

Techani: Intelligent System for Monitoring, Tracking and Controlling records of patients with Type 1 Diabetes

Rocío Contreras-Jiménez, Juan C. Olivares-Rojas, Israel F. Ruíz-Tablada, Adriana C. Téllez-Anguiano, Enrique Reyes-Archundia, José A. Gutiérrez-Gnecchi, José A. Gallardo-Magaña

Published: 30 November 2024

Abstract

Diabetes Mellitus type 1 is an autoimmune disease, where the beta cells of the pancreas that produce insulin are destroyed, making it necessary for the patient to receive insulin externally. Additionally, you should lead a healthy lifestyle: balanced diet, exercise and adequate hydration, to keep your glucose levels within the range recommended by your doctor. Currently, there have been many technological advances for the monitoring and control of Type 1 Diabetes that allow greater accuracy and less hypoglycemia. Here we present a website and a mobile application that allow you to record the number of carbohydrates in food, pre-prandial and post-prandial glucose, insulin applied, mood, menstrual period, hydration, exercise performed, among others, and generate reports, graphs and alerts to establish patterns that prevent hypoglycemia and keep the patient in range for a longer time.

Keywords:

Type 1 Diabetes, health technology, treatment adherence, monitoring and control of Type 1 Diabetes records, M-health.

1 Introducción

Actualmente la Diabetes es motivo de preocupación e investigación a nivel mundial, principalmente debido a la magnitud del problema, ya que las cifras actuales indican un evento epidemiológico. En América, el número de casos de Diabetes se triplicó en los últimos treinta años [1]. En 2017 había 9 millones de pacientes con Diabetes Tipo 1, principalmente en países de altos ingresos, especialmente en Europa y América del Norte. Sin embargo, en los últimos años, esta cifra ha incrementado de manera alarmante. Para 2021, la prevalencia de la enfermedad en Latinoamérica y el Caribe se estimaba en 868,821 casos, y en México, específicamente en 89,408 casos diagnosticados [2]. Además, las cifras continúan subiendo en países de ingresos medios y bajos. Debido a esto, se estableció el Pacto Mundial contra la Diabetes, con el objetivo de disminuir en un tercio la mortalidad prematura causada por la

Diabetes y otras enfermedades no transmisibles para el año 2030 [3].

La Diabetes Tipo 1, es una enfermedad autoinmune que, debido a la autodestrucción de las células beta del páncreas, ocasiona una nula o deficiente producción de insulina, por lo que esta hormona debe ser administrada al paciente diariamente y, por lo general, varias veces al día. No se sabe a ciencia cierta la causa de este tipo de Diabetes, por lo que no se puede prevenir [3]. El tratamiento de la Diabetes Tipo 1 consiste en insulina, un adecuado régimen alimenticio, ejercicio e hidratación. La insulina es aplicada con la finalidad de que el paciente pueda mantener glicemias ideales de entre 70 y 180 mg/dl. El reto es que el paciente tenga una glucosa postprandial por debajo de 180 y no tenga riesgo de hipoglucemias la mayor parte del tiempo, para evitar complicaciones a largo plazo, lo que se considera tiempo en rango.

Este problema se ha abordado hasta el momento, mediante el uso de terapia de múltiples inyecciones de insulina, bombas de insulina, monitores continuos de glucosa, plumas inteligentes, calculadoras de bolo de insulina [4] y algoritmos de cálculo de bolo basados en inteligencia artificial. Una de las áreas de oportunidad en las investigaciones actuales es que muchas de ellas se centran en monitores continuos de glucosa, o bombas de insulina, los cuales no están al alcance de todos los pacientes. La mayoría de las aplicaciones sólo trabajan con una estimación de carbohidratos de los alimentos a consumir, la glucosa preprandial y la insulina activa. Sin embargo, el control de la glucosa es un problema complejo, ya que cada paciente ve afectado su nivel de glucosa por varios factores adicionales. Por lo tanto, se necesita una herramienta que considere muchos más factores para llevar un seguimiento y control adecuado. Si bien es cierto que la ingesta de carbohidratos y la insulina son aspectos clave que influyen en los niveles de glucosa, también se ven afectados por el ejercicio, la hidratación, el estado de ánimo, aspectos hormonales, el sueño, entre otros.

2 Justificación

Los niveles elevados de azúcar en sangre, conocidos como hiperglucemia, pueden provocar a largo plazo efectos como insuficiencia renal, pérdida de miembros inferiores, así como daños en el corazón, los nervios, los vasos sanguíneos y los ojos, lo que puede ocasionar ceguera, discapacidad y muerte prematura.

