

**Universidad Siglo 21**



**Trabajo Final de Grado. Prototipado Tecnológico**

**Carrera: Licenciatura en informática**

**GlucoForecast AI: Asistente para Gestión Inteligente de Diabetes Tipo 1**

**Autor: Matias Sebastiao**

**Legajo: VINF011605**

**Buenos Aires, junio 2025**

## Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>5</b>
<b>GlucoForecast AI: Asistente para Gestión Inteligente de Diabetes Tipo 1.....</b>	<b>6</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
Antecedentes.....	6
Descripción del área problemática.....	6
<b>Justificación.....</b>	<b>7</b>
<b>Objetivo General del Proyecto.....</b>	<b>7</b>
<b>Objetivos Específicos del Proyecto.....</b>	<b>8</b>
<b>Marco Teórico Referencial.....</b>	<b>8</b>
Dominio del Problema.....	8
Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).....	9
Competencia.....	11
<b>Diseño Metodológico.....</b>	<b>12</b>
Herramientas Metodológicas.....	12
Herramientas de Desarrollo.....	12
Recolección de Datos.....	13
Planificación del Proyecto.....	15
<b>Relevamiento.....</b>	<b>18</b>
Relevamiento estructural.....	18
Relevamiento Funcional.....	18
Relevamiento de Documentación.....	20
<b>Procesos de negocio.....</b>	<b>21</b>
<b>Diagnóstico y propuesta.....</b>	<b>23</b>
Propuesta.....	24
<b>Objetivo, Límites y Alcance del Prototipo.....</b>	<b>25</b>
Objetivo del prototipo.....	25
Límites.....	25
Alcances.....	25
<b>Descripción del sistema.....</b>	<b>26</b>
Product backlog.....	26
Historias de usuario.....	27
Sprint backlog.....	34
Estructura de datos.....	35
Prototipos de interfaces de pantallas.....	36
Diagrama de arquitectura.....	40
<b>Seguridad.....</b>	<b>41</b>
<b>Análisis de Costos.....</b>	<b>43</b>
Costos de Desarrollo.....	43
Costos de Equipamiento.....	44

Costos Operativos.....	45
Resumen de Costos.....	45
<b>Análisis de Riesgos.....</b>	<b>46</b>
Plan de Contingencia.....	49
<b>Conclusiones.....</b>	<b>50</b>
<b>Demo.....</b>	<b>51</b>
Demo Online: Acceso y Prueba Rápida.....	51
Código Fuente y Guía de Instalación Local.....	51
Video explicativo.....	51
<b>Referencias.....</b>	<b>52</b>

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Comparación de Enfoques en Plataformas de Gestión de Diabetes.....	<b>12</b>
<b>Tabla 2:</b> Diagnóstico del registro de datos diarios .....	<b>23</b>
<b>Tabla 3:</b> Diagnóstico de la revisión de datos por los usuarios .....	<b>23</b>
<b>Tabla 4:</b> Diagnóstico de la revisión médica .....	<b>24</b>
<b>Tabla 5:</b> Product Backlog .....	<b>26</b>
<b>Tabla 6:</b> HU-001 .....	<b>27</b>
<b>Tabla 7:</b> HU-002 .....	<b>27</b>
<b>Tabla 8:</b> HU-003 .....	<b>28</b>
<b>Tabla 9:</b> HU-004 .....	<b>28</b>
<b>Tabla 10:</b> HU-005 .....	<b>29</b>
<b>Tabla 11:</b> HU-006 .....	<b>29</b>
<b>Tabla 12:</b> HU-007 .....	<b>30</b>
<b>Tabla 13:</b> HU-008 .....	<b>31</b>
<b>Tabla 14:</b> HU-009 .....	<b>31</b>
<b>Tabla 15:</b> HU-010 .....	<b>32</b>
<b>Tabla 16:</b> HU-011 .....	<b>32</b>
<b>Tabla 17:</b> HU-012 .....	<b>33</b>
<b>Tabla 18:</b> Sprint 1 .....	<b>34</b>
<b>Tabla 19:</b> Costos de Desarrollo (Recursos Humanos) .....	<b>44</b>
<b>Tabla 20:</b> Costo de Equipamiento .....	<b>44</b>
<b>Tabla 21:</b> Costos Operativos Mensuales .....	<b>45</b>
<b>Tabla 22:</b> Resumen General de Costos .....	<b>45</b>
<b>Tabla 23:</b> Matriz de Identificación de Riesgos .....	<b>46</b>
<b>Tabla 24:</b> Matriz de Probabilidad e Impacto .....	<b>47</b>
<b>Tabla 25:</b> Ponderación Cuantitativa de Riesgos .....	<b>47</b>
<b>Tabla 26:</b> Análisis Cuantitativo y Grado de Exposición .....	<b>48</b>
<b>Tabla 27:</b> Plan de Contingencia para Riesgos de Mayor Exposición .....	<b>49</b>

### Índice de Imágenes

<b>Figura 1:</b> Especificaciones de FreeStyle Libre 3.....	<b>10</b>
---	-----------

<b>Figura 2:</b> Modelos disponibles de Gemini.....	<b>10</b>
<b>Figura 3:</b> Datos online de la App de Gluroo.....	<b>11</b>
<b>Figura 4:</b> Gráfico diario de Gluroo.....	<b>11</b>
<b>Figura 5:</b> Métricas de la App de Gluroo.....	<b>11</b>
<b>Figura 6:</b> Diagrama de Gantt con definición de tareas, duración y predecesoras.....	<b>12</b>
<b>Figura 7:</b> Diagrama de Gantt. Barras de tiempo, precedencia de tareas y camino c.....	<b>13</b>
<b>Figura 8:</b> Plataforma LibreView.....	<b>17</b>
<b>Figura 9:</b> Proceso de negocio.....	<b>18</b>
<b>Figura 10:</b> Principio de Pareto de la exposición al riesgo.....	<b>46</b>

## Resumen

La gestión de la Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1) presenta un desafío significativo debido al gran volumen de datos generados por los sistemas de Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM), cuya interpretación requiere un considerable esfuerzo cognitivo por parte de los pacientes. Este proyecto abordó dicha problemática a través del desarrollo de GlucoForecast AI, un asistente inteligente diseñado para transformar datos glucémicos complejos en información comprensible. Se implementó un prototipo funcional que integra los datos de CGM del usuario, los cuales son analizados por un motor de Inteligencia Artificial Generativa basado en el modelo de lenguaje Google Gemini. El sistema genera reportes, resúmenes y explicaciones en lenguaje natural que son presentados al paciente a través de una interfaz web. Los resultados demostraron que el prototipo cumplió con el objetivo de crear una herramienta de apoyo que facilita la comprensión de los patrones glucémicos, promoviendo el empoderamiento del paciente y una autogestión más informada y efectiva de su condición.

**Palabras clave:** diabetes tipo 1, inteligencia artificial, monitoreo continuo de glucosa, autogestión, generación de lenguaje natural.

## **Abstract**

The management of Type 1 Diabetes Mellitus (T1DM) presents a significant challenge due to the large volume of data generated by Continuous Glucose Monitoring (CGM) systems, the interpretation of which requires considerable cognitive effort from patients. This project addressed this issue through the development of GlucoForecast AI, an intelligent assistant designed to transform complex glycemic data into understandable information. A functional prototype was implemented that integrates the user's CGM data, which is then analyzed by a Generative Artificial Intelligence engine based on the Google Gemini language model. The system generates reports, summaries, and explanations in natural language that are presented to the patient through a web interface. The results demonstrated that the prototype successfully met the objective of creating a support tool that facilitates the understanding of glycemic patterns, promoting patient empowerment and more informed and effective self-management of their condition.

**Keywords:** type 1 diabetes, artificial intelligence, continuous glucose monitoring, self-management, natural language generation

# **GlucoForecast AI: Asistente para Gestión Inteligente de Diabetes Tipo 1**

## **Introducción**

Este trabajo, bajo el eje de Transformación Digital, propone el prototipado de GlucoForecast AI, un sistema que explora el uso de Inteligencia Artificial Generativa para transformar datos glucémicos en información comprensible, identificar patrones relevantes, y generar sugerencias que potencien la autogestión de los pacientes con Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1) y apoyen a los profesionales de la salud en la toma de decisiones.

### *Antecedentes*

El Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM) ha mejorado significativamente la gestión de la Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1), proporcionando datos detallados sobre la dinámica glucémica y asociándose a mejores resultados clínicos (William H., 2017). No obstante, persisten desafíos en la integración de estos datos con registros manuales fragmentados (insulina, comidas, actividad) y en la interpretación efectiva del gran volumen de información generada (Randine P, 2024). Las plataformas actuales asociadas a los CGM, si bien calculan métricas estandarizadas como el Tiempo en Rango (TIR), a menudo requieren un esfuerzo considerable por parte del paciente y del profesional para identificar patrones complejos y traducirlos en acciones concretas.

Algunas investigaciones y desarrollos existentes hacen uso de Machine Learning (ML) para tareas predictivas, como la estimación de HbA1c (Chaki, J, 2022). Pero recientemente, la Inteligencia Artificial Generativa (IAG), especialmente los Modelos de Lenguaje Grandes (LLM), ha emergido como una tecnología con potencial para asistir en el análisis y la comunicación de datos complejos de salud. Estudios recientes sugieren que los LLM pueden generar resúmenes interpretativos de datos CGM, que facilitan la comprensión y hacen más accionable la información, mejorando la autogestión de los pacientes (Healey, 2025).

### *Descripción del área problemática*

La gestión de la Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1) presenta una problemática significativa relacionada con el manejo de datos generados por sistemas de Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM). Esta situación afecta principalmente a personas con DM1, quienes deben tomar decisiones diarias sobre insulina, alimentación y actividad física

basándose en información glucémica compleja, así como a los profesionales de la salud que las asisten en el análisis y ajuste del tratamiento.

La magnitud del problema es notable, dado que la DM1 afecta a millones de personas a nivel global, con una prevalencia que ha aumentado en las últimas décadas, y el uso de CGM se ha generalizado entre estos pacientes, generando datos de alta frecuencia (cada 1-5 minutos) que requieren análisis constante (American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2024).

Una tendencia observada es el creciente interés en el uso de tecnologías de inteligencia artificial para asistir en la gestión de enfermedades crónicas, como lo demuestra el desarrollo de soluciones que integran IA para interpretar datos de salud (Healey, 2025). Las personas e instituciones implicadas incluyen a los pacientes con DM1 y sus cuidadores, los profesionales de la salud que necesitan herramientas más efectivas para apoyar a sus pacientes, y empresas tecnológicas como Abbott, proveedor del sistema FreeStyle Libre utilizado en este proyecto, que desempeñan un papel clave en la generación de datos CGM (Abbott, 2025).

## **Justificación**

GlucoForecast AI permite abordar las dificultades que hay en la gestión de la DM1 mediante la aplicación innovadora de inteligencia artificial. Utilizando un LLM, el sistema transforma datos glucémicos complejos en explicaciones claras en lenguaje natural y genera resúmenes contextualizados respondiendo al "¿por qué?" detrás de las fluctuaciones, promoviendo el empoderamiento del paciente a través de una mayor comprensión de su condición y facilitando una autogestión más informada. Para los profesionales de la salud, ofrece una herramienta que presenta información clave de manera resumida, optimizando el tiempo de consulta. A nivel social, el proyecto contribuye a la exploración de soluciones de transformación digital centradas en pacientes con enfermedades crónicas.

## **Objetivo General del Proyecto**

Desarrollar un asistente para gestión inteligente de diabetes tipo 1 (GlucoForecast AI), que integra datos de Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM) y utiliza Inteligencia Artificial Generativa para generar reportes en lenguaje natural para apoyar a pacientes con DM1 en la autogestión de su condición.



## Objetivos Específicos del Proyecto

- Adquirir datos de un sistema de CGM para su integración en el asistente digital.
- Desarrollar un motor de asistencia inteligente basado en inteligencia artificial generativa para generar reportes en lenguaje natural a partir de los datos de CGM adquiridos.
- Construir una interfaz de usuario que permite a pacientes con DM1 interactuar con el motor de asistencia inteligente para facilitar su autogestión.
- Habilitar en la interfaz de usuario la visualización de los reportes en lenguaje natural generados y la gestión de los datos de CGM adquiridos.

## Marco Teórico Referencial

### *Dominio del Problema*

La Diabetes Mellitus tipo 1 (DM1) es una condición crónica autoinmune caracterizada por la destrucción de las células beta del páncreas, productoras de insulina. Esta destrucción conduce a una deficiencia absoluta de insulina, hormona esencial para la regulación del metabolismo de la glucosa, lo que exige una terapia de reemplazo con insulina exógena de por vida para regular la glucemia y sobrevivir.

La gestión eficaz de la DM1 requiere un complejo equilibrio diario que involucra la administración precisa de insulina, el conteo de carbohidratos, la consideración de la actividad física y otros factores, con el objetivo de mantener los niveles de glucosa dentro de rangos seguros para prevenir complicaciones agudas y crónicas (American Diabetes Association Professional Practice Committee, 2024).

El CGM ha revolucionado el manejo de la DM1 al proporcionar mediciones frecuentes (cada 1-5 minutos) de los niveles de glucosa en el líquido intersticial a través de un sensor subcutáneo. Sistemas como el *FreeStyle Libre de Abbott* (Abbott, 2025), relevante para este proyecto, permiten a los usuarios visualizar no solo el valor actual de glucosa, sino también la tendencia (flechas de tendencia) y el historial reciente, superando las limitaciones de las mediciones capilares puntuales. Esta información continua es fundamental para ajustar dosis de insulina, tomar decisiones sobre alimentación y ejercicio, y comprender la respuesta glucémica individual.

Para estandarizar la interpretación de los datos generados por los CGM, se han definido métricas clave basadas en consensos internacionales (Battelino et al., 2019):

- **El Tiempo en Rango (TIR)**, representa el porcentaje de tiempo en que la glucosa se mantiene entre 70 y 180 mg/dL. Las recomendaciones actuales establecen como objetivo alcanzar un TIR superior al 70%.
- **El Tiempo Bajo Rango (TBR)**, que corresponde a valores de glucosa < 70 mg/dL. Se sugiere que el TBR total sea inferior al 4%, prestando especial atención al TBR de nivel 2 (< 54 mg/dL), que debería ser menor al 1%.
- **El Tiempo Sobre Rango (TAR)**, referido a valores > 180 mg/dL, donde se recomienda mantenerlo por debajo del 25–30%.

