

UNIVERSIDAD ADVENTISTA DE BOLIVIA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

SISTEMA WEB PARA EL SEGUIMIENTO CLÍNICO Y LA RECOMENDACIÓN
PERSONALIZADA DE EJERCICIOS EN REHABILITACIÓN FÍSICA UTILIZANDO
TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING EN EL CENTRO DE FISIOTERAPIA Y
KINESIOLOGÍA BIENESTAR

PERFIL DE PROYECTO DE GRADO

Presentado como requisito para obtener el grado académico de Licenciatura en Ingeniería
de sistemas

Autor: Juan Daniel Mamani Antezana

Tutor: Ing. Eduardo Mauricio Cartagena Carmona

Cochabamba, agosto del 2025

Introducción

La rehabilitación física es clave en la recuperación de pacientes con lesiones musculares, afecciones neuromotoras o enfermedades degenerativas. Los centros de fisioterapia y kinesiología, como el Centro Bienestar en Quillacollo, Bolivia, brindan tratamientos personalizados que mejoran la funcionalidad y calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, este centro continúa gestionando su información clínica y operativa de manera manual o con herramientas básicas, lo que dificulta la trazabilidad de los tratamientos, la personalización de las terapias y el análisis de la evolución funcional.

Según la Organización Mundial de la Salud, la adopción de tecnologías digitales en salud mejora la eficiencia clínica y administrativa y la calidad del servicio. Estudios recientes también muestran que los sistemas inteligentes en fisioterapia permiten predecir el rendimiento de tratamientos y personalizar ejercicios según el historial del paciente.

Actualmente, en el Centro Bienestar, la asignación de ejercicios se realiza principalmente a criterio del fisioterapeuta y la planificación de sesiones, gestión de citas, facturación y reportes se hace de forma aislada, aumentando la carga operativa y los errores.

Frente a esta situación, se propone diseñar un sistema web que permita el seguimiento clínico de los pacientes y la recomendación de ejercicios personalizados mediante machine learning, mejorando la eficiencia operativa, la toma de decisiones basada en datos y la calidad del servicio de rehabilitación física.

CAPÍTULO 1

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes institucionales

El Centro de Fisioterapia y Kinesiología Bienestar es una institución privada especializada en atención terapéutica integral, ubicada en la ciudad de Quillacollo, Bolivia, concretamente en la Av. Waldo Ballivián entre Luis Uría y 20 de diciembre, con sucursal en Av. 23 de Marzo entre Carmela Serruto y Luis Uría. Su misión es brindar servicios profesionales y personalizados en fisioterapia, combinando técnicas convencionales y modernas que abarcan desde la atención a adultos mayores hasta tratamientos postquirúrgicos, ortopédicos, neurológicos y relajantes.

El centro cuenta con un equipo multidisciplinario de especialistas capacitados en técnicas como terapia manual, electroterapia, Taping, reeducación postural, fisioterapia respiratoria, limpieza facial, masajes terapéuticos, y atención a domicilio, incluyendo fisioterapia en pacientes con parálisis facial, lesiones deportivas, artrosis, tendinitis, pie plano y estrés muscular.

A pesar del crecimiento sostenido en la demanda de sus servicios y del compromiso del personal con la calidad asistencial, el centro enfrenta desafíos en cuanto a la sistematización de sus procesos clínicos y terapéuticos. Actualmente, los registros de pacientes, diagnósticos, sesiones, pagos y ejercicios recomendados se realizan de forma manual o mediante herramientas digitales básicas como hojas de cálculo. Esto dificulta el seguimiento clínico riguroso, genera duplicidad de información y limita la trazabilidad en la evolución del tratamiento.

Además, la asignación de ejercicios terapéuticos depende en gran medida del criterio empírico del fisioterapeuta, sin el respaldo de herramientas tecnológicas que analicen datos históricos o patrones clínicos previos. Esta situación puede afectar negativamente la personalización de los tratamientos, ralentizando el proceso de rehabilitación y reduciendo su efectividad.