2.1 Importancia

La investigación planteada en este proyecto contribuirá a identificar los factores que influyen en el control glucémico, así como la magnitud de su impacto en la glucosa postprandial, con el objetivo de desarrollar un modelo automatizado que permita calcular y

Contreras-Jiménez R., Olivares-Rojas J. C., Téllez-Anguiano A. C., Reyes-Archundia E., Gutiérrez-Gnecchi J. A., Gallardo-Magaña J. A. Tecnológico Nacional de México / I.T. de Morelia, Morelia, México, Email: {rocio.cj, juan.or, adriana.ta, enrique.ra, jose.gg3, 120120104}@morelia.tecnm.mx

Ruiz-Tablada I. F., Universidad Iberoamericana de Puebla, San Andrés Cholula, México drisraelfernandoruiz@gmail.com

ajustar de forma automática el bolo de insulina necesario, permitiendo además que el cálculo de carbohidratos se realice de una manera automática y se apegue más a nuestra idiosincrasia al basarlo en el Sistema Mexicano de Alimentos y Equivalentes, adicionalmente considerando otros factores que afectan la glucosa que no se consideran en las aplicaciones móviles actuales. Esto facilitará un mejor control glucémico en pacientes con Diabetes Tipo 1 y ayudará a prevenir, en la medida de lo posible, la aparición de complicaciones y efectos secundarios, como la ceguera por retinopatía diabética, insuficiencia renal y problemas circulatorios entre otros, derivados del descontrol glucémico. El uso de la tecnología y la inteligencia artificial será clave para lograr este objetivo.

Otro impacto de esta propuesta es que permitirá a los pacientes con Diabetes tipo 1 tomar decisiones más precisas para mejorar el control de su glucosa, al considerar más factores de seguimiento. Un mejor control glucémico incrementará su calidad de vida y reducirá el riesgo de complicaciones asociadas. Esto no solo implicará menores costos en salud para los pacientes y sus familias, sino también para el gobierno, ya que las complicaciones de la Diabetes representan una carga significativa. Según el INEGI, la Diabetes es la segunda causa de muerte en México en el período enero junio 2023 [5]. De acuerdo con la Federación Mexicana de Diabetes, los costos anuales de un paciente controlado ascienden aproximadamente a \$88,024 pesos mexicanos, mientras que los costos anuales de un paciente no controlado podrían llegar hasta \$1,163,028 pesos. Este gasto no solo afecta la economía de los pacientes y sus familias, sino también la del servicio público de salud [6].

3 Antecedentes

3.1 Historia

La Diabetes Tipo 1 no es una enfermedad de aparición reciente, ya que desde el siglo XV a. C., en el papiro descubierto por el egiptólogo alemán George Ebers en 1863, se describen síntomas muy similares a los presentados por pacientes con Diabetes Tipo 1. A pesar de que se ha tenido conocimiento de esta enfermedad desde la antigüedad, no fue hasta 1679 cuando Thomas Willis estableció una diferenciación entre la Diabetes Tipo 1 y tipo 2, y hasta el siglo XIX que se descubrió la existencia de la insulina, o isletina. Sin embargo, fue el 11 de enero de 1922 cuando Frederick G. Banting y su asistente Charles H. Best realizaron el primer ensayo en humanos [7]. Desde entonces, sin duda, ha habido grandes avances para mejorar la calidad de vida de los pacientes con Diabetes tipo 1, aunque el tratamiento se ha centrado principalmente en la educación y el estilo de vida de los pacientes. Según el Dr. Joslin: “La educación no es parte del tratamiento de la Diabetes, es el tratamiento mismo” [8], lo que subraya la importancia de que los pacientes reciban un tratamiento integral dirigido por un equipo multidisciplinario de profesionales de la salud, quienes desde el inicio deben educar tanto al paciente como a sus cuidadores sobre el estilo de vida adecuado para manejar esta enfermedad.

Desafortunadamente, en nuestro país hay pocos endocrinólogos pediátricos, y la prevalencia de diagnósticos sigue en aumento. Por ello, el uso de la tecnología puede ser un aliado, especialmente para los pacientes más jóvenes recién diagnosticados, quienes pueden aprender a manejar su enfermedad con la ayuda de teléfonos inteligentes, computadoras, laptops o tabletas, herramientas que, derivado de los avances tecnológicos y la pandemia, ya son de uso común entre la población infantil, adolescente y juvenil.