Además, se evalúa la variabilidad glucémica, generalmente medida mediante la desviación estándar (SD) o el coeficiente de variación (CV). Valores elevados de variabilidad se asocian con mayor inestabilidad glucémica y riesgo de complicaciones (Danne et al., 2017). Para la representación gráfica y estandarizada de estos parámetros, se utiliza comúnmente el Perfil Ambulatorio de Glucosa (AGP). A pesar de la disponibilidad de estas métricas y visualizaciones, la interpretación contextualizada de los datos de CGM sigue siendo un desafío considerable.

Identificar las causas subyacentes de los valores fuera de rango, comprender el impacto combinado de múltiples factores diarios y traducir los patrones observados en acciones correctivas o preventivas efectivas requiere tiempo, conocimiento y representa una carga cognitiva significativa para muchas personas con DM1 y sus cuidadores (Association of Diabetes Care & Education Specialists, s.f.). Es en este espacio de interpretación y comunicación donde las herramientas de asistencia inteligente, como la propuesta en este proyecto, aportan gran valor (Lee, P., 2023).

### *Tecnologías de Información y Comunicación (TIC)*

A continuación, se detallan las tecnologías de referencia con su marco teórico:

- **Lenguaje de Programación:** TypeScript, un superconjunto de JavaScript que incorpora tipado estático para mejorar la robustez y mantenibilidad del código. Introducido por Microsoft en 2012, TypeScript ha ganado adopción en aplicaciones web escalables debido a su capacidad para detectar errores en tiempo de desarrollo y su compatibilidad con frameworks modernos (Microsoft, 2025). Su uso es ideal en proyectos que requieren manejar datos sensibles, como los de salud, garantizando un código más seguro y estructurado.

- **Framework:** Next.js es un framework basado en React, creado por Vercel, que permite construir aplicaciones web con renderizado híbrido (en el servidor y cliente). Reconocido por su soporte nativo para TypeScript y su capacidad para optimizar el rendimiento mediante un sistema de rutas de API integradas, Next.js es ampliamente utilizado en aplicaciones modernas que necesitan interfaces dinámicas y lógica backend eficiente (Next.js, 2025). Su elección se justifica por su capacidad para simplificar el desarrollo de aplicaciones web escalables y su integración con plataformas de despliegue.
- **Vercel Serverless Functions:** Estas funciones están basadas en el entorno de ejecución Node.js, permiten ejecutar código en respuesta a solicitudes HTTP sin gestionar servidores físicos. Este enfoque, popular en el desarrollo web moderno, ofrece escalabilidad automática y reduce la complejidad operativa, siendo ideal para proyectos que procesan datos en tiempo real y requieren seguridad en el manejo de credenciales (Vercel Functions, 2025).
- **Base de Datos y Almacenamiento:** Vercel Postgres, una base de datos relacional basada en PostgreSQL, es un sistema gestionado que garantiza integridad y escalabilidad. PostgreSQL, desarrollado desde 1986, es un sistema de código abierto ampliamente utilizado en aplicaciones que requieren almacenamiento estructurado y confiable (The PostgreSQL Global Development Group, 2025). Para interactuar con la base de datos, se utiliza Prisma, un Object-Relational Mapping (ORM) que simplifica las consultas y es compatible con TypeScript, facilitando un manejo eficiente de datos (Prisma, 2025). Además, Vercel Blob es un servicio de almacenamiento gestionado que permite manejar archivos de manera eficiente, ideal para proyectos que procesan datos subidos por usuarios (Vercel, 2025).
- **Autenticación:** Auth.js es una biblioteca diseñada para Next.js que soporta TypeScript y permite implementar estrategias de autenticación seguras, como credenciales (email/contraseña) y proveedores externos (por ejemplo, Google). Auth.js es reconocida por su capacidad para gestionar sesiones y tokens JSON Web Token (JWT), integrándose con bases de datos relacionales para almacenar credenciales de forma segura (NextAuth.js, 2025). Su uso es común en aplicaciones que requieren proteger el acceso a datos sensibles.

- **Integración con Inteligencia Artificial:** Vercel AI SDK es una biblioteca escrita en TypeScript que simplifica la integración de modelos de inteligencia artificial en aplicaciones web. Este SDK soporta el envío de datos estructurados y la recepción de respuestas en streaming, mejorando la experiencia del usuario (Vercel AI SDK Core, 2025). El modelo Google Gemini, desarrollado por Google, es un modelo de lenguaje avanzado capaz de procesar datos complejos y generar análisis contextualizados (Google, 2025), siendo adecuado para aplicaciones en el ámbito de la salud que requieren interpretar métricas y generar resúmenes.
- **Despliegue:** La plataforma Vercel ofrece un entorno optimizado para aplicaciones web, con soporte para TypeScript y escalabilidad automática. Fundada en 2015, Vercel proporciona un CDN global para baja latencia y herramientas de monitoreo, lo que la hace ideal para proyectos que buscan simplicidad en el despliegue y alto rendimiento (Vercel, 2025).

Las tecnologías mencionadas son ampliamente reconocidas en el desarrollo de aplicaciones web modernas que integran datos, autenticación y análisis con IA. Su elección se fundamenta en su capacidad para ofrecer un entorno de desarrollo robusto, seguro y escalable.

### *Competencia*

Existen plataformas como ***Gluroo*** que adoptan un modelo propietario y colaborativo, centrado en la experiencia del usuario móvil. Su enfoque principal parece ser simplificar la gestión diaria mediante la automatización (ej. registro de comidas por IA), la visualización sincronizada de datos (widgets, smartwatch) y la facilitación de la comunicación entre el paciente y su red social de apoyo, incluyendo profesionales. Este tipo de solución busca ofrecer una experiencia "todo en uno" para los usuarios.

También se encuentran proyectos emergentes como ***GlucoPilot*** que siguen una filosofía open source y una arquitectura centrada en API. Su objetivo parece ser proporcionar una interface extensible para el registro de métricas fundamentales de la diabetes, permitiendo a la comunidad o a terceros desarrollar clientes o herramientas personalizadas sobre esta base.

La siguiente tabla resume algunas diferencias clave identificadas entre estos dos enfoques, basados en el análisis previo:

Tabla 1: Comparación de Enfoques en Plataformas de Gestión de Diabetes

Característica	Gluroo	GlucoPilot
Filosofía	Propietaria	Código Abierto
Foco Principal	Experiencia de Usuario	Extensibilidad
Acceso a Datos	Mediado por la plataforma, API de proveedor	Directo vía API abierta del sistema
Tecnología Cliente	Apps Nativas Móviles	Clientes Multiplataforma (Desktop/Web)
AI	Integrada para el análisis de comidas	No aplica

## Diseño Metodológico

### *Herramientas Metodológicas*

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo bajo la metodología ágil Scrum, que permitió gestionar el proceso de manera iterativa e incremental para cumplir con los objetivos específicos. Scrum, según Jeff Sutherland (2010), "es un marco que permite a los equipos resolver problemas complejos mientras entregan productos de alto valor de manera iterativa" (Sutherland, 2010). En este proyecto, se aplicaron sprints de una semana, durante los cuales se desarrollaron y probaron las funcionalidades clave de GlucoForecast AI. Por ejemplo, los primeros sprints se enfocaron en la adquisición de datos de CGM, mientras que los sprints posteriores se dedicaron al desarrollo del motor de asistencia y la interfaz de usuario. Esta metodología facilitó la adaptación a cambios, la colaboración continua, y la entrega de un asistente digital inteligente funcional alineado con las necesidades de los pacientes con DM1, asegurando un desarrollo eficiente y ordenado.

### *Herramientas de Desarrollo*

La implementación de GlucoForecast AI se apoyó en el conjunto de tecnologías descritas en la [sección TIC](#), seleccionadas por su capacidad para garantizar un desarrollo robusto, escalable y seguro, alineado con los estándares de transformación digital en salud.

La elección de **TypeScript** como lenguaje de programación permitió desarrollar un código robusto y mantenible gracias a su tipado estático (Microsoft, 2025), lo que fue crucial para manejar datos sensibles de salud. TypeScript se utilizó junto con el framework **Next.js**

(Next.js, 2025), que facilitó la construcción iterativa de componentes tanto para el frontend como para el backend mediante su soporte para renderizado híbrido y optimización de rendimiento.

El despliegue continuo se realizó mediante la plataforma **Vercel** (Vercel, 2025), que, gracias a su escalabilidad automática, posibilitó la revisión y prueba frecuente de los incrementos desarrollados al final de cada sprint, asegurando un desarrollo ágil alineado con los principios de Scrum. **Vercel Serverless Functions** (Vercel Functions, 2025), basadas en Node.js, se usaron para procesar la carga de archivos en formato CSV y la conexión con la API de FreeStyle Libre, garantizando seguridad en el manejo de credenciales desde el backend.

Para el almacenamiento de datos, se integró **Vercel Postgres** (The PostgreSQL Global Development Group, 2025) mediante **Prisma** (Prisma, 2025), un ORM que simplificó las consultas y permitió gestionar los datos estructurados de los usuarios y los datos de CGM. **Vercel Blob** (Vercel, 2025) se empleó para almacenar archivos subidos por los usuarios, como los archivos CSV.

La integración con inteligencia artificial se logró mediante el **Vercel AI SDK** (Vercel AI SDK Core, 2025), que simplificó la conexión con el modelo **Google Gemini** (Google, 2025) para desarrollar el motor de asistencia inteligente. Gemini se utilizó para procesar datos de CGM y generar reportes en lenguaje natural, mientras que el streaming de respuestas del SDK mejoró la experiencia del usuario.

Por último, **Auth.js** (NextAuth.js, 2025) se integró para implementar un sistema de autenticación seguro, utilizando credenciales, lo que protegió el acceso a datos sensibles de los pacientes durante la interacción con asistente digital inteligente.

### *Recolección de Datos*

La definición del alcance y los requisitos funcionales y técnicos de GlucoForecast AI se basó en la recopilación y análisis de información proveniente de diversas fuentes, adaptando las técnicas de relevamiento al contexto de un proyecto personal de prototipado tecnológico. Las principales técnicas empleadas fueron:

- **Revisión de Literatura Científica y Consensos Clínicos:** Se realizó una búsqueda y análisis de publicaciones académicas, guías de práctica clínica (como los Estándares de Cuidado de la ADA) y consensos internacionales sobre el manejo de la DM1, el uso de CGM y métricas relevantes como el Tiempo en Rango (TIR). Esto permitió

comprender el dominio del problema, la relevancia clínica de los datos CGM y los desafíos actuales en su interpretación.

- **Análisis de Documentación de Fabricantes:** Se consultó la documentación oficial de los sistemas CGM Abbott FreeStyle Libre.

Real-time glucose readings with a glance at your smartphone\*.

**Glucose readings** determine background color at top of phone screen.

ORANGE	YELLOW	GREEN	RED
High glucose (above 250 mg/dL)	Between the target glucose range and high or low glucose level	Within the target glucose range (70-180 mg/dL is standard, but target range can be customized)	Low glucose (below 70 mg/dL)

**Trend arrows** show where your glucose levels are headed.

Arrow direction	What trend arrow means
↑	<b>Glucose is rising quickly</b> more than 2 mg/dL per minute
↗	<b>Glucose is rising</b> between 1 and 2 mg/dL per minute
→	<b>Glucose is changing slowly</b> less than 1 mg/dL per minute
↘	<b>Glucose is falling</b> between 1 and 2 mg/dL per minute
↓	<b>Glucose is falling quickly</b> more than 2 mg/dL per minute

Easily see your glucose levels, where they're going, and where they've been.

**Glucose message**  
Current glucose reading is updated every minute

**Optional high and low glucose alarm†**  
Optional high and low glucose alarm levels

**Glucose graph**  
shows your 12-hour history

**Target glucose range**  
is set at 70-180 mg/dL and can be customized

**Add or edit notes**

**Sensor life**

Reader App

\*The FreeStyle Libre systems apps are only compatible with certain mobile devices and operating systems. Please check our website for more information about device compatibility before using the apps. Use of the FreeStyle Libre systems apps may require registration with LibreView.  
†Notifications will only be received when alarms are turned on and the sensor is within 33 feet unobstructed of the reading device. You must enable the appropriate settings on your smartphone to receive alarms and alerts. See the FreeStyle Libre 3 User's Manual for more information.

Figura 1: Especificaciones de FreeStyle Libre 3

- **Análisis de Documentación Técnica:** las APIs de Inteligencia Artificial Generativa (Google Gemini) y las herramientas del stack de desarrollo (TypeScript, Next.js, Vercel, etc.). Este análisis fue fundamental para definir la factibilidad técnica y las características de implementación.

<p><b>2.5 Pro</b> 🧠</p> <p>Nuestro modelo de pensamiento más potente con la máxima precisión de respuesta y un rendimiento de vanguardia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresa audio, imágenes, video y texto, y obtén respuestas de texto</li> <li>• Aborda problemas difíciles, analiza bases de datos grandes y mucho más</li> <li>• Ideal para la programación, el razonamiento y la comprensión multimodal complejos</li> </ul>	<p><b>2.5 Flash</b> 🧠</p> <p>Nuestro mejor modelo en términos de precio y rendimiento, que ofrece capacidades equilibradas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresa audio, imágenes, video y texto, y obtén respuestas de texto</li> <li>• El modelo piensa según sea necesario, o bien puedes configurar un presupuesto de pensamiento.</li> <li>• Ideal para tareas de alto volumen y baja latencia que requieren pensamiento</li> </ul>	<p><b>2.0 Flash</b> ✨</p> <p>Nuestro modelo multimodal más reciente, con funciones de nueva generación y capacidades mejoradas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresa audio, imágenes, video y texto, y obtén respuestas de texto</li> <li>• Generar código e imágenes, extraer datos, analizar archivos, generar gráficos y mucho más</li> <li>• Latencia baja, rendimiento mejorado, creado para potenciar experiencias de agentes</li> </ul>
---	---	---

Figura 2: Modelos disponibles de Gemini

- **Análisis de Soluciones Comerciales:** Se investigaron y analizaron plataformas comerciales como *Gluroo*.