Frente a este panorama, se hace evidente la necesidad de implementar un sistema web inteligente que integre la información clínica, administre operativamente los servicios del centro, y recomiende ejercicios terapéuticos personalizados mediante técnicas de machine learning. Esta solución tecnológica permitirá mejorar la atención al paciente, aumentar la precisión en las terapias asignadas, y optimizar la eficiencia operativa del centro, elevando así el estándar de calidad en el servicio fisioterapéutico ofrecido.

1.1.2. Antecedentes tecnológicos

Actualmente, los centros de salud especializados en rehabilitación física en Bolivia, incluido el Centro de Fisioterapia y Kinesiología Bienestar, manejan la información clínica y administrativa de manera manual o con herramientas de ofimática de propósito general, como hojas de cálculo y documentos de texto. Esto genera procesos fragmentados, dificultad en la recuperación de datos y limitaciones en la planificación de sesiones y seguimiento de pacientes.

A nivel internacional y regional, se han desarrollado sistemas digitales de gestión clínica que integran la información de pacientes, planifican sesiones, registran progresos y permiten la prescripción de ejercicios terapéuticos de manera personalizada. Estos sistemas han demostrado mejorar la eficiencia operativa, la calidad del tratamiento y la trazabilidad de los procedimientos. Sin embargo, su implementación en centros de fisioterapia en Bolivia sigue siendo limitada debido a barreras técnicas, presupuestarias e institucionales.

En el Centro de Fisioterapia y Kinesiología Bienestar, se identificó que los procesos actuales presentan problemas específicos: registros manuales de evaluaciones funcionales, dispersión de información sobre citas y facturación, y prescripción empírica de ejercicios terapéuticos sin análisis sistemático de la evolución funcional del paciente. Estas limitaciones afectan la calidad del servicio, dificultan la coordinación entre profesionales y aumentan la carga administrativa del personal.

El desarrollo de un sistema independiente que centralice la información clínica, automatice el registro de sesiones y permita la prescripción personalizada de ejercicios representa una innovación tecnológica para el centro. Actualmente, no existen plataformas públicas o

privadas en Bolivia que ofrezcan funcionalidades integrales de digitalización clínica y seguimiento terapéutico con control de progreso del paciente y análisis basado en datos, por lo que el proyecto propuesto cubre una necesidad tecnológica inédita.

1.2. Problema

1.2.1. Situación problemática

- En el Centro de Fisioterapia y Kinesiólogía Bienestar, los procesos clínicos, terapéuticos y administrativos se gestionan de forma manual y fragmentada, utilizando hojas de cálculo y registros físicos. Esta modalidad dificulta el análisis y recuperación de información, afectando la calidad de las decisiones terapéuticas y limitando la personalización de los tratamientos.
- La prescripción de ejercicios se realiza de forma empírica, sin considerar de manera sistemática variables como diagnóstico inicial, edad, evolución funcional o intervenciones previas, lo que reduce la efectividad de los tratamientos y prolonga el tiempo de recuperación.
- La dispersión de registros de citas, sesiones, facturación y reportes provoca duplicación de tareas, errores administrativos y pérdida de información relevante para la continuidad del tratamiento, generando sobrecarga en el personal y disminuyendo la eficiencia operativa.
- La actual estructura y gestión de datos clínicos dificulta la personalización de ejercicios terapéuticos, limitando la precisión, eficacia y calidad de las intervenciones.