3.2 Aplicaciones actuales

En diversas fuentes se pueden encontrar factores que influyen de manera positiva o negativa en la glucosa en sangre; sin embargo, no todos son medibles. Algunos de los más importantes que se identificaron tanto en la literatura como en los resultados de encuestas realizadas con médicos del Instituto Mexicano del Seguro Social de la región Michoacán, están relacionados con los alimentos: la cantidad y tipo de carbohidratos, grasas, proteínas, cafeína, alcohol, el tabaquismo y la hidratación, los medicamentos adicionales a la insulina, la actividad física realizada y aspectos como el peso, las horas de sueño, el estrés, enfermedades adicionales, vacunas, fiebre, estado de ánimo, alergias, menstruación y pubertad. Además, hay factores medioambientales, como la insulina caducada, la temperatura ambiental o la altitud en la que se encuentra el paciente. En cuanto a aspectos conductuales, influyen la frecuencia de las mediciones de glucosa, las presiones sociales, las relaciones familiares y las decisiones que se toman diariamente con respecto al padecimiento, así como la hora y las zonas de aplicación de insulina [9] [10] [11].

Actualmente, existen aplicaciones móviles para llevar un registro, seguimiento y control de la glucosa del paciente. La mayoría permite registrar glucosas, carbohidratos y, en algunos casos, gestionar agendas de control de citas o elaborar y compartir dietas o recetas. Algunas son de pago o se utilizan con dispositivos de alguna marca en particular [12]; pero no están adaptadas a la idiosincrasia de nuestro país, ya que no incluyen todos los alimentos que consumimos habitualmente en México, ni registran datos de otros aspectos que también influyen en el control glucémico, como los comentados anteriormente. En 2020, Sanofi realizó una evaluación de las mejores aplicaciones para el seguimiento y control de la Diabetes, en la cual se analizaron 10 aplicaciones y sus características [12]. De igual manera cada año, la fundación iSYS, por sus siglas de “Internet, Salud y Sociedad”, realiza una evaluación de más de 300 apps de salud, con la escala iSYScore [13], para elaborar un catálogo de apps recomendadas, clasificadas según las categorías de la Organización Mundial de la Salud; evaluando además acreditaciones y certificados, así como las funcionalidades para pacientes, tomando las apps mejor evaluadas, se elaboró la Tabla 1 donde además se comparan algunas funcionalidades con el sistema que se propone.

4. Sistema Techani 2

La palabra Techani significa “niño dulce” en náhuatl. Este es el nombre de la aplicación y el portal web que se presenta, los cuales permiten el monitoreo, control y seguimiento de la Diabetes Tipo 1. Actualmente, nos encontramos desarrollando la versión 2 de este sistema.

4.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema web y una aplicación móvil que permitan realizar el seguimiento y control de la Diabetes de cualquier tipo, pero muy especialmente de la tipo 1, con un registro de toda la información necesaria, como tipo de insulina, dosis, tipo de medición, niveles de glucosa, datos de los alimentos, cantidad de carbohidratos, observaciones, registro de estado de ánimo en el diario de emociones, ejercicio realizado, hidratación y días atípicos (causados, por ejemplo, por enfermedad, vacunas, período menstrual, exámenes, exceso de trabajo, etc.). El objetivo es lograr un seguimiento y control más exacto y cercano a la realidad del paciente, de manera sencilla y amigable para usuarios no expertos, considerando aspectos que las aplicaciones actuales no incluyen para finalmente generar un solo archivo por paciente que permita

identificar patrones de comportamiento para el cálculo automático del bolo de insulina, en la Tabla 1 se resumen algunas de sus funcionalidades en comparativa a las aplicaciones mejor valoradas actualmente.