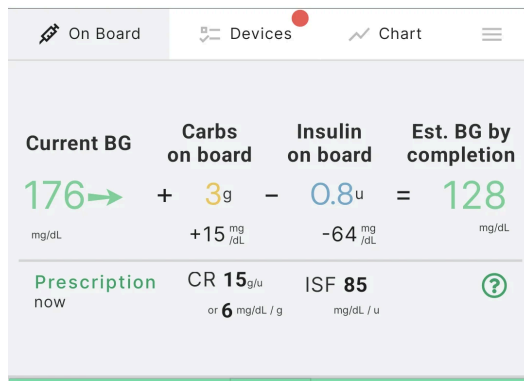


Figura 3: Datos online de la App de Gluroo

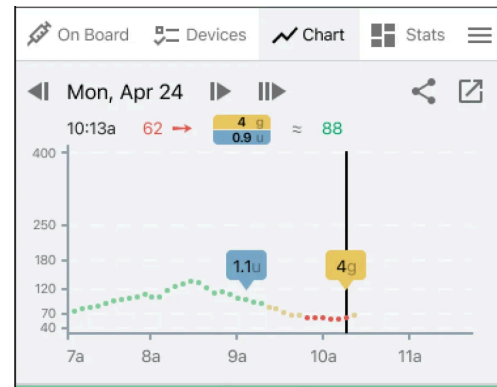


Figura 4: Gráfico diario de Gluroo

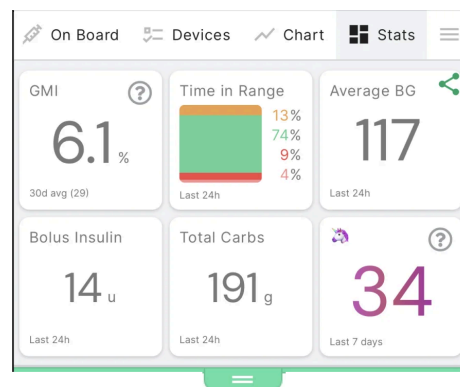


Figura 5: Métricas de la App de Gluroo

- **Análisis de Soluciones Comunitarias:** También se analizó la documentación generada por la comunidad, como *Glucopilot*, y otros espacios como sobre la interacción con APIs no oficiales (como la de LibreLinkUp). Esto proporcionó contexto sobre el estado del arte, enfoques alternativos y posibles desafíos técnicos como la integración de datos.
- **Análisis de Datos de Ejemplo:** Se examinó la estructura y el contenido de los archivos de datos exportados por sistemas como Abbott LibreView (formato CSV) para definir los requisitos de procesamiento y las características a extraer para el análisis por parte del sistema y la IA.

### Planificación del Proyecto

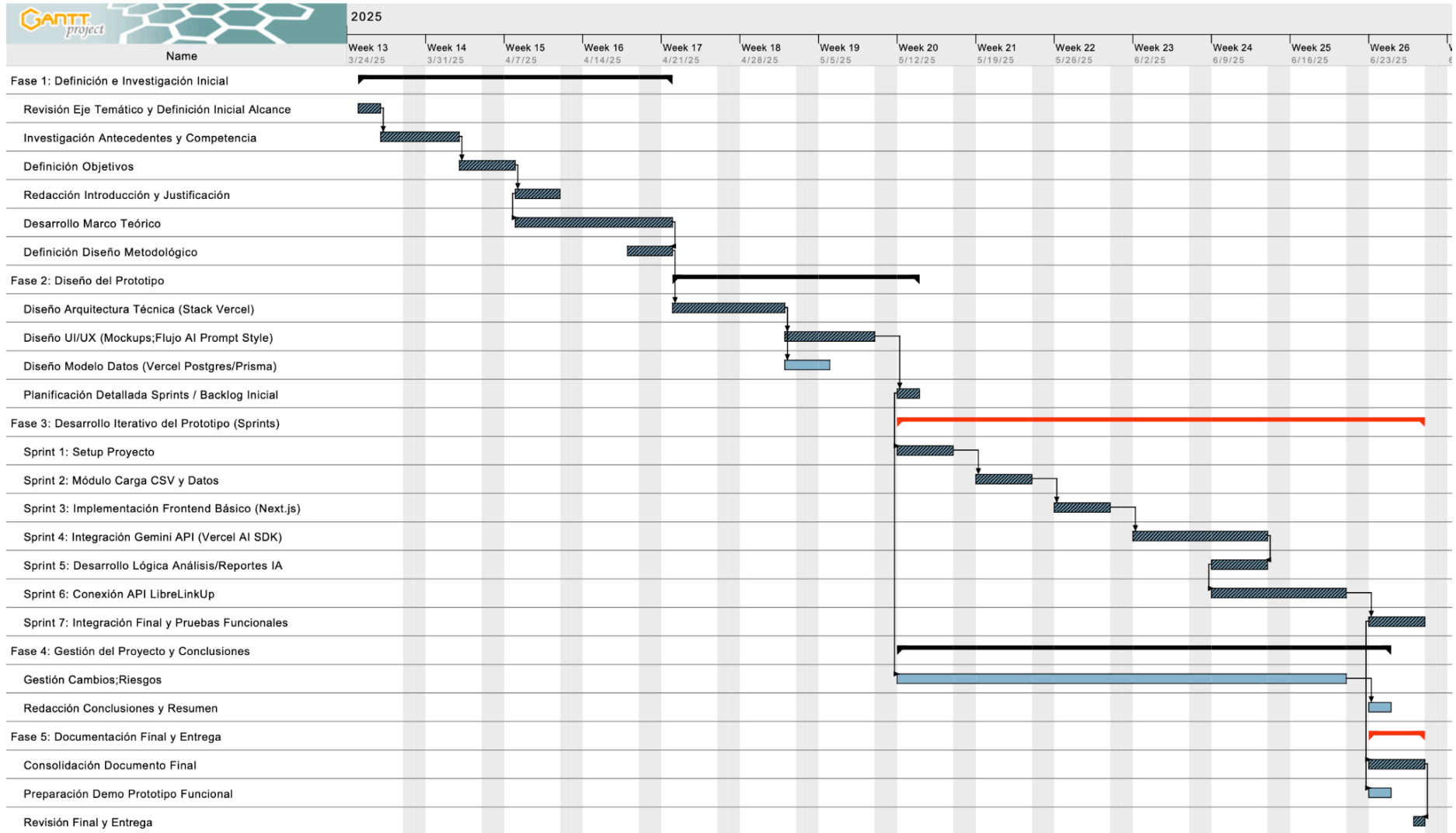
La ejecución se planificó mediante un cronograma detallado que abarca todas las fases necesarias para alcanzar los objetivos propuestos, desde la investigación inicial hasta la entrega del asistente digital inteligente funcional y la documentación final. La visualización de esta planificación se realiza a través de un Diagrama de Gantt, el cual fue elaborado utilizando GanttProject.



Figura 6: Diagrama de Gantt con definición de tareas, duración y predecesoras.

Name	Duration	Begin date	End date	Predecessors
Fase 1: Definición e Investigación Inicial	20	3/25/25	4/21/25	
Revisión Eje Temático y Definición Inicial Alcance	2	3/25/25	3/26/25	
Investigación Antecedentes y Competencia	5	3/27/25	4/2/25	2
Definición Objetivos	3	4/3/25	4/7/25	3
Redacción Introducción y Justificación	4	4/8/25	4/11/25	4
Desarrollo Marco Teórico	10	4/8/25	4/21/25	5-SS
Definición Diseño Metodológico	2	4/18/25	4/21/25	6-FF
Fase 2: Diseño del Prototipo	16	4/22/25	5/13/25	
Diseño Arquitectura Técnica (Stack Vercel)	8	4/22/25	5/1/25	7
Diseño UI/UX (Mockups;Flujo AI Prompt Style)	6	5/2/25	5/9/25	9
Diseño Modelo Datos (Vercel Postgres/Prisma)	2	5/2/25	5/5/25	9
Planificación Detallada Sprints / Backlog Inicial	2	5/12/25	5/13/25	10
Fase 3: Desarrollo Iterativo del Prototipo (Sprints)	35	5/12/25	6/27/25	
Sprint 1: Setup Proyecto	5	5/12/25	5/16/25	12-SS
Sprint 2: Módulo Carga CSV y Datos	5	5/19/25	5/23/25	14
Sprint 3: Implementación Frontend Básico (Next.js)	5	5/26/25	5/30/25	15
Sprint 4: Integración Gemini API (Vercel AI SDK)	10	6/2/25	6/13/25	16
Sprint 5: Desarrollo Lógica Análisis/Reportes IA	5	6/9/25	6/13/25	17-FF
Sprint 6: Conexión API LibreLinkUp	10	6/9/25	6/20/25	18-SS
Sprint 7: Integración Final y Pruebas Funcionales	5	6/23/25	6/27/25	19
Fase 4: Gestión del Proyecto y Conclusiones	32	5/12/25	6/24/25	
Gestión Cambios;Riesgos	30	5/12/25	6/20/25	12-SS
Redacción Conclusiones y Resumen	2	6/23/25	6/24/25	22
Fase 5: Documentación Final y Entrega	5	6/23/25	6/27/25	
Consolidación Documento Final	5	6/23/25	6/27/25	20-SS
Preparación Demo Prototipo Funcional	2	6/23/25	6/24/25	20-SS
Revisión Final y Entrega	1	6/27/25	6/27/25	25-FF

Figura 7: Diagrama de Gantt. Barras de tiempo, precedencia de tareas y camino crítico.



## Relevamiento

### *Relevamiento estructural*

Dado que el proyecto se centra en individuos con DM1 y no en una organización real, no podemos fijar una localización geográfica ni describir infraestructura existente. El entorno típico para la gestión de datos de DM1 con FreeStyle Libre se centra en el usuario final (paciente y/o cuidador) y su interacción con los componentes del sistema proporcionados por el fabricante (Abbott) y la tecnología personal estándar:

- **Dispositivo CGM:** Sensor FreeStyle Libre (versiones 1, 2 o 3) aplicado por el paciente.
- **Dispositivo Lector/Interfaz Primaria:** Smartphone del usuario (iOS o Android) con la aplicación Abbott FreeStyle LibreLink instalada, que recibe datos del sensor (vía NFC o Bluetooth según versión) y los muestra en tiempo real.
- **Plataforma en la Nube:** Abbott LibreView, plataforma web donde se cargan (automáticamente desde LibreLink o manualmente desde lectores) y almacenan los datos históricos del CGM. Permite la generación de informes estandarizados (ej. AGP) y la compartición de datos con profesionales de la salud o cuidadores (vía LibreLinkUp).
- **Tecnología Personal:** Computadoras personales o smartphones (para acceder a LibreView).

### *Relevamiento Funcional*

Dado que el proyecto se centra en una herramienta de autogestión, no se presenta un organigrama tradicional. Se identifican los siguientes roles y procesos clave actuales:

- **Funciones de los Roles:**
  - **Paciente:** Actor principal. Utiliza el sensor CGM, consulta datos en tiempo real (app LibreLink), registra datos contextuales (insulina, comidas, etc., a menudo de forma manual y separada), revisa informes históricos (LibreView) y comparte información con cuidadores y profesionales. Es el responsable final de las decisiones de autogestión diarias.

- **Cuidador (Familiar, etc.):** Rol de apoyo. Puede monitorizar los datos del paciente (si se le da acceso vía LibreLinkUp), ayudar en el registro de datos, y participar en la toma de decisiones, especialmente en casos pediátricos o de dependencia.
- **Profesional de la Salud (Médico, Educador en Diabetes):** Revisa los datos históricos del paciente de forma periódica (generalmente durante consultas semestrales) a través de informes de LibreView (AGP, etc.), interpreta las tendencias y métricas, y ajusta el plan de tratamiento. La revisión suele ser retrospectiva.
- **Procesos Actuales Relevantes:**
  - **Proceso:** Registro de Datos Diarios
    - **Roles:** Paciente, (a veces) Cuidador.
    - **Pasos:**
      1. Las lecturas de glucosa del CGM se registran automáticamente por el sensor y se visualizan en la app LibreLink.
      2. El paciente registra manualmente (en LibreLink si la opción está disponible y es usada, o más comúnmente en otra app, hoja de cálculo o cuaderno) las dosis de insulina administradas (basal, bolos), los carbohidratos consumidos (normalmente estimados) y la actividad física realizada.
      3. Puede añadir notas sobre eventos especiales (enfermedad, estrés).
      4. La información queda fragmentada entre la plataforma CGM y los registros manuales.
  - **Proceso:** Revisión de Datos por el Usuario
    - **Roles:** Paciente, Cuidador.
    - **Pasos:**
      1. Consulta frecuente de la app LibreLink para ver glucosa actual y flecha de tendencia para decisiones inmediatas.
      2. Acceso periódico a la plataforma LibreView para visualizar informes estándar (AGP, TIR/TBR/TAR, perfiles diarios).

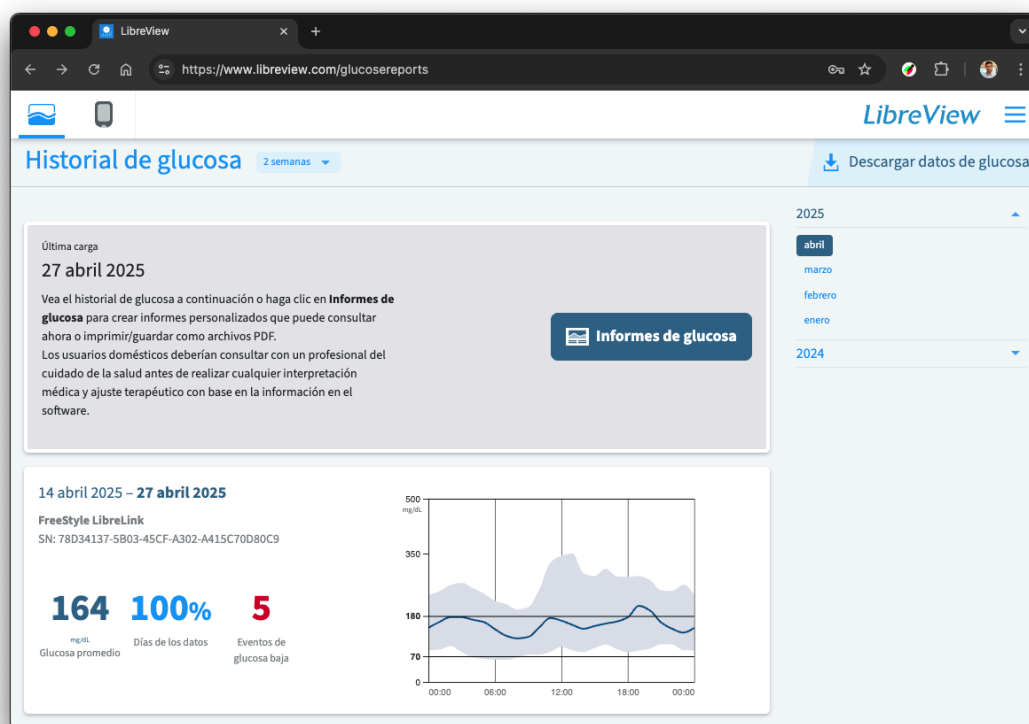
3. Intento de correlacionar mentalmente o manualmente los patrones glucémicos observados en los informes con los eventos registrados (comidas, insulina, ejercicio) para entender causas y efectos.
  4. Dificultad para identificar patrones complejos o tendencias a largo plazo sin un análisis dedicado.
- **Proceso:** Compartición y Revisión Médica
    - **Roles:** Paciente, Profesional de la Salud.
    - **Pasos:**
      1. El paciente comparte sus datos con el profesional, ya sea exportando informes (PDF/CSV) desde LibreView o concediendo acceso a su cuenta LibreView.
      2. Durante la consulta (presencial o virtual), el profesional revisa los informes retrospectivos disponibles en LibreView.
      3. Se discuten las tendencias, métricas y eventos relevantes basándose en la información presentada y el recuerdo del paciente.
      4. Se realizan ajustes al tratamiento. La revisión se ve limitada por el tiempo de consulta y la posible fragmentación de la información contextual.