1.2.2. Formulación de problema

La gestión manual y fragmentada de la información clínica, junto con la asignación empírica de ejercicios terapéuticos, provoca deficiencias en los procesos de rehabilitación, tratamientos poco eficaces y una disminución en la calidad de atención brindada a los pacientes en el Centro de Fisioterapia y Kinesiólogía Bienestar.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema web para el Centro de Fisioterapia y Kinesiología Bienestar que integre técnicas de machine learning para el seguimiento clínico de los pacientes y la recomendación personalizada de ejercicios terapéuticos, con el fin de eliminar el uso de métodos manuales y la asignación empírica en dichos procesos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un módulo para el registro de pacientes que centralice datos personales, historial clínico y evaluaciones funcionales, garantizando la trazabilidad y organización de la información.
- Desarrollar un componente para la gestión de citas, sesiones y planificación de tratamientos y facturación que permita mejorar la organización operativa del centro.
- Establecer mecanismos digitales para el registro sistemático de las intervenciones terapéuticas realizadas en cada sesión, permitiendo el seguimiento clínico individualizado.
- Implementar un módulo inteligente de recomendación de ejercicios terapéuticos personalizado, utilizando técnicas de machine learning y considerando parámetros clínicos y la evolución del paciente.
- Desarrollar un sistema de generación de reportes analíticos sobre la evolución clínica de los pacientes y el desempeño del equipo fisioterapéutico.

1.4. Alcances

- Gestión de Pacientes: Registro de pacientes, historial médico, datos de contacto, alergias, diagnósticos previos, fichas clínicas completas.
- Evaluaciones y Diagnóstico: Registro de evaluación inicial, escala de dolor, medición de rango de movimiento, resultados de test funcionales.
- Agenda y Citas: Programación semanal de fisioterapeutas, reserva de citas, confirmación automática, recordatorios por correo electrónico o SMS.

- Gestión de Sesiones: Registro detallado de sesiones realizadas, técnicas aplicadas, observaciones clínicas y seguimiento de evolución.
- Gestión de Fisioterapeutas: Registro del personal clínico, especialidades, horarios, disponibilidad y asignación de pacientes.
- Facturación y Pagos: Emisión de facturas, gestión de diferentes métodos de pago, historial de pagos por paciente, reportes financieros automáticos.
- Gestión de Sesiones: Registro detallado de sesiones realizadas, técnicas aplicadas, observaciones clínicas y seguimiento de evolución.
- Tratamientos y Plan de Rehabilitación: Asignación personalizada de ejercicios, definición de objetivos terapéuticos, y ajustes según la evolución del paciente.
- Autenticación y Seguridad: Registro de usuarios, inicio de sesión, recuperación de contraseña, gestión de roles: administrador, fisioterapeuta, paciente y recepcionista.

1.5. Límites

- El sistema no incluirá la gestión de historias clínicas digitalizadas en formato de imágenes o documentos médicos escaneados (radiografías, resonancias, etc.).
- Las notificaciones por SMS estarán limitadas a recordatorios de citas y dependen de la disponibilidad de servicios de terceros; no se incluye la implementación de una pasarela propia de mensajería.
- No se considerará el desarrollo de funcionalidades para atención remota, teleconsulta o videollamadas.
- El módulo de recomendación inteligente de ejercicios no prescribirá tratamientos médicos ni sustituirá el criterio profesional del fisioterapeuta; su función será únicamente de apoyo clínico.
- La seguridad del sistema estará basada en roles y autenticación básica; no se implementarán mecanismos avanzados como autenticación biométrica, firma digital ni cifrado de extremo a extremo.
- No se desarrollará una aplicación móvil nativa; el sistema será accesible únicamente desde navegadores web mediante una interfaz responsiva.

- No se contempla la integración con sistemas externos como seguros médicos, sistemas hospitalarios o plataformas de salud pública.
- El sistema no gestionará la compra, almacenamiento ni control de inventario de materiales terapéuticos o de fisioterapia.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación social

Desde una perspectiva social, la implementación de este sistema web representa una mejora significativa en las condiciones de atención y trabajo dentro del Centro de Fisioterapia y Kinesiología Bienestar. Actualmente, tanto los fisioterapeutas como el personal administrativo enfrentan una carga laboral considerable al depender de métodos manuales para el registro, seguimiento y coordinación de las sesiones terapéuticas. Esta situación no solo incrementa el margen de error, sino que también genera estrés y reduce el tiempo efectivo dedicado a la atención de los pacientes.