Tabla 1: Evaluación de aplicaciones para control de Diabetes

Aplicación	Funcionamiento
SocialDiabetes.	Aplicación que lleva un registro y control de la enfermedad en un diario digital, donde se registran datos como alimentación, glucosa, insulina, medicamentos, actividad física, hemoglobina glicosilada, peso, presión arterial y cetonas. Recibe recomendaciones, tales como si existe riesgo de hipoglicemias. Basada en un sistema inteligente que crea gráficas y se enlaza con la nube, permite compartir dietas y registros con otros usuarios o familiares. Maneja alarmas y recordatorios y tiene calculador de bolo de insulina. Con compras en la app, disponible para Android e iOS, se considera Medical Device CE.
One drop	Aplicación que permite registrar peso, presión sanguínea, rangos de glucosa, comida, medicación y actividad física, hemoglobina glicosilada. Incluye un recuento automático de carbohidratos y un sistema de alertas para la aplicación de insulina. Así como el intercambio anónimo de información entre usuarios. Tiene áreas como: administrar el azúcar en sangre, perder peso, comer saludable, hacer ejercicio, mantener una dieta específica, bajar el colesterol, reducir la presión arterial y manejar el estrés. Se configuran las tomas de medicinas, importa datos de salud de dispositivos como Dexcom, Maneja temas de salud como apoyo. Realiza los registros de azúcares, fibra, proteína, sodio, grasas, carbohidratos y calorías de los alimentos. Genera informes y gráficos. Disponible para las plataformas iOS y Android, se considera producto sanitario.
mySugr	Aplicación dirigida a pacientes con Diabetes Tipo 1 y tipo 2. Registra la dieta, actividad física, dosis de insulina, medicaciones y alertas. Tiene una versión gratuita y otra premium, y se sincroniza con el glucómetro de Accu Check Instant, descargando al teléfono los reportes de las mediciones de glucemia realizadas con este dispositivo. Se considera dispositivo médico registrado. Tiene un módulo de calculador de bolo. Disponible en las plataformas iOS y Android.
Diabetes: M Blod Sugar diary	Hace seguimiento de la dieta, medicación, dosis de insulina y actividad física. Permite importar datos desde diversas marcas de glucómetros y bombas de insulina. Encuentra tendencias en los valores y una base de datos de nutrición, seguimiento de registros y recordatorios. Compatible con relojes inteligentes y comparte los datos con el médico por correo electrónico. Puede importar valores de varios glucómetros y

	bombas de insulina. Disponible en iOS y Android, tiene soporte Web, clasificada como dispositivo médico de clase I.
Freestyle LibreLink	Aplicación de uso exclusivo con los sensores Freestyle Libre. Se escanea el nivel de glucosa ya sea con el escáner o con el teléfono. Envía alarmas cuando el nivel de glucosa es alto o bajo, permite comprobar los niveles de glucosa al momento, los sensores sólo son válidos por 14 días, las lecturas se pueden descargar y obtener gráficos y tendencias, así como hemoglobinas glicosiladas calculadas. Se considera dispositivo médico y está disponible en iOS y Android.
Contour Diabetes	Aplicación que ayuda a detectar y corregir patrones de glucosa en sangre, envía notificaciones y seguimiento de dichos patrones. Visualiza los datos con escala de colores representándolos en líneas temporales, uniendo los datos con insulina, carbohidratos y actividad física, así como resúmenes de la última semana. Permite compartir información en tiempo real. Disponible en iOS y Android, se considera producto sanitario con sello CE.
Techani	Propuesta de Aplicación móvil y página web, diseñadas con la finalidad de llevar el registro, seguimiento y control a través de un diario de glucosa, donde se registran datos como: glucosa, alimentos con cálculo de carbohidratos con base en el Sistema Mexicano de Alimentos y Equivalentes, dosis de insulina lenta y rápida, hidratación, ejercicio, expediente clínico (colesterol, triglicéridos, ácido úrico, antecedentes heredo familiares, enfermedades adicionales, etc.), manejo de archivos para gestión de resultados de análisis o estudios en PDF, agenda de citas y recordatorios, reportes de diario de registros, gráficos, mensajes a familiares y médicos, alarmas y recordatorios, diario de emociones, descarga de reportes en formatos CSV y PDF. Manejo de OCR para subir glucosas de cualquier glucómetro, genera un archivo único del paciente para identificación de patrones y a través de otro sistema complementario calcular el bolo de insulina.

Fuente: Elaboración propia con datos de la evaluación de Sanofi y la fundación iSYS [12] [14]

4.2 Metodología del sistema Techani 2

El sistema Techani, es la primera parte de un sistema compuesto por dos elementos. El primero, que se presenta en este artículo, se encarga de llevar un registro, seguimiento y control de los datos diarios del paciente en relación con su enfermedad, y de generar reportes y gráficos útiles para la toma de decisiones en su tratamiento, tanto por el propio paciente en su vida diaria como por su equipo médico. En la Figura 1 se muestra el funcionamiento del sistema Techani 2, que recibe como entrada la información del expediente clínico del paciente, además de registrar diariamente sus niveles de glucemia y otros datos importantes que influyen en su control glicémico.