### *Relevamiento de Documentación*

Los documentos y formatos de datos relevantes en el proceso actual incluyen:

- **Informes Estándar de LibreView:** Reportes generados por la plataforma web de Abbott, como el Perfil Ambulatorio de Glucosa (AGP), Resumen de Métricas (TIR, TBR, TAR, promedio, etc.), Registros Diarios, etc. Generalmente se visualizan en la web o se exportan como PDF.
- **Archivo de Exportación CSV de LibreView:** Archivo de texto separado por comas que puede ser descargado por el usuario desde LibreView, conteniendo datos históricos de glucosa y, potencialmente, registros manuales si se ingresaron en el ecosistema Abbott.

Figura 8: Plataforma LibreView.



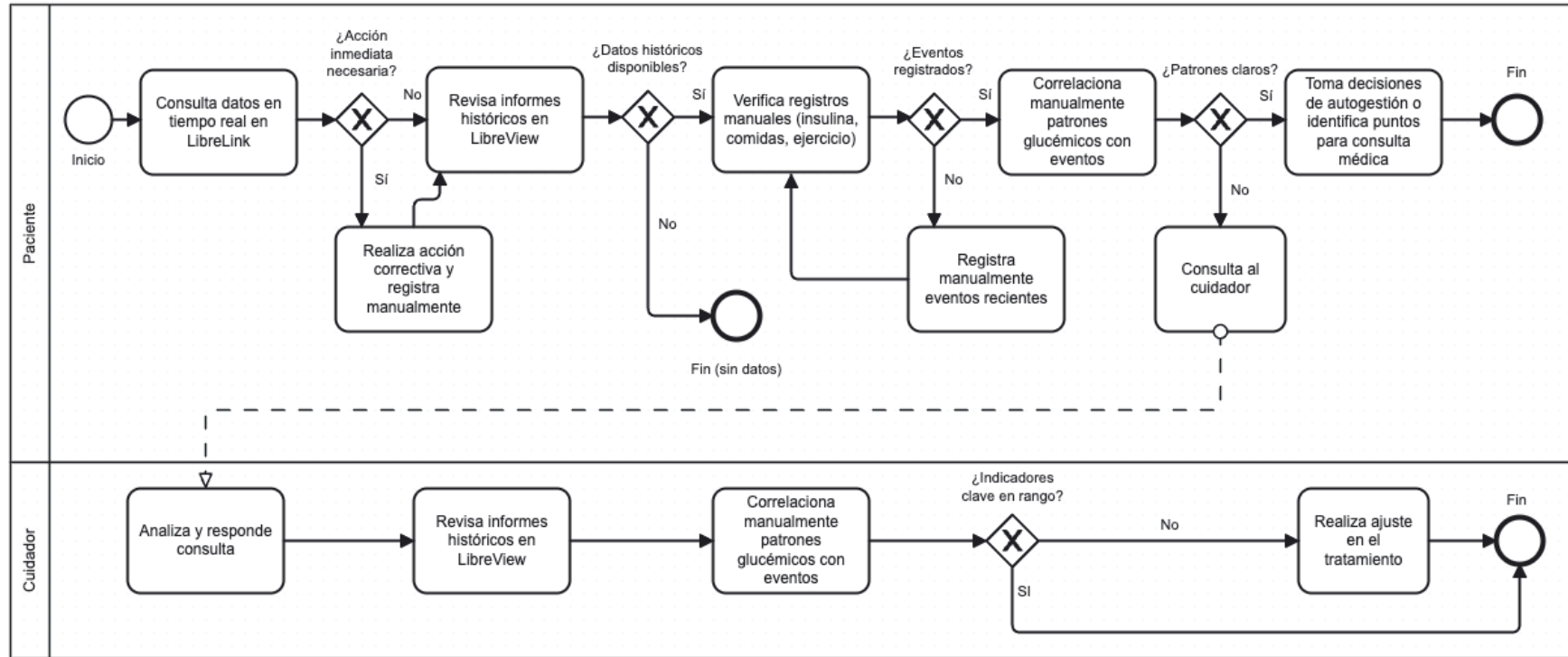
- **Registros Manuales del Usuario:** Hojas de cálculo, cuadernos de notas, datos en otras aplicaciones de salud o fitness donde el usuario registra insulina, comidas, actividad, etc. (Formatos heterogéneos y no estandarizados).

## Procesos de negocio

A continuación, se describe y modela un proceso de negocio genérico que representa la actividad principal identificada en el Relevamiento Funcional, centrándose en el núcleo de la gestión actual de la diabetes mellitus tipo 1 (DM1) por parte de los pacientes: la revisión de datos glucémicos para la autogestión. Este proceso ha sido ampliado para incluir decisiones clave y pasos detallados, destacando las limitaciones actuales que GlucoForecast AI busca abordar, como la correlación manual de datos y la dificultad para identificar patrones complejos.

El proceso descrito se representa en la Figura 9 mediante un diagrama BPMN, utilizando swimlanes para los roles "Paciente" y "Cuidador", y mostrando la secuencia de pasos, decisiones e interacciones entre ellos. Este diagrama fue elaborado con la herramienta bpmn-js (Camunda, 2025), siguiendo un enfoque detallado para ilustrar el flujo de actividades actuales.

Figura 9: Proceso de negocio



## Diagnóstico y propuesta

A continuación, se presenta el diagnóstico de 3 procesos fundamentales en la gestión de datos de DM1 identificando los problemas y sus causas fundamentales.

Tabla 2: Diagnóstico del registro de datos diarios

<b>Nombre del proceso: Registro de Datos Diarios</b>	
<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>
1. Fragmentación de la información contextual (insulina, comidas, actividad física, eventos de estrés) respecto a los datos de CGM.	1. Utilización de múltiples herramientas o métodos (aplicaciones separadas, notas manuales, memoria) para el registro de eventos contextuales, no integrados de forma nativa con la plataforma CGM.
2. Potencial inconsistencia, omisión o falta de detalle en los registros manuales de datos contextuales.	1. Dificultad para recordar con precisión los detalles de ingestas (cantidad de carbohidratos, composición) o dosis de insulina en el momento del registro o posteriormente.
	2. El proceso de registro manual es percibido como una tarea adicional que consume tiempo y puede resultar tediosa en la rutina diaria.
3. Baja correlación inmediata y visible entre los eventos contextuales registrados manualmente y las fluctuaciones glucémicas del CGM.	1. La información reside en sistemas o formatos dispares, lo que impide una visualización y análisis conjunto en tiempo real sin esfuerzo adicional de consolidación.

Tabla 3: Diagnóstico de la revisión de datos por los usuarios

<b>Nombre del proceso: Revisión de Datos por el Usuario (Paciente/Cuidador)</b>	
<b>Problemas</b>	<b>Causas</b>
1. Dificultad para interpretar el gran volumen de datos.	1. El volumen y la granularidad de los datos del CGM (lecturas cada 1-5 minutos) pueden resultar abrumadores para un análisis manual sin herramientas de asistencia.
2. Sobrecarga cognitiva al intentar correlacionar mentalmente los datos.	1. El esfuerzo de recordar y alinear temporalmente eventos (comidas, insulina, ejercicio) con las curvas de glucosa es demandante y propenso a errores u olvidos.
	2. Se requiere un nivel considerable de conocimiento en diabetología y análisis de datos para identificar tendencias sutiles, causas de variabilidad o el impacto de múltiples factores interrelacionados.
3. Comprensión incompleta de los patrones.	1. La falta de herramientas que sinteticen y expliquen las relaciones entre el comportamiento y los resultados glucémicos limita la capacidad de aprendizaje y ajuste proactivo del usuario.



Tabla 4: Diagnóstico de la revisión médica

Nombre del proceso: Revisión Médica	
Problemas	Causas
1. Revisión médica basada en informes retrospectivos sin todo el contexto.	1. Las plataformas actuales como LibreView ofrecen informes estandarizados sin información contextual detallada.
	2. Se omiten gran cantidad de datos contextuales cuando se registran manualmente las mediciones.
2. Tiempo de consulta limitado para un análisis exhaustivo de los datos y la identificación de patrones complejos o sutiles.	1. La dinámica de las consultas médicas impone restricciones de tiempo que dificultan una inmersión profunda en los datos de cada paciente.
3. Comunicación entre paciente y profesional ineficiente.	1. Dificultad del paciente para articular, explicar y recordar las complejidades de su día a día y cómo estas se relacionan con sus datos glucémicos, sin una herramienta que facilite esta síntesis.

### *Propuesta*

Para abordar los problemas identificados en los procesos de registro de datos, revisión por el usuario y revisión médica en la gestión de la DM1, se desarrolló GlucoForecast AI, un asistente digital inteligente. Este sistema fue concebido para transformar la interacción de los pacientes y cuidadores, y simplificar la información compleja generada por los CGM.

GlucoForecast AI integró los datos de CGM, obtenidos mediante la importación de archivos CSV de LibreView y la conexión con la API de LibreLinkUp, en una plataforma unificada para mitigar la fragmentación de la información. El núcleo de la solución radicó en la aplicación de Inteligencia Artificial Generativa (IAG), a través del modelo Gemini, que analizó estos datos para generar reportes, resúmenes e interpretaciones en lenguaje natural. El asistente digital inteligente logró explicar patrones glucémicos, correlacionar datos y responder a consultas básicas, aliviando así la carga cognitiva del usuario y mejorando la comprensión de las fluctuaciones de glucosa.

La interfaz web del asistente se diseñó para facilitar la gestión de los datos de entrada y, fundamentalmente, para presentar de manera clara e intuitiva las métricas estándar de CGM junto con los análisis generados por la IA. Esto permitió a los pacientes y cuidadores obtener una perspectiva completa y comprensible de su estado, facilitando una autogestión más informada y proactiva. Al generar insights estructurados, GlucoForecast AI también

buscó optimizar la comunicación con los profesionales de la salud, permitiendo un uso más eficiente del tiempo de consulta.

En definitiva, GlucoForecast AI se constituyó como una solución tecnológica que, mediante la aplicación de IA, superó las barreras en la interpretación de datos CGM, ofreciendo una herramienta que promovió el empoderamiento del paciente, facilitó la colaboración y contribuyó a una gestión más eficiente y personalizada de la DM1.

## **Objetivo, Límites y Alcance del Prototipo**

### *Objetivo del prototipo*

Desarrollar un prototipo tecnológico funcional (GlucoForecast AI) que integre datos de Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM) y utilice Inteligencia Artificial Generativa para generar reportes en lenguaje natural que apoyen a los pacientes con DM1 en la autogestión de su condición.

### *Límites*

Los límites del prototipo GlucoForecast AI se establecen **desde** la adquisición de los datos de Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM) del usuario (ya sea mediante la carga de un archivo CSV exportado desde LibreView o a través de la conexión con la API de LibreLinkUp), **hasta** la presentación al usuario de los reportes y análisis interpretativos generados por el asistente de Inteligencia Artificial Generativa.

### *Alcances*

Para lograr el objetivo del prototipo y dentro de los límites establecidos, el asistente digital inteligente GlucoForecast AI contempla los siguientes puntos:

- Gestión de la autenticación y sesión de usuarios.
- Adquisición de datos de CGM del usuario mediante archivos CSV.
- Adquisición de datos de CGM del usuario mediante la API de Libre Link.
- Registros y preprocesamiento de datos de CGM adquiridos.
- Generación de análisis interpretativos mediante el LLM de Gemini.
- Presentación de reportes y análisis en lenguaje natural al usuario.
- Visualización de métricas glucémicas relevantes.

## Descripción del sistema

### *Product backlog*

A continuación se detalla el Product Backlog con cada una de sus historias de usuario.