Desde una perspectiva académica, el proyecto constituye un aporte al campo de la Ingeniería de Sistemas, ya que combina metodologías de desarrollo ágil, integración de bases de datos clínicas, diseño de interfaces responsivas y mecanismos de seguridad basados en roles. Además, fomenta la formación de competencias profesionales en desarrollo web full-stack y en la implementación de soluciones tecnológicas aplicadas a la salud, lo que puede servir como referencia y base de conocimiento para futuros proyectos de investigación y desarrollo en la universidad.

Desde una perspectiva científica, el uso de técnicas de machine learning para la recomendación de ejercicios terapéuticos representa un avance innovador en el ámbito de la salud digital en Bolivia. Este enfoque abre la posibilidad de validar modelos predictivos a partir de datos clínicos, contribuyendo a la generación de nuevo conocimiento en el área de la inteligencia artificial aplicada a la fisioterapia. Asimismo, el proyecto puede derivar en publicaciones académicas o presentaciones en congresos especializados, aportando evidencia científica sobre la efectividad de la personalización de terapias mediante algoritmos de aprendizaje automático.

1.7. Factibilidad

1.7.1. Factibilidad técnica

La propuesta es técnicamente viable, considerando que se desarrollará utilizando tecnologías modernas, robustas y ampliamente adoptadas en el desarrollo de soluciones clínicas digitales. El Centro de Fisioterapia y Kinesiología Bienestar dispone de computadoras con acceso a internet y personal con disposición para adoptar herramientas tecnológicas, lo que facilita la implementación del sistema.

Tecnologías a utilizar:

- Backend: Spring Boot con Java 17, para construir APIs RESTful seguras, escalables y orientadas a servicios clínicos[5].
- ORM: Spring Data JPA, para facilitar la interacción con la base de datos mediante programación orientada a objetos.
- Frontend: Angular 17 + Tailwind CSS, para desarrollar interfaces web responsivas, accesibles e intuitivas para diferentes perfiles de usuario (fisioterapeutas, pacientes, recepcionistas).
- Base de datos: PostgreSQL o MySQL, soluciones relacionales confiables que garantizan integridad, rendimiento y escalabilidad de los datos clínicos.
- Machine Learning: Python con Scikit-learn, para implementar modelos de recomendación de ejercicios basados en historial clínico y evolución funcional.
- Seguridad: JWT (JSON Web Tokens) para la autenticación y autorización por roles diferenciados.
- DevOps: GitHub para el control de versiones y colaboración entre desarrolladores; Docker Desktop para entornos de desarrollo replicables.

Requisitos mínimos del equipo de desarrollo:

- Sistema operativo: Windows 10 u 11 Pro.
- Estaciones de trabajo con mínimo 8 GB de RAM y procesadores Intel i5 o superior.
- Pantallas externas o configuración de doble monitor.
- IDEs: IntelliJ IDEA para backend y Visual Studio Code para frontend.

El entorno propuesto será suficiente para construir e implementar el sistema en el entorno del centro, con posibilidad de escalar en el futuro hacia la nube o integrarlo con otras plataformas de salud

Explica que el sistema usa herramientas modernas (Spring Boot, Angular, ML con Python) que aseguran escalabilidad, seguridad y aplicabilidad en entornos reales de salud.

Menciona que al usar software libre (open source) se reducen costos de implementación, lo que lo hace viable en un contexto como Bolivia.

1.7.2. Factibilidad económica

El proyecto es económicamente factible, dado que se desarrollará con tecnologías de código abierto que no requieren licencias costosas, y podrá aprovecharse la infraestructura básica ya existente en el Centro Bienestar. Se contempla una inversión inicial principalmente en tiempo de desarrollo, capacitación y puesta en marcha.

Concepto	Detalle	Costo (USD)
Servidor web	VPS básico 1 año	100
Dominio web	Opcional	30
Desarrollo de software	6 meses – Equipo reducido (1 junior + tutoría externa)	4,200
Capacitación	Personal clínico y administrativo	500
Soporte técnico inicial	Primer año (ajustes, incidencias menores)	400
contingencia	Imprevistos (10–15% del presupuesto)	700
Total inversión inicial		6.000 USD

A mediano plazo, el sistema generará un retorno positivo al reducir el uso de papel, evitar errores en la planificación clínica, aumentar la efectividad de los tratamientos y agilizar la gestión del centro. Además, permitirá atender a más pacientes sin necesidad de ampliar el personal, mejorando la productividad y sostenibilidad operativa del servicio.