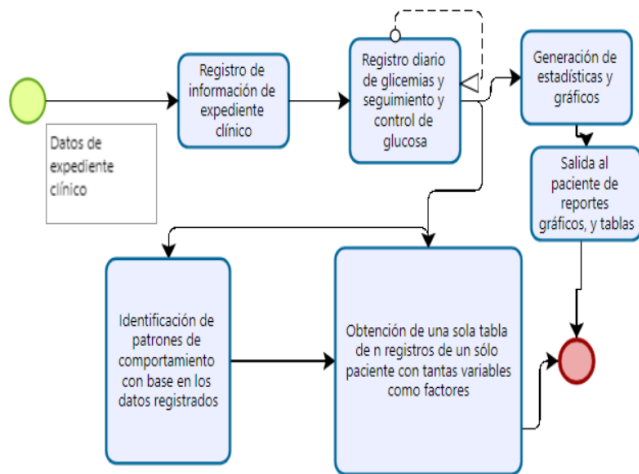


Figura 1: Diagrama del Sistema Techani 2

4.3 Materiales, herramientas y técnicas

Para la recopilación de requerimientos se utilizaron técnicas de investigación cualitativa y cuantitativa, a través de encuestas y entrevistas para la recopilación de requerimientos y opiniones sobre el diseño del sistema. Para el análisis, se emplearon la redacción y mapeo de historias de usuario, así como el planning poker para la planificación de sprints, utilizando Scrum y los tableros Kanban, además de las herramientas Jira y Confluence. Para el diseño de la página web y la aplicación móvil, se crearon prototipos de baja y alta fidelidad con Figma, siguiendo las mejores prácticas de UI/UX. El desarrollo de ambos sistemas se está llevando a cabo con la metodología ágil Scrum, utilizando Flutter para generar la aplicación en entornos Android e IOS, junto con Supabase, Visual Studio Code y PostgreSQL. En cuanto a seguridad, se utilizarán Flutter, Supabase Auth, y la OWASP Mobile Security Testing Guide. Para las pruebas, se implementarán Flutter Test, Jenkins y Firebase Test Lab.

4.4 Funcionamiento del sistema Techani 2

Dentro del sistema Techani 2 se registra la información de los siguientes campos: datos del expediente clínico que pueden actualizarse cuando sea necesario (fecha de nacimiento, sexo biológico, fecha de diagnóstico, glucosa en el diagnóstico, peso, talla, resultados de estudios como colesterol, triglicéridos, ácido úrico, antecedentes heredo familiares y neonatales, otros padecimientos, medicamentos que consume, tipo de insulina que utiliza, dosis, metas de glucosa inferior y superior establecidas con su médico, etc.), datos de citas médicas, archivos en PDF de resultados de análisis clínicos. En su diario de glucosa, el paciente podrá registrar el tipo de medición (preprandrial, postprandrial, antes del ejercicio, después del ejercicio, o de madrugada) y el tipo de alimento (verdura, fruta, proteína, cereal, lácteo, etc.), seleccionando de los datos precargados basados en el Sistema Mexicano de Alimentos y Equivalentes [15]. También podrá registrar la cantidad de raciones y el tipo de alimento, lo que permitirá al sistema ayudar al paciente a calcular la cantidad de carbohidratos que va a ingerir. Esto facilitará el aprendizaje del conteo de carbohidratos y permitirá realizar un cálculo más preciso de la dosis de insulina. Sin embargo, el cálculo del bolo seguirá siendo manual por parte del paciente, basado en las indicaciones de ratio dadas por su médico endocrinólogo, el sistema únicamente brindará sugerencias como un Sistema de Apoyo a toma de Decisiones, además de llevar un diario de emociones que permita

también realizar una mejor gestión de estas, adicionalmente podrá si así lo desea el paciente compartir sus diarios con familiares o amigos y recibirá recomendaciones o sugerencias.

Aunque el sistema tendrá precargados los alimentos del Sistema Mexicano de Alimentos y Equivalencias, también permite al usuario ingresar aquellos que no se encuentren en la base de datos. En la Figura 2 se pueden observar imágenes de la opción que permite agregar alimentos, especificando el tipo de alimento, la cantidad por porción y la cantidad de carbohidratos, para que el paciente pueda saber en todo momento cuántos carbohidratos está consumiendo de una manera más precisa.