Tabla 5: Product Backlog

<b>ID</b>	<b>Historia de usuario</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Puntos de historia</b>	<b>Dependencias</b>
HU-001	Registro seguro en el sistema	Baja	5	-
HU-002	Inicio de sesión con credenciales	Baja	3	HU-001
HU-003	Cierre de sesión seguro	Baja	2	HU-002
HU-004	Carga de archivo CSV	Alta	8	HU-002
HU-005	Conexión API con LibreLinkUp (experimental)	Media	8	HU-002
HU-006	Preprocesamiento y validación de datos de CGM	Alta	8	HU-004, HU-005
HU-007	Cálculo de métricas glucémicas clave	Alta	5	HU-006, HU-002
HU-008	Dashboard con métricas glucémicas clave	Alta	5	HU-007
HU-009	Gráficos de tendencias de niveles de glucosa	Media	3	HU-007, HU-008
HU-010	Configuración de parámetros glucémicos del paciente	Alta	3	HU-006, HU-002
HU-011	Interacción con IA (Gemini) para análisis interpretativo	Alta	13	HU-007
HU-012	Comprensión de fluctuaciones glucémicas asistida por IA	Media	8	HU-007, HU-011

## Historias de usuario

Tabla 6: HU-001

ID	HU-001	Nombre	Registro seguro en el sistema
<b>Descripción</b>		Como nuevo usuario, quiero poder registrarme en el sistema proporcionando mis datos básicos (nombre, email, contraseña) para crear una cuenta personal y acceder a las funcionalidades de GlucoForecast AI.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que el usuario accede a la página de registro, cuando ingresa un email, una contraseña que cumpla los requisitos de seguridad (ej. mínimo 8 caracteres, combinación de mayúsculas, minúsculas y números) y su nombre, y el email no existe previamente en el sistema, entonces el sistema crea una nueva cuenta de usuario, almacena la contraseña de forma segura y redirige al usuario a la página principal.</li> <li>2. Dado que el usuario intenta registrarse, cuando el email proporcionado ya existe en el sistema, entonces el sistema muestra un mensaje de error indicando "El email ya se encuentra registrado".</li> <li>3. Dado que el usuario intenta registrarse, cuando la contraseña no cumple con los criterios de seguridad establecidos, entonces el sistema muestra un mensaje indicando los requisitos de la contraseña.</li> <li>4. Dado que el usuario intenta registrarse, cuando algún campo obligatorio (nombre, email, contraseña) está vacío, entonces el sistema muestra un mensaje indicando que todos los campos son requeridos.</li> </ol>	
<b>Prioridad</b>	<b>Baja</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>5</b>

Tabla 7: HU-002

ID	HU-002	Nombre	Inicio de sesión con credenciales
<b>Descripción</b>		Como usuario registrado, quiero poder iniciar sesión utilizando mi email y contraseña para acceder de forma segura a mi información y a las funcionalidades de GlucoForecast AI.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que el usuario está en la página de inicio de sesión, cuando ingresa su email y contraseña correctos y registrados, entonces el sistema valida las credenciales, establece una sesión segura y lo redirige al dashboard principal.</li> <li>2. Dado que el usuario intenta iniciar sesión, cuando ingresa un email no registrado o una contraseña incorrecta, entonces el sistema muestra un mensaje de error indicando "Email o contraseña incorrectos".</li> <li>3. Dado que el usuario intenta iniciar sesión, cuando algún campo (email o contraseña) está vacío, entonces el sistema muestra un mensaje indicando que ambos campos son requeridos.</li> </ol>	
<b>Prioridad</b>	<b>Baja</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>3</b>

Tabla 8: HU-003

ID	HU-003	Nombre	Cierre de sesión seguro
<b>Descripción</b>		Como usuario autenticado, quiero poder cerrar mi sesión activa para proteger mi información y asegurar que nadie más pueda acceder a mi cuenta.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que el usuario está autenticado en el sistema, cuando hace clic en la opción "Cerrar Sesión", entonces el sistema invalida la sesión actual del usuario y lo redirige a la página de inicio de sesión o a la página principal pública.</li> <li>2. Dado que el usuario ha cerrado sesión, cuando intenta acceder a una página protegida, entonces el sistema lo redirige a la página de inicio de sesión.</li> </ol>	
<b>Prioridad</b>	<b>Baja</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>2</b>

Tabla 9: HU-004

ID	HU-004	Nombre	Carga de archivo CSV
<b>Descripción</b>		Como usuario autenticado, quiero poder cargar un archivo CSV (exportado LibreView) con mis datos de CGM para que el sistema los procese y los utilice para generar análisis y reportes.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que el usuario está en la sección de carga de datos, cuando selecciona un archivo CSV válido con el formato esperado de LibreView y confirma la carga, entonces el sistema procesa el archivo, extrae las lecturas de glucosa y los eventos relevantes, los almacena asociados a su perfil y muestra un mensaje de carga exitosa.</li> <li>2. Dado que el usuario intenta cargar un archivo, cuando el archivo no es de formato CSV o no corresponde al formato esperado de LibreView (ej. faltan columnas clave, formato de fecha incorrecto), entonces el sistema muestra un mensaje de error indicando "Formato de archivo incorrecto o no compatible".</li> <li>3. Dado que el usuario intenta cargar un archivo, cuando ocurre un error durante el procesamiento del archivo (ej. archivo corrupto), entonces el sistema muestra un mensaje de error genérico indicando "Error al procesar el archivo. Intente nuevamente".</li> <li>4. Dado que el usuario carga un archivo CSV, cuando los datos del archivo se superponen o duplican con datos ya existentes para ese usuario, entonces el sistema maneja los duplicados de forma predefinida (ej. ignora los duplicados) y notifica al usuario si es relevante.</li> </ol>	
<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>8</b>

Tabla 10: HU-005

ID	HU-005	Nombre	Conexión API con LibreLinkUp
<b>Descripción</b>		Como usuario autenticado, quiero poder configurar una conexión (experimental) con mi cuenta de Abbott LibreLinkUp proporcionando mis credenciales para que el sistema intente sincronizar mis datos de CGM recientes automáticamente.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que el usuario está en la sección de configuración de fuentes de datos, cuando ingresa credenciales válidas de LibreLinkUp y autoriza la conexión, entonces el sistema establece una conexión (utilizando interfaces documentadas por la comunidad), recupera los datos de glucosa más recientes disponibles, los almacena asociados al perfil del usuario y muestra un mensaje de sincronización exitosa.</li> <li>2. Dado que el usuario intenta configurar la conexión, cuando las credenciales de LibreLinkUp son incorrectas o la autenticación falla, entonces el sistema muestra un mensaje de error indicando "Credenciales de LibreLinkUp incorrectas o fallo en la autenticación".</li> <li>3. Dado que el usuario intenta sincronizar datos, cuando la API de LibreLinkUp no está disponible o devuelve un error inesperado, entonces el sistema muestra un mensaje de error indicando "No se pudo conectar con el servicio de LibreLinkUp. Intente más tarde".</li> <li>4. Dado que la conexión está configurada, cuando el sistema intenta una sincronización automática (si aplica), entonces actualiza los datos del usuario con las nuevas lecturas recuperadas.</li> </ol>	
<b>Prioridad</b>	<b>Media</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>8</b>

Tabla 11: HU-006

ID	HU-006	Nombre	Preprocesamiento y validación de datos de CGM
<b>Descripción</b>		Como Sistema, quiero preprocesar y validar los datos de CGM adquiridos (tanto de CSV como de la API) para asegurar su calidad, consistencia y formato adecuado antes de almacenarlos y utilizarlos para el análisis y generación de reportes.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que se han adquirido nuevos datos de CGM (vía CSV o API), cuando el sistema los procesa, entonces verifica la integridad de los datos (ej. rangos de glucosa válidos, formato de fecha/hora correcto, ausencia de datos faltantes críticos).</li> <li>2. Dado que se detectan datos inválidos o inconsistentes durante la validación, cuando el sistema los procesa, entonces los marca, los excluye del análisis principal o intenta una corrección básica (según reglas definidas) y registra el evento.</li> <li>3. Dado que los datos de CGM son validados, cuando el sistema los procesa, entonces los transforma a un formato interno estandarizado y los almacena de forma estructurada en la base de datos (Vercel</li> </ol>	

	Postgres) asociados al usuario correcto. 4. Dado que se procesan datos de diferentes fuentes (CSV, API), cuando el sistema los almacena, entonces gestiona posibles duplicados para mantener la integridad de los datos históricos del usuario (ej. no almacenar la misma lectura dos veces).		
<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>8</b>

Tabla 12: HU-007

<b>ID</b>	<b>HU-007</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cálculo de métricas glucémicas clave</b>
<b>Descripción</b>	Como Sistema, quiero calcular automáticamente las métricas glucémicas clave (ej. Tiempo en Rango - TIR, Tiempo Bajo Rango - TBR, Tiempo Sobre Rango - TAR, promedio de glucosa, variabilidad glucémica) a partir de los datos de CGM procesados.		
<b>Criterios de Aceptación</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que existen datos de CGM procesados y validados para un período seleccionado por el usuario, cuando el sistema realiza el cálculo de métricas, entonces se calcula correctamente el porcentaje de Tiempo en Rango (TIR) según los umbrales estándar (ej. 70-180 mg/dL).</li> <li>2. Dado que existen datos de CGM procesados, cuando el sistema calcula métricas, entonces se calcula correctamente el porcentaje de Tiempo Bajo Rango (TBR) y Tiempo Sobre Rango (TAR) según umbrales estándar.</li> <li>3. Dado que existen datos de CGM procesados, cuando el sistema calcula métricas, entonces se calcula el promedio de glucosa y un indicador de variabilidad glucémica (ej. Coeficiente de Variación - CV) para el período.</li> <li>4. Dado que no hay suficientes datos de CGM para un período, cuando se intenta el cálculo, entonces el sistema indica que las métricas no pueden calcularse por falta de datos o calcula sobre los datos disponibles informando la limitación.</li> </ol>		
<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>5</b>

Tabla 13: HU-008

ID	HU-008	Nombre	Dashboard con métricas glucémicas clave
<b>Descripción</b>		Como usuario autenticado, quiero visualizar un dashboard principal con mis métricas glucémicas clave (TIR, TBR, TAR, promedio, variabilidad).	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<p>1. Dado que el usuario ha iniciado sesión y tiene datos de CGM procesados, cuando accede al dashboard, entonces se muestran de forma prominente las métricas TIR, TBR, TAR, promedio de glucosa y variabilidad (CV) para el período por defecto (ej. últimos 90 días).</p> <p>2. Dado que el usuario está en el dashboard, cuando selecciona un período de tiempo diferente (ej. últimos 7 días, 30 días), entonces las métricas mostradas se actualizan para reflejar el nuevo período seleccionado.</p> <p>3. Dado que se muestran las métricas, cuando el sistema las presenta, entonces utiliza indicadores visuales (ej. colores, barras de progreso) para comparar los valores actuales con los objetivos recomendados (ej. TIR &gt;70%).</p> <p>4. Dado que no hay datos suficientes para calcular las métricas para un período seleccionado, cuando el usuario accede al dashboard, entonces se muestra un mensaje indicando la insuficiencia de datos para ese período.</p>	
<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>5</b>

Tabla 14: HU-009

ID	HU-009	Nombre	Gráficos de tendencias de niveles de glucosa
<b>Descripción</b>		Como usuario autenticado, quiero poder ver gráficos interactivos que muestren la tendencia de mis niveles de glucosa a lo largo del tiempo (ej. perfil diario, semanal) para identificar visualmente patrones, picos y valles.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<p>1. Dado que el usuario tiene datos de CGM procesados, cuando accede a la sección de gráficos, entonces se muestra un gráfico de línea con sus lecturas de glucosa a lo largo del tiempo para un período seleccionable.</p> <p>2. Dado que se visualiza un gráfico de tendencias, cuando el usuario interactúa con él (ej. hover, zoom), entonces puede ver valores específicos de glucosa y la fecha/hora correspondiente.</p> <p>3. Dado que se visualiza el gráfico, cuando el sistema lo presenta, entonces se incluyen los rangos objetivo (TIR) como referencia visual en el gráfico.</p>	
<b>Prioridad</b>	<b>Media</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>3</b>



Tabla 15: HU-010

ID	HU-010	Nombre	Configuración de parámetros glucémicos del paciente
<b>Descripción</b>		Como usuario autenticado, quiero poder configurar mis rangos glucémicos objetivo (hipoglucemia, euglucemia, hiperglucemia) y otros parámetros relevantes (ej. factor de sensibilidad a la insulina, ratio carbohidrato/insulina, si aplica para el análisis) para que el asistente de IA pueda generar análisis y sugerencias más personalizadas y contextualizadas a mi perfil.	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que el usuario está en la sección de configuración de su perfil, cuando accede a la configuración de parámetros glucémicos, entonces el sistema muestra los campos para definir/ajustar los umbrales de TIR, TBR y TAR, y opcionalmente campos para factores de sensibilidad y ratios.</li> <li>2. Dado que el usuario modifica alguno de los parámetros glucémicos y guarda los cambios, cuando el sistema procesa la solicitud, entonces los nuevos parámetros se almacenan asociados a su perfil y se utilizarán en futuros análisis de IA.</li> <li>3. Dado que no se han configurado parámetros personalizados, cuando el sistema realiza un análisis, entonces utiliza valores estándar o predeterminados comúnmente aceptados (ej. TIR 70-180 mg/dL).</li> <li>4. Dado que el usuario ingresa valores no válidos para los parámetros (ej. rango de hipoglucemia superior al de euglucemia), cuando intenta guardar, entonces el sistema muestra un mensaje de error indicando la invalidez y no guarda los cambios.</li> </ol>	
<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>3</b>

Tabla 16: HU-011

ID	HU-011	Nombre	Prompt en lenguaje natural con la IA
<b>Descripción</b>		Como usuario autenticado, quiero poder ingresar una pregunta o solicitud en lenguaje natural (prompt) relacionada con mis datos de CGM de un período específico para obtener un análisis, resumen o explicación personalizada y comprensible generada por el asistente de IA (Gemini).	
<b>Criterios de Aceptación</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dado que el usuario tiene datos de CGM procesados (HU-007) y ha seleccionado un período, cuando ingresa una pregunta válida en lenguaje natural en el campo de prompt (ej. "¿Cómo estuvo mi control glucémico esta semana?", "¿Por qué tuve hipoglucemias nocturnas?") y envía la solicitud, entonces el sistema envía los datos relevantes del período, los parámetros del usuario (HU-010) y el prompt a la API de Gemini, y muestra la respuesta generada por la IA en la interfaz.</li> <li>2. Dado que el usuario ingresa un prompt, cuando la API de Gemini devuelve una respuesta, entonces el sistema presenta esta respuesta de</li> </ol>	

	<p>forma clara y legible, preferiblemente con soporte para streaming si la API lo permite (Vercel AI SDK).</p> <p>3. Dado que el usuario ingresa un prompt ambiguo o no relacionado con los datos de CGM, cuando la IA intenta procesarlo, entonces el sistema muestra una respuesta de la IA indicando que no puede procesar la solicitud o pide una clarificación.</p> <p>4. Dado que ocurre un error en la comunicación con la API de Gemini, cuando el usuario envía un prompt, entonces el sistema muestra un mensaje de error apropiado (ej. "No se pudo conectar con el asistente de IA. Intente más tarde.").</p>		
<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>13</b>

