5 errores
Resultado general	Reducción de errores	10 errores menos (66.7% de mejora)
Nota		Este patrón de mejora fue consistente en los 5 participantes evaluados en el ejercicio de sentadillas, logrando un promedio general de reducción de 10 errores entre la primera y la segunda sesión. Los datos fueron registrados automáticamente por MediaPipe Pose y almacenados en Firebase Firestore .

Tabla 55: Ejemplo De Detección De Errores Posturales

Anexo 9: Resumen Comparativo

Usuario	Errores Primera Sesión (Pre-test)	Errores Segunda Sesión (Post-test)	Reducción
U001	15	5	10
U002	17	6	11
U003	13	4	9
U004	16	5	11
U005	14	5	9
PROMEDIO	15	5	10

Tabla 56: Resumen Comparativo

Interpretación de resultados:

Los 5 participantes de la muestra mostraron una reducción variable pero consistente en los errores posturales durante la ejecución de sentadillas entre la primera y segunda sesión de entrenamiento. Los resultados individuales oscilaron entre 9 y 11 errores reducidos, con un promedio general de 10 errores (equivalente a 66.7% de mejora).

Análisis por participante:

- U001 y U004: Redujeron sus errores en 10-11 unidades, partiendo de una línea base más alta de errores iniciales (15-16 errores)
- U002: Mostró la mayor reducción absoluta con 11 errores corregidos, evidenciando alta capacidad de respuesta a la retroalimentación
- U003 y U005: Aunque partieron de menos errores iniciales (13-14), lograron reducciones significativas de 9 errores

Esta variabilidad en los resultados individuales refleja diferencias naturales en:

- Capacidad de aprendizaje motor
- Nivel de conciencia corporal inicial

- Respuesta individual a la retroalimentación tecnológica
- Características antropométricas y biomecánicas personales

No obstante, todos los participantes alcanzaron el objetivo de reducir significativamente sus errores posturales, evidenciando la efectividad del sistema FitNova en:

- Detectar 33 puntos corporales en tiempo real mediante MediaPipe Pose
- Identificar errores críticos (rodillas sobrepasando pies, espalda inclinada, talones levantados)
- Identificar errores de precaución (profundidad insuficiente, rodillas hacia adentro)
- Proporcionar retroalimentación inmediata clasificada por severidad (verde, amarillo, rojo)
- Facilitar la corrección técnica con supervisión del entrenador
- Registrar métricas de progreso de forma automatizada en Firebase

El diseño Pre-test/Post-test permitió establecer una línea base clara de errores posturales en sentadillas y medir objetivamente el impacto de la intervención tecnológica combinada con la supervisión del entrenador en la mejora de la técnica de ejecución en usuarios principiantes.

Anexo 10: Cloud Functions Implementadas

generateAdaptiveRoutine:

- **Trigger:** HTTP Request desde Tab3Profile
- **Proceso:** exercises.query() → GPT-4 API → aiRoutines.add()
- **SeaiRoutines.add** (ción de token Firebase Auth

createMobileUser:

- **Trigger:** HTTP Request desde plataforma web
- **Proceso:** Authentication.createUser() → users.add ()
- **Seguridad:** Validación de rol trainer/admin

Anexo 11: Firebase Storage y Reglas de Seguridad Implementadas

Estructura implementada:

/postural-errors/

└── {alertId}_capture.jpg (Capturas de errores críticos)

└── metadata asociado

Relación con Firestore: criticalAlerts.captureURL → Storage file URL

Reglas de Seguridad Implementadas:

```
rules_version = '2';
```

```
service cloud.firestore {
```

```
  match /databases/{database}/documents {
```

```
    // Usuarios: acceso personal y supervisión de entrenadores
```

```
    match /users/{userId} {
```

```
      allow read, write: if request.auth.uid == userId;
```

```
      allow read: if getUserRole () in ['trainer', 'admin'];
```

```
    }
```

```
    // Sesiones: solo propietario
```

```
    match /workoutSessions/{sessionId} {
```

```
      allow read, write: if request.auth.uid == resource.data.uid;
```

```
    }
```

```
    // Ejercicios: lectura pública, escritura restringida
```

```
    match /exercises/{exerciseId} {
```

```
      allow read: if request.auth != null;
```

```
      allow write: if false; // Solo Cloud Functions
```

```
    }
```

```
    // Rutinas IA: usuario y entrenadores
```



```

match /aiRoutines/{userId}/routines/{routineId} {
  allow read, write: if request.auth.uid == userId;
  allow read, update: if getUserRole () in ['trainer', 'admin'];
}
}
}

```

Anexo 12: Listeners Implementados

Dashboard de Usuario (Tab1):

```

// Escucha actualizaciones de métricas
userStats.doc(userId). onSnapshot (doc => {
  updateDashboardMetrics (doc.data ());
});