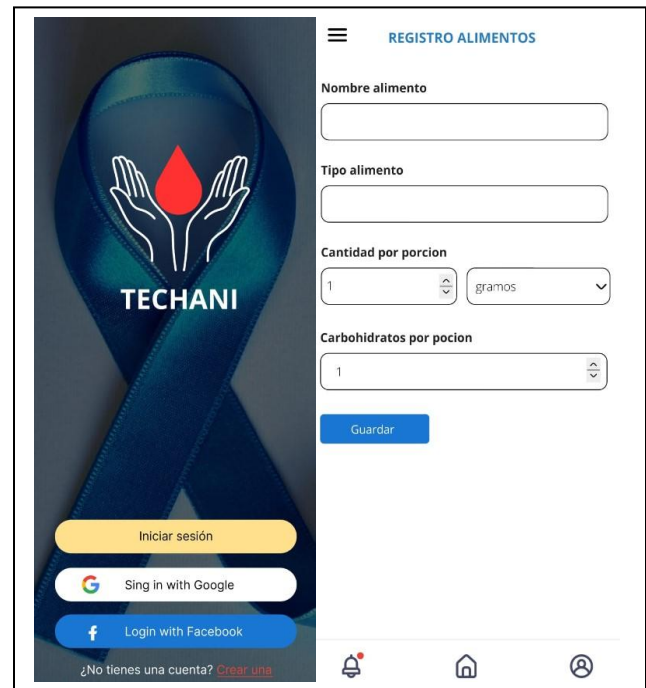


Figura 2: Imágenes de la aplicación móvil y el registro de alimentos y comidas.

El sistema también permite al usuario registrar sus emociones de manera amigable a través de emoticones, los diseños fueron validados mediante las opiniones de un médico endocrinólogo, una paciente y a la vez psicóloga y cinco pacientes voluntarios para evaluar los diseños y dar su opinión sobre los requisitos a considerar. Las emociones pueden agregarse o modificarse en los registros, como se muestra en la Figura 3. Además, el usuario deberá registrar su consumo de agua, el ejercicio realizado y, si es un día atípico, así como uno de los registros más importantes: la insulina aplicada a lo largo del día, que se registra en la opción que aparece en la Figura 4.

Por otro lado, como resultado de los registros diarios que realiza el paciente o sus cuidadores, el sistema permite generar reportes que pueden descargarse en formato PDF o imprimirse, seleccionando el rango de fechas deseado, tal como se muestra en la Figura 5. De esta manera, estos reportes pueden apoyar en la toma de decisiones tanto del paciente como de sus cuidadores y su equipo médico.

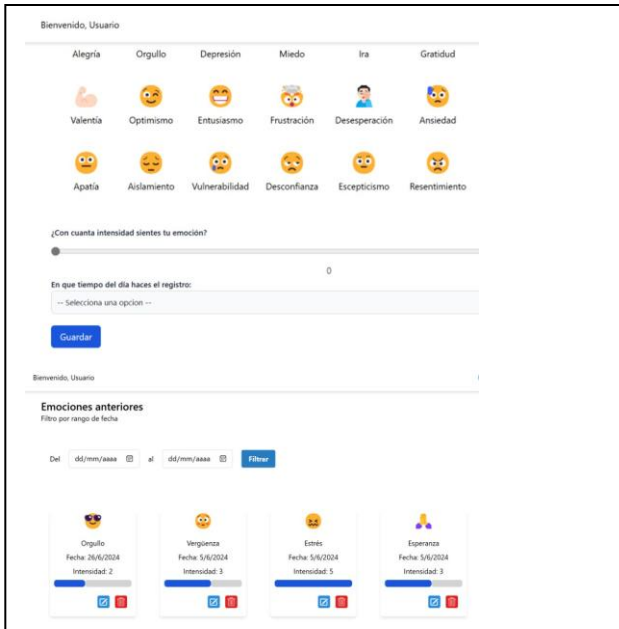


Figura 3: Imágenes de registro de diario de emociones.