Tabla 17: HU-012

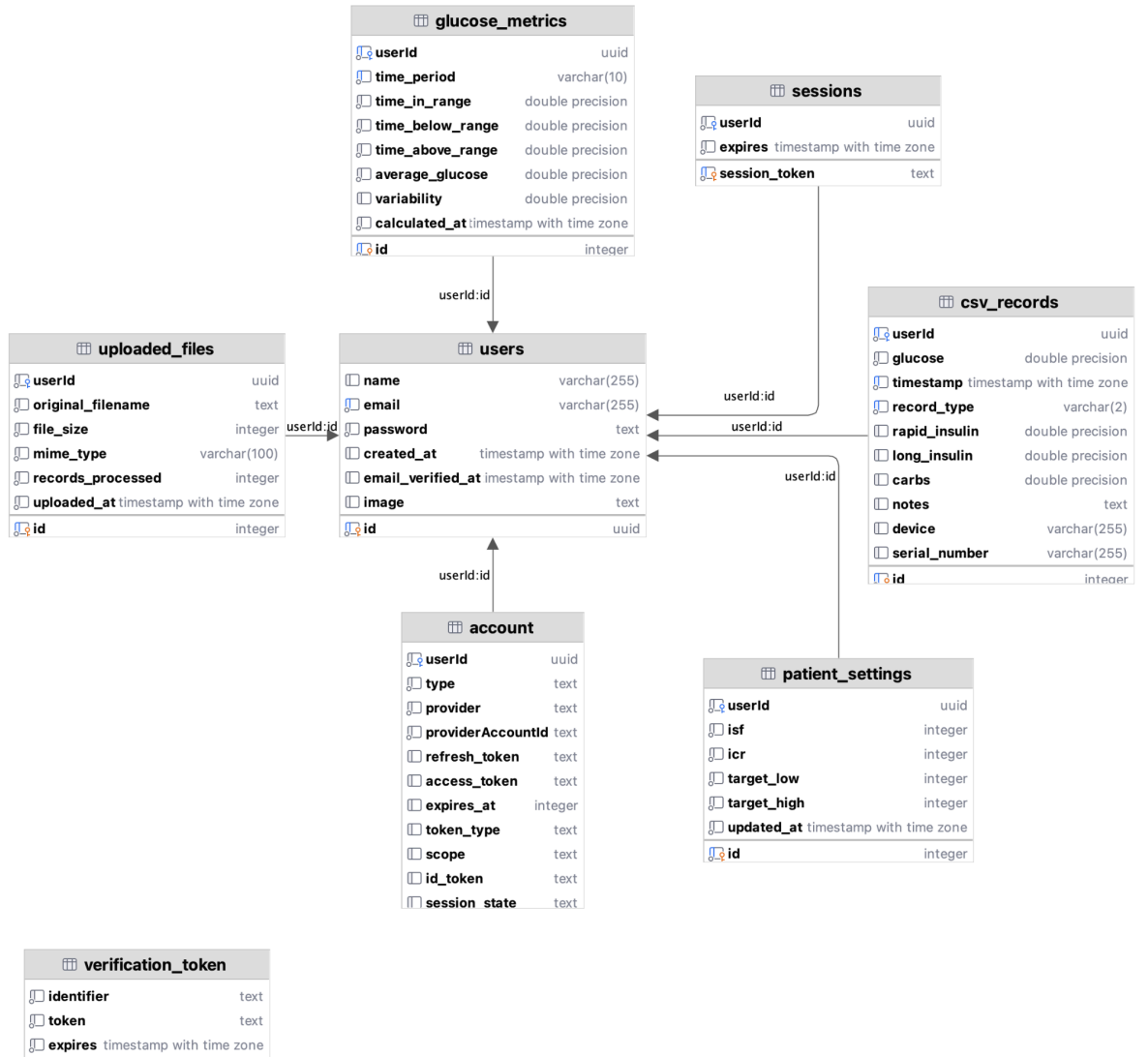
<b>ID</b>	<b>HU-012</b>	<b>Nombre</b>	<b>Entender fluctuaciones glucémicas con ayuda de IA</b>
<b>Descripción</b>	<p>Como usuario autenticado, quiero que el análisis generado por la IA (a partir de mi prompt o de un análisis general) me ayude a entender las posibles causas o factores correlacionados con mis fluctuaciones glucémicas (respondiendo al "¿por qué?") para mejorar mi comprensión y tomar decisiones más informadas en mi autogestión.</p>		
<b>Criterios de Aceptación</b>	<p>1. Dado que la IA (Gemini) ha generado un análisis (HU-011) a partir de los datos de CGM y el prompt del usuario, cuando el usuario revisa el análisis, entonces este incluye explicaciones plausibles sobre las tendencias o eventos glucémicos significativos (ej. hipoglucemias, hiperglucemias, alta variabilidad) identificados en el período.</p> <p>2. Dado que el análisis menciona fluctuaciones, cuando el sistema lo presenta, entonces la explicación de la IA considera (si la información está disponible y es parte del prompt) datos contextuales como horarios típicos de comida o patrones generales de actividad para enriquecer la interpretación del "¿por qué?".</p> <p>3. Dado que el análisis sugiere posibles correlaciones, cuando el sistema lo presenta, entonces se incluye una advertencia clara de que las interpretaciones de la IA son para fines informativos, no constituyen consejo médico y deben ser discutidas con un profesional de la salud.</p> <p>4. Dado que la IA identifica un patrón pero no puede determinar una causa clara con los datos disponibles, cuando genera el análisis, entonces puede indicar la falta de información contextual específica y sugerir al usuario reflexionar sobre posibles factores no registrados.</p>		
<b>Prioridad</b>	<b>Alta</b>	<b>Puntos de historia estimados</b>	<b>8</b>

## Sprint backlog

Tabla 18: Sprint 1


Sprint	Historia de usuario	ID	Tareas	Prioridad	Estimado	Estado
1	HU-001: Registro seguro en el sistema	1	Configurar el entorno de desarrollo (TypeScript, Next.js, Vercel) e inicializar el repositorio del proyecto.	Alta	2 días	Hecho
1	HU-001: Registro seguro en el sistema	2	Diseñar el esquema de la base de datos para usuarios en Vercel Postgres (campos: nombre, email, contraseña hasheada).	Alta	2 días	Hecho
1	HU-001: Registro seguro en el sistema	3	Implementar el módulo de registro en el backend con Auth.js, incluyendo validación de email y requisitos de contraseña.	Alta	2 días	Hecho
1	HU-001: Registro seguro en el sistema	4	Diseñar e implementar la interfaz gráfica de la página de registro en Next.js, con campos para nombre, email y contraseña.	Media	2 días	Hecho
1	HU-001: Registro seguro en el sistema	5	Realizar pruebas unitarias del módulo de registro (validación de email existente, requisitos de contraseña, campos vacíos).	Alta	2 días	Hecho
1	Setup Proyecto	6	Configurar el pipeline de despliegue continuo en Vercel y realizar un despliegue inicial de prueba.	Media	2 días	Hecho
1	Setup Proyecto	7	Documentar la configuración inicial del proyecto y las decisiones técnicas tomadas.	Baja	2 días	Hecho

Estructura de datos



## Prototipos de interfaces de pantallas

- Login:



**GlucoForecast AI**

Ingrese sus credenciales para acceder a su cuenta

Email

matisebastiao@gmail.com

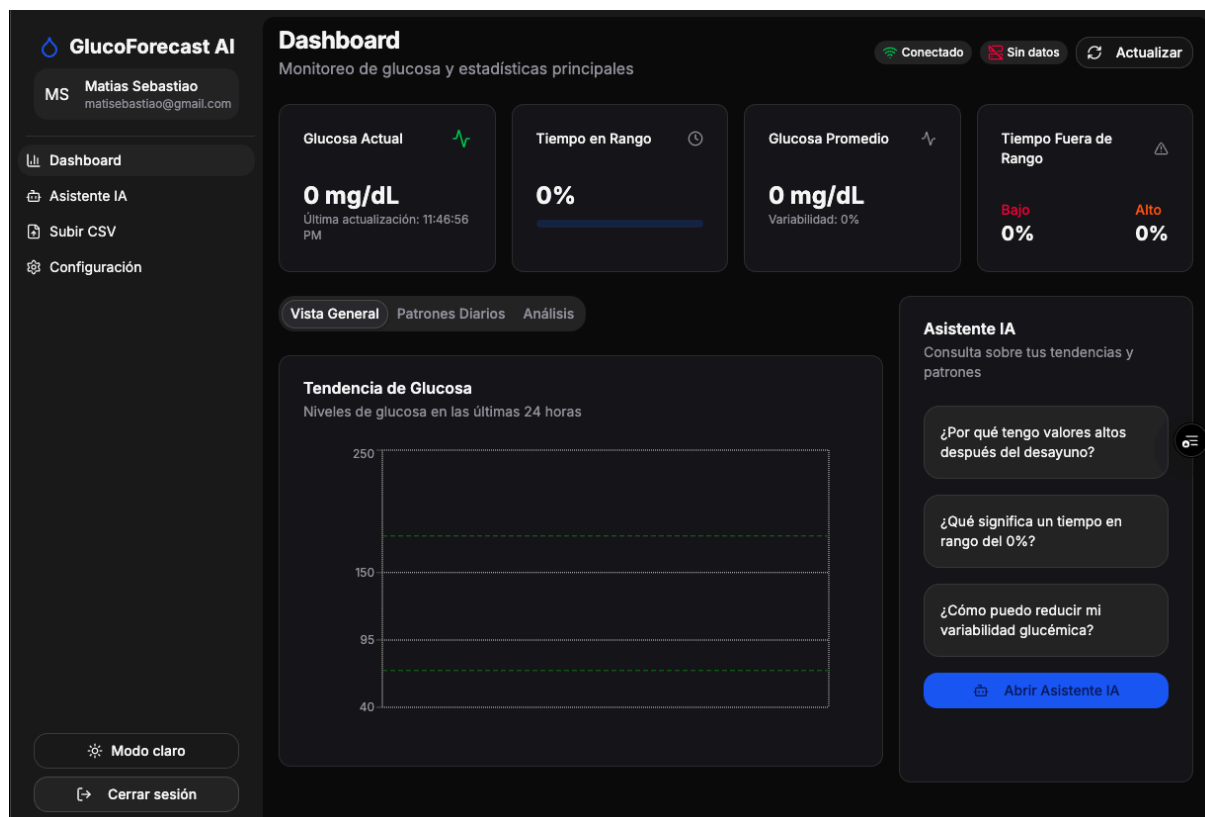
Contraseña

Iniciar sesión

¿No tiene una cuenta? [Registrarse](#)

GlucoForecast AI: Gestión Inteligente de Diabetes Tipo 1

- Dashboard:



- Configuración

## Configuración

Configura tus preferencias y sincroniza tus datos con LibreView

**Preferencias** LibreLink API

### Parámetros personales

Configure sus parámetros personales para cálculos de insulina y rangos objetivo

#### Factor de Sensibilidad a la Insulina (ISF)

mg/dL por unidad

Cuánto bajará su nivel de glucosa en sangre por cada unidad de insulina

---

#### Relación Insulina-Carbohidratos (ICR)

g/unidad

Cuántos gramos de carbohidratos cubre 1 unidad de insulina

---

#### Rango Objetivo de Glucosa

-  mg/dL

El intervalo deseado para sus niveles de glucosa en sangre

---

**Guardar parámetros**

- Carga de CSV

## Subir CSV

Sube un archivo CSV de LibreView para analizar tus datos de glucosa


### Subir archivo CSV de FreeStyle Libre

Suba un archivo CSV exportado desde LibreView para analizar sus datos de glucosa

Archivo CSV

Choose File No file chosen

Formatos aceptados: CSV exportado desde LibreView

 Subir archivo

**Instrucciones:**

1. Exporte sus datos desde LibreView en formato CSV
2. Seleccione el archivo exportado usando el botón de arriba
3. Haga clic en "Subir archivo" para procesar sus datos
4. Una vez procesado, podrá ver el análisis en el dashboard

- Prompt AI:

**Asistente de IA**  
Asistente de IA para ayudarte a entender tus tendencias de glucosa

**Hola, Matias Sebastiao.**

¿Cómo puedo ayudarte hoy?

Hola

¡Hola! ¿Cómo te puedo ayudar hoy con tus niveles de glucosa?

Cómo están mis valores

Para darte una idea de cómo están tus valores, necesito información sobre tus niveles de glucosa. ¿Tienes datos recientes de tu medidor continuo de glucosa (CGM) que puedas compartir?

¿Cómo puedo ayudarte?

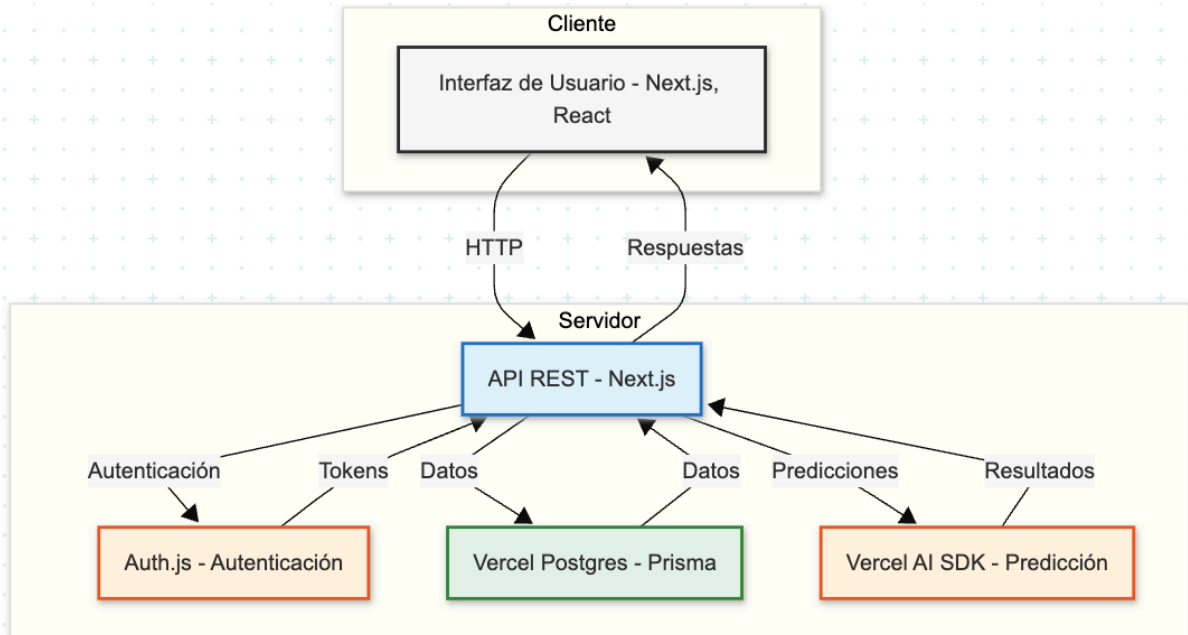
↑



- Gráficos:



*Diagrama de arquitectura*



## Seguridad

En este apartado, se detallaron los aspectos y políticas de seguridad definidos para el proyecto GlucoForecast AI, abarcando tanto el acceso a la aplicación como las estrategias para el resguardo de la información.