```

Dashboard de Entrenador (Web):

```

// Escucha nuevas alertas críticas
criticalAlerts.orderBy('timestamp', 'desc')
  . onSnapshot (snapshot => {
    showCriticalAlert (snapshot. docs [0].data ());
  });

```

Estado de Rutinas (Tab3):

```

// Monitoreo de aprobación de rutinas
aiRoutines.doc(userId). collection('routines')
  . where ('status', '==', 'approved')
  . onSnapshot (snapshot => {
    enableTrainingMode (snapshot. docs[0].data ());
  });

```

```
});
```

Anexo 13: Implementación de la Conexión API

```
{  
  "dependencies": {  
    "openai": "^4.52.0",  
    "firebase-functions": "^5.0.0",  
    "firebase-admin": "^12.0.0"  
  }  
}
```

Variables de Entorno:

OPENAI_API_KEY=sk-proj-*****

Inicialización de OpenAI:

```
const {OpenAI} = require("openai");  
const openai = new OpenAI ({  
  apiKey: process.env.OPENAI_API_KEY  
});
```

Cliente Móvil (ai-routine.service.ts):

```
async generateAdaptiveRoutine(userId: string, profileData: any) {  
  const URL = 'https://us-central1-  
fitnova.cloudfunctions.net/generateAdaptiveRoutine';  
  return await this.http.post(url, {  
    userId: userId,  
    personalInfo: profileData.personalInfo,  
    medicalHistory: profileData.medicalHistory,  
    fitnessGoals: profileData.fitnessGoals,  
    fitnessLevel: profileData.fitnessLevel  
  }).toPromise();  
}
```

Cloud Function - Conexión con OpenAI:

```
exports.generateAdaptiveRoutine = functions.https.onCall(async (request) => {  
  const { userId, personalInfo, medicalHistory, fitnessGoals, fitnessLevel } =  
    request.data;
```

```

// 1. Validar datos
if (!userId || !personalInfo || !medicalHistory) {
  throw new functions.https.HttpsError('invalid-argument', 'Datos incompletos');
}

// 2. Consultar ejercicios seguros desde Firestore
const safeExercises = await db.collection('exercises')
  .where('isActive', '==', true)
  .get()
  .then(snapshot => snapshot.docs.filter(doc => {
    const exercise = doc.data();
    return !exercise.contraindications?.some(contra =>
      medicalHistory.painfulAreas?.includes(contra)
    );
  }));

// 3. LLAMADA A API OPENAI
const completion = await openai.chat.completions.create({
  model: "gpt-4o-mini",
  messages: [
    {
      role: "system",
      content: "Eres un entrenador personal experto en crear rutinas personalizadas."
    },
    {
      role: "user",
      content: `
        PERFIL: Edad ${personalInfo.age}, Peso ${personalInfo.weight}kg,
        Nivel ${fitnessLevel}
        OBJETIVOS: ${fitnessGoals.primaryGoals.join(', ')}
        LIMITACIONES: ${medicalHistory.painfulAreas?.join(', ') || 'Ninguna'}
        EJERCICIOS SEGUROS: ${safeExercises.map(e => e.data().name).join(', 
  )}

```

```

        Genera 6 ejercicios personalizados en formato JSON.
    }
],
    max_tokens: 2000,
    temperature: 0.85
});

// 4. Procesar respuesta
const gptResponse = JSON.parse(completion.choices[0].message.content);

// 5. Guardar en Firestore
const routineRef = await db
    .collection('aiRoutines').doc(userId)
    .collection('routines').add({
        routine: gptResponse,
        status: 'pending_approval',
        aiConfidence: calculateConfidence(medicalHistory),
        generatedAt: admin.firestore.FieldValue.serverTimestamp()
    });

return { success: true, routineId: routineRef.id, routine: gptResponse };
});

```

Anexo 14: Estructura de Petición y Respuesta

Solicitud a OpenAI:

POST <https://api.openai.com/v1/chat/completions>

Content-Type: application/json

Authorization: Bearer sk-proj-XXXXXXXXXX

```
{
```

```
"model": "gpt-4o-mini",  
"messages": [...],  
"max_tokens": 2000,  
"temperature": 0.85  
}
```

Respuesta de OpenAI:

```
{  
  "routineName": "Fuerza y Resistencia Adaptada",  
  "exercises": [  
    {  
      "name": "Puente de Glúteos",  
      "sets": 3,  
      "reps": "12-15",  
      "duration": 180,  
      "restTime": 60,  
      "instructions": "Paso a paso detallado...",  
      "modifications": "Ajustes para limitaciones...",  
      "targetMuscles": ["glutes", "hamstrings"]  
    }  
    // ... 5 ejercicios más  
  ],  
  "totalDuration": 36,  
  "adaptations": ["Ejercicios enfocados en estabilidad..."]  
}
```