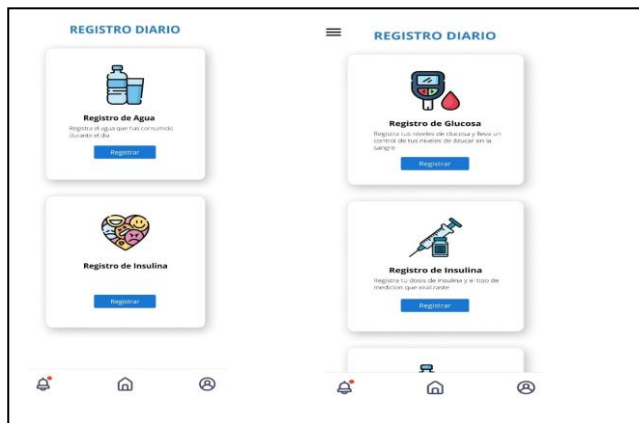


Figura 4: Imágenes del diseño de la aplicación móvil en el registro de agua, insulina y glucosa.

Tus registros

Selecciona un periodo:

Fecha inicio: 28/08/2024 Fecha fin: 30/08/2024 Filtrar

Fecha	Desayuno		Colación Matutina		Comida		Colación Vespertina		Ejercicio		Cena		Madrugada
	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	Pre	Pos	
2024-08-29													20
Glucosa	120	12	80	120	70	130	50	20	70	50	120	130	
Dosis insulina	2 L		12 R		3 R								
Agua	12												
Día atípico	Enfermedad												

Figura 5: Ejemplo de reporte de registros diarios por rango de fechas.

Otro de los reportes que el sistema permite generar son los gráficos, como el de tiempo en rango que se muestra en la Figura 6. Este gráfico permite conocer cuánto tiempo ha estado el paciente, durante un rango de fechas seleccionado, dentro de los valores establecidos por el médico tratante, los cuales se configuran en el perfil del paciente. El objetivo es poder establecer estrategias que ayuden al paciente a mantenerse dentro del rango deseable el mayor tiempo posible.



Figura 6: Ejemplo de gráfica de tiempo en rango

Todos los registros mencionados, que constituyen un diario digital, permitirán una mejor gestión de la salud. Por ello, consideramos esta herramienta invaluable para el manejo efectivo de la enfermedad, ya que siempre llevamos el celular con nosotros, y Techani 2 nos asistirá en el cálculo de carbohidratos, enviando alertas y recordatorios para realizar los chequeos necesarios, recordar las citas y consultas médicas, enviar mensajes de alerta a los familiares registrados cuando haya hiper o hipoglicemias. Esto podría facilitar un mejor control de la glucosa en la sangre y, en consecuencia, una mayor adherencia al tratamiento. Además, se utilizarán mensajes que refuercen un comportamiento alineado con las indicaciones médicas, lo que podría contribuir a una mejor calidad de vida para las personas con Diabetes Tipo 1.

4.5 Estado actual del proyecto

Actualmente se está finalizando el desarrollo del sistema Techani 2 para capturar el conjunto de datos requerido. Se aplicó una encuesta a médicos del Instituto Mexicano del Seguro Social regional de Michoacán para identificar algunos de los principales factores que influyen en el comportamiento de la glucosa. Derivado de esta encuesta y de la revisión de la literatura se definieron los factores a los cuales Techani 2 dará seguimiento.

Una vez instalado en el servidor correspondiente, se realizarán las pruebas de aceptación con usuarios finales y se buscará obtener el registro diario de los pacientes voluntarios, al menos por un mes. El archivo resultante contendrá sólo una tabla por paciente, sin fechas o datos personales, utilizando datos anonimizados, para trabajos futuros con dicho conjunto de datos.

5. Trabajos futuros

Finalmente, con la generación de un conjunto de datos (dataset), se probará un sistema de inteligencia artificial. Este sistema, mediante el uso de aprendizaje automático (machine learning), permitirá identificar patrones en el comportamiento del cuerpo del paciente frente a los diferentes aspectos registrados, para realizar un cálculo automático del bolo de insulina. Esto, contribuirá a mantener los niveles de glucosa en rango durante más tiempo y evitar futuras complicaciones.

Se implementarán también herramientas de procesamiento de lenguaje natural que permitan a Techani trabajar como asistente gestor del padecimiento.

6. Conclusiones

Techani es un sistema de seguimiento, registro y control para pacientes con Diabetes tipo 1, que puede ser utilizado con medidores continuos de glucosa, terapia intensiva de insulina por medio de múltiples inyecciones y medición de glucosa a través de glucómetros convencionales o sistemas flash. Incluye cálculo de carbohidratos con base en el Sistema Mexicano de Alimentos y Equivalentes. Registro de factores adicionales a la insulina y los carbohidratos que influyen en el control de la glucosa, así como

registro de un diario de emociones. Finalmente genera un archivo por paciente para la detección de patrones que ayuden al cálculo de un bolo de insulina más preciso que evite hipoglicemias y mejore el control de la glucosa a largo plazo.