### *Acceso a la aplicación*

Se implementó una política de seguridad integral para gestionar el acceso a la aplicación, con el objetivo de proteger la confidencialidad y la integridad de los datos de los pacientes. La implementación de estos mecanismos se realizó utilizando la librería **Auth.js** (NextAuth.js, 2025), integrada en el entorno de desarrollo de Next.js (Next.js, 2025).

Las políticas definidas fueron las siguientes:

- **Validación de usuarios:** El acceso al sistema se concedió a través de un proceso de autorregistro, estableciendo el correo electrónico como el identificador único de cada usuario en la base de datos para prevenir la duplicidad de cuentas.
- **Política de contraseñas:** Se definieron requisitos de robustez para las credenciales de los usuarios, incluyendo una longitud mínima de 8 caracteres y la combinación de al menos una letra mayúscula, una minúscula y un número. Las contraseñas fueron almacenadas en la base de datos Vercel Postgres utilizando el algoritmo de hash **bcrypt** (Bcrypt, 2025), lo que asegura que nunca se guarden en texto plano y que no puedan ser leídas por los administradores del sistema.
- **Perfiles de usuario:** El diseño de la seguridad contempló la creación de perfiles vinculados a las funciones de cada rol:
  - **Paciente/Cuidador:** Este perfil posee control total sobre su propia cuenta, con permisos para cargar y gestionar sus datos de Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM), visualizar el dashboard con sus métricas, configurar parámetros personales e interactuar con el asistente de Inteligencia Artificial.
  - **Profesional de la Salud:** Este perfil fue concebido para que los médicos y educadores en diabetes pudieran acceder en modo de solo lectura a los datos y reportes de aquellos pacientes que les otorgaran un permiso explícito, facilitando el proceso de revisión médica.

### *Política de respaldo de información*

La política de respaldo de información del proyecto se diseñó para un entorno de producción, asegurando la máxima integridad, disponibilidad y confidencialidad de los datos. La estrategia se basa en las capacidades avanzadas del plan Pro de Vercel y se complementa con un protocolo de respaldo externo para la recuperación ante desastres (Vercel, 2025c).

La política se estructuró en los siguientes componentes:

- **Base de Datos (Vercel Postgres):** La información crítica del sistema, alojada en Vercel Postgres, fue protegida con los siguientes mecanismos
  - **Proceso y frecuencia:** Se utilizó el servicio de copias de seguridad automáticas y gestionadas. La funcionalidad de **Recuperación en un Punto en el Tiempo (PITR)** se configuró con un período de **retención extendido a 14 días**, permitiendo una restauración granular de la base de datos a cualquier segundo dentro de esa ventana (Vercel, 2025a).
  - **Almacenamiento y Alta Disponibilidad:** Para mitigar el riesgo de fallas regionales, la base de datos se configuró para operar en **múltiples regiones geográficas**. Esta arquitectura distribuida garantiza una alta disponibilidad y una conmutación por error automática en caso de que una región principal deje de estar operativa (Vercel, 2025d).
  - **Factor Humano:** La intervención humana se limitó a la supervisión y a la ejecución de procesos de restauración a través del panel de control de Vercel en caso de ser necesario.
- **Archivos de Usuario (Vercel Blob):** Los archivos CSV subidos por los usuarios fueron almacenados utilizando Vercel Blob. Este servicio ofrece una **alta durabilidad por diseño**, replicando cada archivo de forma automática y transparente en múltiples ubicaciones geográficas para protegerlo contra pérdidas de datos (Vercel, 2025b).
- **Código Fuente:** El código fuente de la aplicación GlucoForecast AI se gestionó en un repositorio privado de Git. Cada cambio en el código fue confirmado y enviado al repositorio, que funciona como el principal sistema de respaldo del software. El historial de versiones de Git permite restaurar el código a cualquier punto anterior, asegurando la recuperabilidad completa del proyecto ante cualquier eventualidad.
- **Respaldo Externo (Offline):** Para añadir una capa adicional de seguridad, se implementó una política de respaldo externo que sigue la **regla 3-2-1**, una práctica

estándar en la industria para la recuperación ante desastres. Esta regla establece que se deben mantener **tres copias** de los datos (la de producción en Vercel, la del respaldo automático de Vercel y esta copia externa), en **dos tipos de medios diferentes** (la nube de Vercel y el disco físico externo) y con **una de las copias ubicada fuera del sitio** (off-site). El protocolo se definió de la siguiente manera:

- **Proceso y Frecuencia:** De forma **semanal**, se realizó un respaldo completo de los activos digitales críticos del proyecto.
- **Mecanismo:** El proceso consistió en generar un volcado completo (**dump**) de la base de datos de Vercel Postgres y clonar la última versión estable del repositorio de Git.
- **Almacenamiento y Cifrado:** Estos respaldos se almacenaron en unidades de disco duro externas. Para proteger la confidencialidad de la información, cada unidad fue cifrada utilizando la solución de código abierto **VeraCrypt**. Se aplicó el estándar de cifrado **AES-256**, que ofrece un alto nivel de seguridad contra ataques de fuerza bruta. Las unidades cifradas se guardaron en una ubicación física segura y geográficamente separada de las oficinas principales.

## Análisis de Costos

En este apartado se realizó un análisis detallado de los costos asociados al desarrollo e implementación del proyecto **GlucForecast AI**. La estimación se dividió en **Costos de desarrollo**, que reflejan el esfuerzo humano, **Costos de equipamiento**, que son un gasto inicial, y **Costos operativos**, que representan los gastos recurrentes para mantener la aplicación en un entorno de producción.

Todos los valores se expresan en Pesos Argentinos (ARS). Para los servicios cotizados en dólares, se utilizó como referencia una tasa de cambio de **1 USD = \$1195 ARS** (Dólar MEP), correspondiente a valores de mercado de junio de 2025.

### *Costos de Desarrollo*

Estos costos representan la inversión en recursos humanos que se hizo para completar el proyecto. Los honorarios se basan en valores de mercado para roles de TI en Argentina con base en valores de referencia de la Cámara de la Industria Argentina del Software (CESSI, 2025).

Para la estimación, se consideró un equipo de dos personas:

- **1 Desarrollador Full-Stack** a jornada completa
- **1 Analista Funcional / Tester** a media jornada,

Ambos durante la duración total de la planificación del proyecto (94 días, equivalentes a 4.5 meses). Siguiendo la metodología Scrum, se asumió que el rol de Scrum Master fue absorbido por los miembros del equipo, por lo que no representó un costo adicional. Se destaca que no se incurrió en costos de licencias de software para el desarrollo, ya que el proyecto se realizó íntegramente con herramientas de código abierto y gratuitas como Visual Studio Code, Git, Node.js y GanttProject, optimizando la inversión.

Tabla 19: Costos de Desarrollo (Recursos Humanos)

Rol	Honorarios Mensuales (ARS)	Meses	Subtotal (ARS)
Desarrollador Full-Stack / IA	\$1.500.000	4,5	\$6.750.000
Analista Funcional / Tester (Media Jornada)	\$550.000	4,5	\$2.475.000
<b>Total Desarrollo</b>			<b>\$9.225.000</b>

#### *Costos de Equipamiento*

Corresponde a la inversión única en la infraestructura de hardware necesaria para el equipo de desarrollo y para la correcta implementación de la política de respaldo de información definida. Se incluyen dos notebooks de desarrollo para el equipo y dos unidades de almacenamiento externo para asegurar la ejecución del protocolo de respaldo offline. El precio del equipamiento es un promedio de los 3 primeros precios que se encuentran en Mercado Libre a la fecha (8 de junio de 2025).

Tabla 20: Costo de Equipamiento

Recurso	Cantidad	Costo Total (ARS)
Notebooks Apple MacBook Pro M2	2	\$5.000.000
Disco Rigido Externo Western Digital Wd Elements 2tb 3.0	2	\$300.000
<b>Total Equipamiento</b>		<b>\$5.300.000</b>

### Costos Operativos

Estos son los costos mensuales recurrentes necesarios para que la aplicación funcione en la nube y mantenga sus capacidades de inteligencia artificial. Se detallan los servicios de la plataforma Vercel bajo el plan "Pro" para el despliegue y la base de datos, y una estimación del costo de uso de la API de Google para las funcionalidades de análisis generativo.

Tabla 21: Costos Operativos Mensuales

Recurso	Costo Mensual (USD)	Costo Mensual (ARS)	Fuente
Vercel Pro Plan	\$20	\$23900	Vercel (2025c)
Google Gemini API (Estimado)	\$15	\$17925	Google (2025)
<b>Total Operativo Mensual</b>	<b>\$35</b>	<b>\$41.825</b>	

### Resumen de Costos

La siguiente tabla consolida la inversión total, diferenciando la inversión inicial (desarrollo y equipamiento) de los costos operativos recurrentes para ofrecer una visión financiera completa del proyecto.

Tabla 22: Resumen General de Costos

Tipo de Costo	Inversión Inicial (ARS)	Costo Recurrente Mensual (ARS)
Desarrollo y Equipamiento	\$14.525.000	
Operativos		\$41.825
<b>Total</b>	<b>\$14.525.000</b>	<b>\$41.825</b>

## Análisis de Riesgos

Para el proyecto GlucoForecast AI, se realizó un análisis para anticipar las posibles dificultades, tanto desde una perspectiva técnica como de gestión, y así poder establecer estrategias de mitigación.

Tabla 23: Matriz de Identificación de Riesgos

ID	Tipo	Riesgo	Probabilidad	Impacto
1	Técnico	Precisión y fiabilidad de la IA (Alucinaciones): El modelo de IA podría generar interpretaciones de datos glucémicos que, aunque verosímiles, sean incorrectas o engañosas, afectando la confianza del usuario y la utilidad de la herramienta.	Media	Muy Alto
2	Técnico	Calidad de datos de entrada del usuario: El sistema depende de la calidad de los archivos CSV y los datos contextuales que el usuario provee. Datos incompletos, inconsistentes o mal formateados podrían llevar a análisis erróneos por parte de la IA.	Alta	Alto
3	Proyecto	Gemini Lock-in: El proyecto depende críticamente de la disponibilidad y políticas de la API de Google Gemini. Cambios en sus términos, costos o una interrupción del servicio podrían detener funcionalidades clave.	Media	Alto
4	Técnico	Vulneración de la seguridad de datos de salud: Al manejar información de salud altamente sensible, una brecha de seguridad podría exponer los datos de los pacientes, con graves consecuencias legales y de reputación.	Baja	Muy Alto
5	Proyecto	Estimación de tiempos en tareas de IA: La complejidad en el desarrollo y ajuste fino de los prompts para la IA, así como la integración de sus respuestas, puede ser subestimada, generando retrasos en el cronograma del proyecto.	Media	Medio
6	Técnico	Falla de la API no oficial de LibreLinkUp: Dado que la conexión con LibreLinkUp se basa en una API no oficial, esta podría dejar de funcionar sin previo aviso por cambios del proveedor (Abbott), afectando uno de los métodos de adquisición de datos.	Alta	Medio

### *Análisis Cuantitativo de los Riesgos*

Una vez identificados los riesgos, se procedió a realizar un análisis cuantitativo para ponderar su probabilidad de ocurrencia y el impacto que tendrían en el proyecto. Para ello, se utilizó la siguiente matriz que asigna valores numéricos a cada nivel de probabilidad e impacto, permitiendo calcular un grado de exposición para cada riesgo.

Tabla 24: Matriz de Probabilidad e Impacto

	Gravedad (Impacto)				
Probabilidad	Muy bajo (1)	Bajo (2)	Medio (3)	Alto (4)	Muy alto (5)
Muy alta (0,9)	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5
Alta (0,7)	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5
Media (0,5)	0,5	1	1,5	2	2,5
Baja (0,3)	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5
Muy baja (0,1)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Con esta matriz como referencia, se asignaron valores a cada uno de los riesgos identificados para el proyecto.

Tabla 25: Ponderación Cuantitativa de Riesgos

Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Efecto o impacto
Precisión y fiabilidad de la IA (Alucinaciones)	50%	5
Calidad de datos de entrada del usuario	70%	4
Gemini Lock-in	50%	4
Vulneración de la seguridad de datos de salud	30%	5
Estimación de tiempos en tareas de IA	50%	3
Falla de la API no oficial de LibreLinkUp	70%	3

### *Análisis de Exposición al Riesgo*

Para priorizar los esfuerzos de mitigación, se calculó la exposición de cada riesgo (Probabilidad x Impacto) y se aplicó el principio de Pareto. Este principio permite centrar la atención en las categorías importantes. En este contexto, nos ayuda a identificar los riesgos que concentran la mayor exposición para el proyecto.

La siguiente tabla ordena los riesgos de mayor a menor grado de exposición y calcula su porcentaje acumulado.

