

Plan de Trabajo para BECA de INVESTIGACIÓN
Ingeniería en Computación
Facultad de Ingeniería - UNLP

ANÁLISIS DE SEÑALES FISIOLÓGICAS DURANTE EPISODIOS DE EJERCICIO Y
ESTRÉS EN PERSONAS CON DIABETES TIPO 1

1. Lugar de trabajo

La beca se desarrollará en el Instituto LEICI del Departamento de Electrotecnia.

2. Responsables

Los responsables serán los docentes investigadores Dra. Ing. Emilia Fushimi e Ing. Marcos David Saavedra.

3. Duración prevista

La duración prevista de la beca es de 8 meses, entre el 1 de mayo y el 31 de diciembre de 2025.

4. Trabajo de investigación

Antecedentes y estado actual del tema

La diabetes es un trastorno metabólico caracterizado por una deficiencia absoluta o relativa de insulina (diabetes mellitus tipo 1 y diabetes mellitus tipo 2, respectivamente). La OMS estima que el número total de diabéticos en el mundo ha superado los 420 millones, y que provoca casi 5 millones de muertes anualmente (una cada seis segundos) [1]. En nuestro país, hay más de cuatro millones de personas con diabetes (prevalencia del 12,7%) de los cuales más del 10% tienen diabetes tipo 1 (DT1), según la última Encuesta Nacional de Factores de Riesgo (2018).

Las personas con DT1 son insulino-dependientes. Es decir, requieren la terapia de reemplazo de insulina de por vida con apoyo continuo de un equipo de salud para lograr un adecuado control de la glucosa en sangre. Gracias a la tecnología disponible en la actualidad (bombas de infusión continua de insulina y monitores continuos de glucemia o CGM), surge el concepto del páncreas artificial (PA). Éste consiste en un algoritmo de regulación de la glucemia capaz de calcular las dosis de insulina a infundir por parte de la bomba en función de las mediciones de la glucemia realizadas por un CGM, con el fin de quitar al usuario del lazo de control y que la infusión de insulina sea automática [2].

Uno de los mayores desafíos para el control automático de la glucemia se relaciona a la presencia de perturbaciones con gran incertidumbre. Entre ellas, se destacan las comidas, el ejercicio y el estrés. En el caso del ejercicio, debido a su efecto en la glucemia, las personas con DT1 suelen experimentar episodios de hipo o hiperglucemia si no adaptan de forma adecuada su infusión de insulina. Se recomienda que las personas que tienen DT1 realicen ejercicio de forma regular, debido a los beneficios observados tanto para la salud cardiovascular [3] como para el control glucémico [4]. Sin embargo, tan solo un ~30% de los adultos con DT1 alcanzan la recomendación de 150 minutos de actividad física a la semana

[5], principalmente por el temor a sufrir un episodio de hipoglucemia [6]. Por otro lado, las situaciones de estrés tanto físico como psicológico suelen causar un incremento en la glucemia y, por lo tanto, también deben ser consideradas para mantener los niveles de glucemia dentro del rango deseado. Por estos motivos, es de interés el estudio y modelado de la actividad física y estrés en personas con DT1, con el objetivo final de desarrollar estrategias de adaptación automática de la terapia que aseguren un control glucémico seguro ante estos eventos.

El grupo de trabajo en el que se integrará el o la becario, el Grupo de Control Aplicado (GCA) del Instituto LEICI, lleva trabajando en el control automático de la glucemia para personas con diabetes más de 10 años. En particular, en abril de 2025 se realizó un ensayo observacional en colaboración con el Hospital Italiano de Bs. As. (Ensayo HIBA) en el que se recolectaron datos de la glucemia, insulina, ritmo cardíaco (HR), actividad electrodérmica (EDA) y otras señales fisiológicas durante episodios de ejercicio y estrés en 5 personas adultas con DT1 durante 4 semanas. El ensayo contó con sesiones estructuradas de ejercicio aeróbico, ejercicio de resistencia y estrés, con el objetivo de recolectar información acerca del impacto de estas perturbaciones en las personas con DT1. Los datos obtenidos durante esta experiencia clínica están disponibles a la comunidad científica [7].

Objetivos concretos de la investigación

La finalidad principal del trabajo de investigación a realizar durante la beca es procesar y analizar los datos disponibles del ensayo HIBA, y generar una interfaz de usuario que permita el manejo de los mismos para hacerla disponible en conjunto con la base de datos de investigación.

Se plantean los siguientes objetivos:

O1. Estudio introductorio y puesta en tema.

O2. Análisis de los datos disponibles de glucemia para realizar el cálculo de los objetivos primarios y secundarios del protocolo clínico.

O3. Análisis de datos de insulina y señales fisiológicas relevantes (HR, EDA, etc) durante las sesiones estructuradas de ejercicio, estrés y durante días sedentarios.

O4. Implementación de algoritmos de Aprendizaje Automático y Redes Neuronales Artificiales para identificar patrones en las señales fisiológicas que permitan predecir eventos de hiper e hipoglucemia.