7. Agradecimientos

Agradecemos a los pacientes y médicos voluntarios que nos brindaron retroalimentación sobre los requisitos y el diseño del sistema, así como a los revisores por sus valiosas aportaciones. También agradecemos al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia por el apoyo brindado en la licencia para estudios doctorales.

8. Referencias

- [1] Organización Panamericana de la Salud, «La carga de diabetes en la Región de las Américas y estrategias para enfrentarla,» 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.paho.org/es/eventos/carga-diabetes-region-america-estrategias-para-enfrentarla>. [Último acceso: 09 10 2023].
- [2] G. A. Gregory, I. G. R. Thomas, S. E. Linklater, F. Wang y e. al, «Global incidence, prevalence, and mortality of type 1 diabetes in 2021 with projection to 2040: a modelling study,» *The Lancet diabetes and endocrinology*, vol. 10, n° 10, pp. 741-760, 10 2022.
- [3] Organización Panamericana de la Salud, «Diabetes,» 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>. [Último acceso: 09 10 2023].
- [4] C. R. Barrio, «Avances en el tratamiento de la diabetes tipo 1 pediátrica,» *An Pediatr (Engl Ed)*, pp. 65-67, 2021.
- [5] INEGI, «Comunicado de prensa 24/22,» 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/dr/dr2021.pdf>. [Último acceso: 11 03 2022].
- [6] Federación Mexicana de Diabetes, «Los costos de la diabetes,» 09 01 2019. [En línea]. Disponible: <https://fmdiabetes.org/los-costos-la-diabetes/>. [Último acceso: 15 01 2023].
- [7] A. V. d. Diabetes, «Asociación Valenciana de Diabetes,» 20 07 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.avdiabetes.org/diabetes/la-enfermedad/historia-de-la-diabetes/>.
- [8] Centro de orientación alimentaria, «Revisión científica sobre educación en Diabetes,» [En línea]. Disponible: [http://www.coa-](http://www.coa-nutricion.com/argumentaciones/ArgumentacionTecnica_EenD.pdf)
- [9] American Diabetes Association, «Factores que influyen en el nivel de glucosa,» [En línea]. Disponible: https://professional.diabetes.org/sites/dpro/files/2024-03/Factors_Affecting_Blood_Glucose_-_Spanish.pdf. [Último acceso: 08 09 2024].
- [10] L. Suárez, «Guía Diabetes Tipo 1/Factores que afectan los niveles de glucosa en sangre,» Centro para la Innovación de la Diabetes Infantil Sant Joan De Déu, 03 06 2019. [En línea]. Disponible: <https://diabetes.sjdhospitalbarcelona.org/es/diabetes-tipo-1/consejos/factores-afectan-niveles-glucosa-sangre>. [Último acceso: 08 09 2024].
- [11] diatribe.org, «42 Factors That Affect Blood Glucose?! A Surprising Update,» diaTribe Learn, 29 09 2022. [En línea]. Disponible: <https://diatribe.org/diabetes-management/42-factors-affect-blood-glucose-surprising-update>. [Último acceso: 08 09 2024].
- [12] SANOFI, «¿Cuáles son las mejores apps para controlar la diabetes?,» 31 08 2020. [En línea]. Disponible: <https://pro.campus.sanofi/es/otras-tematicas-diabetes/articulos/apps-control-diabetes>. [Último acceso: 16 08 2024].
- [13] B. K. J. G. F. G. I. L. F.-L. A. S.-A. I. Grau, «Método de valoración de aplicaciones móviles de salud en español: el índice iSYScore,» *SEMERGEN - Medicina de Familia*, vol. 42, n° 8, pp. 575-583, 2016.
- [14] Fundación iSYS.org, «Clasificaciones anuales de apps 2023-2024,» Fundación iSYS Internet, Salud y Sociedad, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.fundacionisys.org/es/apps-de-salud/clasificaciones-anuales>. [Último acceso: 08 09 2024].
- [15] Secretaría de Salud, «Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes,» 10 2010. [En línea]. Disponible: <https://fisiologia.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2019/02/2-Valoraci%C3%B3n-nutricional-Anexos.pdf>. [Último acceso: 20 08 2024].



© 2024 by the authors. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.