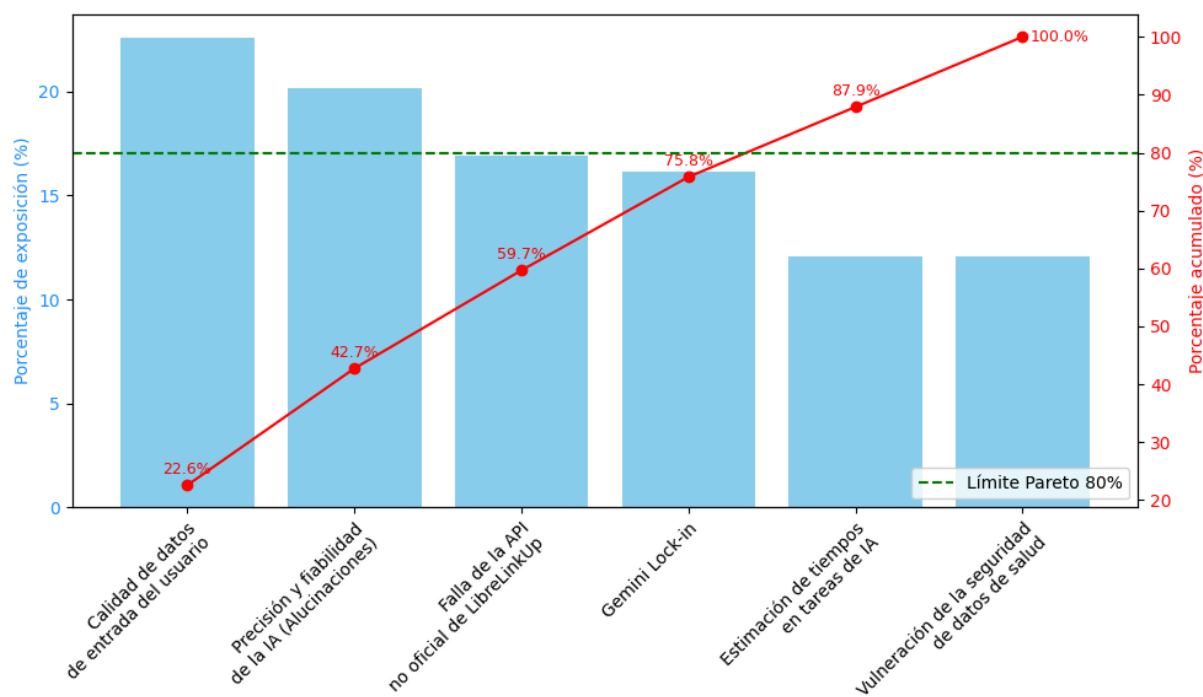


Tabla 26: Análisis Cuantitativo y Grado de Exposición

Riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Efecto o impacto	Grado de exposición	Porcentaje	% Acumulado
Calidad de datos de entrada del usuario	70%	4	2,8	22,58%	22,58%
Precisión y fiabilidad de la IA (Alucinaciones)	50%	5	2,5	20,16%	42,74%
Falla de la API no oficial de LibreLinkUp	70%	3	2,1	16,94%	59,68%
Gemini Lock-in	50%	4	2	16,13%	75,81%
Estimación de tiempos en tareas de IA	50%	3	1,5	12,10%	87,90%
Vulneración de la seguridad de datos de salud	30%	5	1,5	12,10%	100,00%

El gráfico de Pareto a continuación visualiza esta priorización, mostrando cómo los primeros cuatro riesgos (Calidad de datos, Fiabilidad de la IA, Falla de la API y Dependencia de APIs) representan más del 80% de la exposición total del proyecto.

Figura 10: Principio de Pareto de la exposición al riesgo



### Plan de Contingencia

Tras identificar y priorizar los riesgos mediante el análisis cuantitativo, se desarrolló un plan de contingencia enfocado en los cuatro riesgos principales, que representan más del 80% de la exposición total del proyecto. El objetivo de este plan es definir acciones proactivas para mitigar la probabilidad y/o el impacto de estos eventos adversos.

Tabla 27: Plan de Contingencia para Riesgos de Mayor Exposición

Riesgo	Plan de Contingencia
Calidad de datos de entrada del usuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar validaciones estrictas en el backend durante la carga de archivos CSV para verificar la estructura, el formato de las columnas y los rangos de datos.</li> <li>• Proveer al usuario mensajes de error claros y específicos que indiquen la naturaleza y ubicación de cualquier inconsistencia en el archivo.</li> <li>• Incluir en la interfaz una guía visual y la opción de descargar un archivo CSV de plantilla como ejemplo para el usuario.</li> </ul>
Precisión y fiabilidad de la IA (Alucinaciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar técnicas de prompt engineering avanzado, estructurando las consultas a la IA con instrucciones precisas para que se limite a interpretar los datos numéricos provistos y evite hacer inferencias médicas.</li> <li>• Configurar la API del modelo de IA con una "temperatura" baja (ej. 0.2) para reducir la aleatoriedad y la "creatividad" de las respuestas, favoreciendo la precisión.</li> <li>• Añadir un descargo de responsabilidad (disclaimer) visible y permanente junto a todas las respuestas generadas por la IA, indicando que no constituyen consejo médico.</li> </ul>
Falla de la API no oficial de LibreLinkUp	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener la carga por CSV como el método de entrada de datos primario y más robusto.</li> <li>• Establecer una alerta visual al usuario en la aplicación, notificando cuando la API esté degradada o no disponible.</li> <li>• Mantener actualizada una documentación técnica interna para facilitar la adaptación rápida ante modificaciones.</li> </ul>
Gemini Lock-in	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un "conector" o capa de abstracción en el código que aisle las llamadas a la API de Google Gemini. Si esta cambia, solo se modifica este componente, no la lógica de negocio principal.</li> <li>• Diseñar el sistema para que maneje el caso si la API de Gemini falla, la aplicación seguirá funcionando y mostrará las métricas, notificando al usuario que el análisis por IA no está disponible.</li> </ul>

## Conclusiones

A lo largo de este Trabajo Final de Graduación se llevó a cabo el desarrollo de GlucoForecast AI, un asistente para la gestión inteligente de la Diabetes Mellitus tipo 1. El proyecto nació de la necesidad de abordar una problemática central para los pacientes: la dificultad para interpretar el gran volumen de datos generados por los sistemas de Monitoreo Continuo de Glucosa (CGM) y traducirlos en acciones concretas para su autogestión. La intención fue explorar cómo las tecnologías emergentes, específicamente la Inteligencia Artificial Generativa, podían transformar datos glucémicos complejos en información clara, accesible y útil. Los objetivos planteados al inicio del proyecto fueron alcanzados con éxito. Se logró desarrollar un prototipo funcional que integra exitosamente los datos de CGM, tanto mediante la carga de archivos CSV como a través de una conexión experimental con la API de LibreLinkUp. El núcleo del sistema, un motor de asistencia basado en el modelo de lenguaje Google Gemini, fue implementado para generar reportes, resúmenes y explicaciones en lenguaje natural. Finalmente, se construyó una interfaz de usuario web que permite a los pacientes no solo gestionar sus datos, sino también interactuar directamente con la IA y visualizar de manera intuitiva tanto las métricas clave como los análisis generados, cumpliendo así con el objetivo general de crear una herramienta de apoyo para la autogestión de la DM1.

Desde una perspectiva profesional, este trabajo representó la integración y aplicación de gran parte de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Se pusieron en práctica metodologías ágiles como Scrum para la gestión del proyecto, y se consolidaron habilidades técnicas en el desarrollo full-stack con tecnologías modernas como Next.js y TypeScript. El diseño de la arquitectura en la nube sobre la plataforma Vercel, y la implementación de políticas de seguridad robustas constituyeron un desafío de ingeniería de software de principio a fin, resultando en un producto escalable y seguro.

En el plano personal, el mayor reto y, a su vez, la mayor fuente de aprendizaje, fue la implementación responsable de una inteligencia artificial en un dominio tan sensible como la salud. El proceso de diseñar y refinar los prompts para asegurar que las respuestas del modelo fueran no solo precisas sino también seguras y fáciles de entender, requirió un profundo trabajo de investigación y experimentación. La satisfacción de haber cumplido con los objetivos propuestos y de haber creado una herramienta con el potencial de mejorar la calidad de vida de las personas, ha sido una experiencia sumamente enriquecedora que solidifica mi crecimiento como futuro profesional de la informática.

## Demo

A continuación, se proporcionan las instrucciones y recursos necesarios para probar la aplicación tanto en su versión online como en un entorno local.

### *Demo Online: Acceso y Prueba Rápida*

La forma más sencilla y rápida de evaluar las funcionalidades principales del proyecto es a través de la demostración pública online: <https://gluco-forecast-ai.vercel.app/>

- **Cuenta de Demostración:** Se configuró una cuenta de prueba con datos de muestra ya cargados para una experiencia inmediata.
  - **Email:** [demo@soysiglo.21.edu.ar](mailto:demo@soysiglo.21.edu.ar)
  - **Contraseña:** **SoySiglo21**

Al iniciar sesión, podrán explorar el dashboard, ver las métricas de glucosa e interactuar directamente con el asistente de IA para evaluar su capacidad de análisis.

### *Código Fuente y Guía de Instalación Local*


Para una revisión técnica más profunda, el código fuente completo del proyecto está disponible en el siguiente repositorio de GitHub:

- **Repositorio:** <https://github.com/matsebas/glucoforecast-ai>

Dentro del repositorio, el archivo **README.md** contiene la guía detallada y el paso a paso para configurar el entorno y ejecutar el proyecto localmente. Este documento explica los prerequisites de software (Node.js, npm, Docker) y todos los comandos necesarios.

### *Video explicativo*

En el siguiente link de Google Drive, se puede ver un video explicativo de cómo levantar el proyecto, y también una breve demo del mismo:

- **Video:**  [Demo GlucoForecast AI](#)

## Referencias

- Healey, E., Tan, A. L. M., Flint, K. L., Ruiz, J. L., & Kohane, I. (2025). A case study on using a large language model to analyze continuous glucose monitoring data. *Scientific reports*, 15(1), 1143. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84003-0>
- Randine P, Kopperstad Wolff M, Pocs M, Connell IRO, Cafazzo JA, Årsand E. Unlocking Real-Time Data Access in Diabetes Management: Toward an Interoperability Model. *Journal of Diabetes Science and Technology*. 2025;0(0). doi:[10.1177/19322968251327602](https://doi.org/10.1177/19322968251327602)
- Chaki, J., Thillai Ganesh, S., Cidham, S. K., & Ananda Theertan, S. (2022). Machine learning and artificial intelligence based Diabetes Mellitus detection and self-management: A systematic review. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(6, Parte B), 3204–3225. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.06.013>
- William H. Polonsky, Danielle Hessler, Katrina J. Ruedy, Roy W. Beck; for the DIAMOND Study Group, The Impact of Continuous Glucose Monitoring on Markers of Quality of Life in Adults With Type 1 Diabetes: Further Findings From the DIAMOND Randomized Clinical Trial. *Diabetes Care* 1 June 2017; 40 (6): 736–741. <https://doi.org/10.2337/dc17-0133>
- American Diabetes Association Professional Practice Committee; Introduction and Methodology: Standards of Care in Diabetes—2024. *Diabetes Care* 1 January 2024; 47 (Supplement\_1): S1–S4. <https://doi.org/10.2337/dc24-SINT>
- Association of Diabetes Care & Education Specialists. (s.f.). *Interpreting CGM patient data*. Danatech. Recuperado el 25 de abril de 2025, de [https://www.adces.org/education/danatech/glucose-monitoring/continuous-glucose-monitors-\(cgm\)/cgms-in-professional-practice/interpreting-cgm-patient-data](https://www.adces.org/education/danatech/glucose-monitoring/continuous-glucose-monitors-(cgm)/cgms-in-professional-practice/interpreting-cgm-patient-data)
- Battelino, T., Danne, T., Bergenstal, R. M., Amiel, S. A., Beck, R., Biester, T., Bosi, E., Buckingham, B., Cefalu, W. T., Close, K. L., Cobelli, C., DeVries, J. H., Garg, S., Heinemann, L., Hirsch, I., Hovorka, R., Kowalski, A., Laffel, L., Maahs, D. M., Murphy, H. R., Nørgaard, K., Parkin, C. G., Renard, E., Saboo, B., Scharf, M., Tamborlane, W. V., Weinzimer, S. A., & Phillip, M. (2019). Clinical targets for continuous glucose monitoring data interpretation: Recommendations from the international consensus on time in range. *Diabetes Care*, 42(8), 1593–1603. <https://doi.org/10.2337/dci19-0028>
- Danne, T., Nimri, R., Battelino, T., Bergenstal, R. M., Close, K. L., DeVries, J. H., Garg, S., Heinemann, L., Hirsch, I., Amiel, S. A., Beck, R., Bosi, E., Buckingham, B., Cobelli, C.,

Dassau, E., Doyle, F. J., Heller, S., Hovorka, R., Jia, W., Jones, T., Kordonouri, O., Kovatchev, B., Kowalski, A., Laffel, L., Maahs, D., Murphy, H. R., Nørgaard, K., Parkin, C. G., Renard, E., Saboo, B., Scharf, M., Tamborlane, W. V., Weinzimer, S. A., & Phillip, M. (2017). International consensus on use of continuous glucose monitoring. *Diabetes Care*, 40(12), 1631–1640. <https://doi.org/10.2337/dc17-1600>

Abbott. (2025). *FreeStyle Libre Systems*. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://www.freestyle.abbott/us-en/home.html>

DRFR0ST. (2025). *libre-link-unofficial-api* [Repositorio de GitHub]. GitHub. <https://github.com/DRFR0ST/libre-link-unofficial-api>

Lee, P., Bubeck, S., & Petro, J. (2023). Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine. *New England Journal of Medicine*, 388(13), 1233-1239. <https://doi.org/10.1056/NEJMsr2214184>

Next.js. (2025). *by Vercel - The React Framework*. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://nextjs.org/>

Vercel Functions (2025). *Serverless Functions Documentation*. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://vercel.com/docs/functions>

Vercel. (2025). Vercel Documentation. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://vercel.com/docs/>

Vercel. (2025a). *Postgres Documentation*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://vercel.com/docs/storage/vercel-postgres>

Vercel. (2025b). *Blob Documentation*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://vercel.com/docs/storage/vercel-blob>

Vercel. (2025c). *Pricing*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://vercel.com/pricing>

Vercel. (2025d). *Functions Runtimes*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://vercel.com/docs/functions/runtimes>

Vercel AI SDK Core (2025). Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://sdk.vercel.ai/docs/ai-sdk-core/overview#ai-sdk-core>

Google. (2025). Google Gemini API Documentation. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://cloud.google.com/ai-platform/docs>

Microsoft. (2025). TypeScript Documentation. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://www.typescriptlang.org/docs/>

NextAuth.js. (2025). NextAuth.js Documentation. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://next-auth.js.org/>

Prisma. (2025). Prisma Documentation. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://www.prisma.io/docs/>

The PostgreSQL Global Development Group. (2025). PostgreSQL Documentation. Recuperado el 25 de abril de 2025, de <https://www.postgresql.org/docs/>

Camunda. (2025). *bpmn-js: BPMN 2.0 rendering toolkit and web modeler*. bpmn.io. <https://bpmn.io/toolkit/bpmn-js/>

Bcrypt (2025). En Wikipedia, The Free Encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Bcrypt>

Cámara de la Industria Argentina del Software (CESSI). (2025). *Reporte de Salarios y Mercado Laboral de TI*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://www.cessi.org.ar/reportes>

Google. (2025). *Vertex AI Pricing*. Recuperado el 8 de junio de 2025, de <https://cloud.google.com/vertex-ai/pricing>