O5. Desarrollo de interfaz de usuario para facilitar el acceso a los datos de investigación.

O6. Documentación de las tareas realizadas.

Metodología y plan de trabajo

El o la becario comenzará con el estudio del tema y el estado del arte (O1), en particular, el impacto en la glucemia, ritmo cardíaco y otras señales fisiológicas frente a episodios de ejercicio y estrés. Luego, se procederá al procesamiento y análisis de los datos del ensayo observacional HIBA, comenzando por la respuesta glucémica durante los eventos de ejercicio

y estrés (objetivo primario del ensayo clínico) y sus métricas específicas relevantes para el control glucémico (porcentaje de tiempo total dentro del rango de glucemia deseable 70-180 mg/dL, porcentaje de tiempo en hiperglucemia, porcentaje de tiempo en hipoglucemia, entre otros - objetivo secundario del ensayo clínico) (O2). Posteriormente, se continuará con el procesamiento y análisis de las otras señales obtenidas durante el ensayo, en particular la insulina, el ritmo cardíaco, actividad electrodérmica de la piel, acelerómetro, entre otros, durante las sesiones estructuradas de ejercicio y estrés y durante los períodos sedentarios (O3). Luego de esta etapa, se implementarán algoritmos de Aprendizaje Automático y Redes Neuronales Artificiales para la identificación de patrones complejos en las señales fisiológicas que puedan estar asociados con eventos de hiper e hipoglucemia (O4). Por último, se realizará una interfaz de usuario para el acceso e interpretación de los datos obtenidos en el ensayo observacional, con el objetivo de hacerla disponible en conjunto con la base de datos de investigación, facilitando así su uso y difusión en la comunidad científica (O5). Antes de la finalización de la beca, se documentarán las tareas realizadas (O6).

Cronograma tentativo

Mes/Objetivo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
O1	X	X							
O2		X	X	X					
O3			X	X	X				
O4				X	X	X			
O5						X	X	X	
O6				X		X		X	X

5. Puesta en práctica y Divulgación de la temática

El plan de trabajo presentado corresponde a un primer paso hacia un mejor entendimiento del impacto de perturbaciones como el ejercicio y el estrés no solo en la glucemia, sino también en otras señales fisiológicas medibles en personas con Diabetes Tipo 1. A su vez, es de interés que el trabajo realizado por el o la becaria sea parte de una Práctica Profesional Supervisada (PPS) de la carrera de ingeniería en computación. Asimismo, se prevé divulgar las tareas realizadas y los logros alcanzados en las Jornadas de Investigación y Transferencia organizadas por la Facultad, y en la medida que los resultados lo ameriten, en Congresos nacionales o internacionales. Se espera que el o la becaria pueda interactuar con becarios/as doctorales, ingenieros/as y médicos/as especialistas en este tipo de tecnología, y se inicie y motive de esta manera con la actividad científica y académica.

Referencias:

[1] International Diabetes Federation, <http://www.diabetesatlas.org/>

- [2] Renard E. Automated insulin delivery systems: from early research to routine care of type 1 diabetes. *Acta Diabetol.* 2023 Feb;60(2):151-161. doi: 10.1007/s00592-022-01929-5. Epub 2022 Aug 22.
- [3] Wu N, Bredin SSD, Guan Y, et al. Cardiovascular health benefits of exercise training in persons living with type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med* 2019;8:253
- [4] Riddell MC, Li Z, Beck RW, Gal RL, Jacobs PG, Castle JR, Gillingham MB, Clements M, Patton SR, Dassau E, Doyle Iii FJ, Martin CK, Calhoun P, Rickels MR. More Time in Glucose Range During Exercise Days than Sedentary Days in Adults Living with Type 1 Diabetes. *Diabetes Technol Ther.* 2021 May;23(5):376-383. doi: 10.1089/dia.2020.0495.
- [5] Michael C. Riddell, Zoey Li, Robin L. Gal, Peter Calhoun, Peter G. Jacobs, Mark A. Clements, Corby K. Martin, Francis J. Doyle III, Susana R. Patton, Jessica R. Castle, Melanie B. Gillingham, Roy W. Beck, Michael R. Rickels, T1DEXI Study Group; Examining the Acute Glycemic Effects of Different Types of Structured Exercise Sessions in Type 1 Diabetes in a Real-World Setting: The Type 1 Diabetes and Exercise Initiative (T1DEXI). *Diabetes Care* 2023; dc221721. <https://doi.org/10.2337/dc22-1721>
- [6] Keshawarz A, Piropato AR, Brown TL, Duca LM, Sippl RM, Wadwa RP, Snell-Bergeon JK. Lower objectively measured physical activity is linked with perceived risk of hypoglycemia in type 1 diabetes. *J Diabetes Complications.* 2018 Nov;32(11):975-981. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2018.05.020.
- [7] Garelli et al. Evaluación del monitoreo continuo de glucosa bajo condiciones de ejercicio y estrés. March 2024. <http://hdl.handle.net/11336/238329>