1.7.3. Factibilidad operacional

El sistema será una solución independiente diseñada para digitalizar los procesos clínicos, terapéuticos y administrativos del Centro de Fisioterapia y Kinesiología Bienestar, respetando los flujos de trabajo ya existentes. Esta autonomía garantiza que la herramienta pueda ser utilizada de manera efectiva y sostenida dentro del centro.

El personal clínico se beneficiará directamente de la automatización, reduciendo la carga de registros manuales, seguimiento de documentos y elaboración de reportes, asegurando su interés y disposición en la adopción del sistema.

Los pacientes percibirán mejoras en la gestión de su tratamiento, ya que el sistema permitirá un seguimiento detallado de su evolución, prescripciones personalizadas de ejercicios y una comunicación más clara con los fisioterapeutas, disminuyendo la incertidumbre sobre su progreso.

La herramienta centralizará la información de citas, evaluaciones funcionales, historial de sesiones y facturación en un único entorno digital, optimizando la coordinación entre personal clínico y administrativo, reduciendo errores y duplicación de tareas.

La implementación del sistema mejorará el ambiente de trabajo. Se ha determinado que el personal clínico y administrativo cuenta con las competencias informáticas necesarias para operar una aplicación web moderna, minimizando la curva de aprendizaje y la resistencia al cambio.

1.8. Cronograma

Nº	Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
1	Revisión bibliográfica y levantamiento de requerimientos	●●●	●				
2	Análisis de requisitos y modelado de procesos clínicos		●●●	●			
3	Diseño del sistema (arquitectura, base de datos, interfaces)			●●●			
4	Desarrollo del backend (APIs, base de datos, seguridad)			●●●	●		
5	Desarrollo del frontend (interfaces web, integración con backend)				●●●		
6	Implementación del módulo de machine learning				●●	●	
7	Pruebas unitarias e integrales del sistema					●●●	
8	Capacitación al personal clínico y administrativo						●●
9	Documentación técnica y entrega final del proyecto						●●●

1.9. Referencias bibliográficas

[1] M. Fernández y A. Rodríguez, Aplicación de inteligencia artificial en la fisioterapia: Revisión de casos clínicos asistidos por algoritmos de machine learning. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2021.

[2] Organización Mundial de la Salud (OMS), Rehabilitación 2030: Un llamado a la acción. Ginebra, 2017.

- [3] D. García López, “Implementación de un sistema web para el seguimiento clínico de pacientes con enfermedades musculoesqueléticas,” *Revista Latinoamericana de Ingeniería y Tecnología*, vol. 19, no. 3, pp. 124–135, 2022.
- [4] T. F. Martínez y L. J. Rivera, “Sistemas de recomendación en salud: una revisión sobre aplicaciones de machine learning en rehabilitación física,” *Revista Iberoamericana de Tecnologías en Salud*, vol. 10, no. 2, pp. 33–45, 2021.
- [5] J. C. Carrasco et al., “Desarrollo de una herramienta inteligente para la prescripción de ejercicios terapéuticos en centros de fisioterapia,” *Proceedings of the Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas y Tecnologías de Información*, Cochabamba, Bolivia, 2023.
- [6] Scikit-learn Developers, “Scikit-learn: Machine Learning in Python,” scikit-learn.org, 2023.
- [7] M. Rodríguez Valencia, *Sistema basado en usabilidad para el proceso de administración de pedidos y control de productos...*, Proyecto de Grado, Univ. Adventista de Bolivia, Cochabamba, 2013.
- [8] Banco Interamericano de Desarrollo (BID), *Transformación digital para la inclusión social y productiva en América Latina y el Caribe*, Washington, D.C., 2021.