

# Sustentación Proyecto de Grado

Juan David Medina Tobón

Universidad de los Andes

*jd.medinat@uniandes.edu.co*

June 26, 2020

# Contenido

- 1 Contexto
- 2 Planteamiento
- 3 Procedimiento
- 4 Resultados
- 5 Conclusiones

- La Diabetes es una enfermedad que afecta aproximadamente a 463 millones de personas en el mundo. Entre un 5 y 10% padecen de Diabetes Tipo 1. [1]
- Esta se caracteriza por la incapacidad de controlar la glucosa en la sangre debido a una deficiencia de la hormona de la insulina. Por lo tanto, la persona debe recurrir a inyecciones externas para mantener niveles normales de glucosa.

# Motivación

- Avances tecnológicos como los medidores continuos de glucosa y las bombas de insulina han motivado la creación de sistemas capaces de automatizar el proceso.
- Se han investigado métodos utilizando técnicas de control como el MPC (Model Predictive Control) y controladores PID. [2]
- El aprendizaje por refuerzo es una de las áreas de gran interés, ya que presenta cualidades adecuadas para resolver este tipo de problemas.



Figura: Bomba de Insulina Medtronic. Tomado de [3].

# Planteamiento: Descripción del Problema

Se tienen 3 intervalos importantes:

- Hipoglicemia: Por debajo de 60mg/dL
- Euglicemia: Rango normal. Entre 60 y 140 mg/dL
- Hiperglicemia: Valores mayores a 140mg/dL

# Descripción del Problema

- El nivel de glucosa en la sangre se ve afectado por diferentes factores, como por ejemplo el consumo de carbohidratos.
- El objetivo es utilizar la insulina para controlar el nivel de glucosa y mantenerla dentro del intervalo normal de Euglicemia.

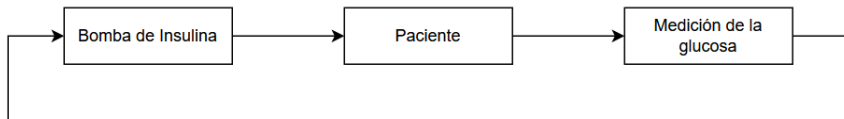


Figura: Diagrama del Problema



# Simulador de Diabetes Tipo 1

Se utilizó el simulador metabólico de Simglucose. Este es una implementación en Python de la única herramienta aprobada por la FDA para realizar simulaciones de pacientes diabéticos. [4]

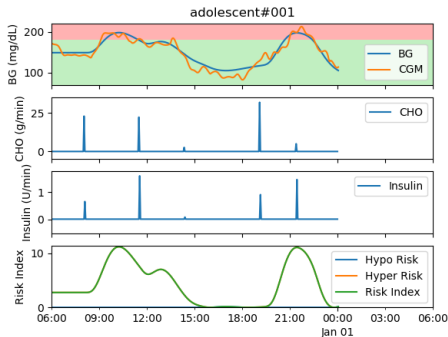


Figura: Tomada de [4]





# Procedimiento: Función de Riesgo

Para calcular el riesgo se utilizan las siguientes expresiones [5].

$$f(BG) = 1.509 \times [(\ln(BG))^{1.084} - 5.381]$$

$$rl(BG) = 10 \times f(BG)^2 \text{ si } f(BG) < 0 \text{ y } 0 \text{ dlc}$$

$$rh(BG) = 10 \times f(BG)^2 \text{ si } f(BG) > 0 \text{ y } 0 \text{ dlc}$$

$$riesgo = rl(BG) + rh(BG)$$

# Función de Recompensas

$$R[t] = -\alpha \cdot \text{riesgo}[t] - \beta \cdot (\text{riesgo}[t] - \text{riesgo}[t - 1])$$

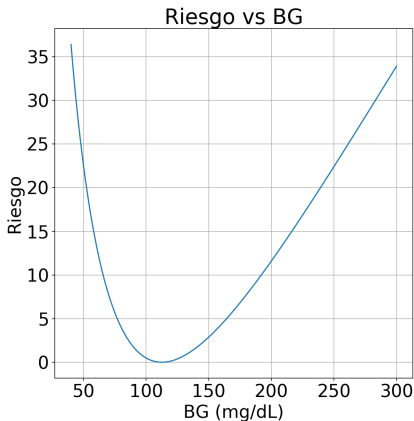


Figura: Función de Riesgo

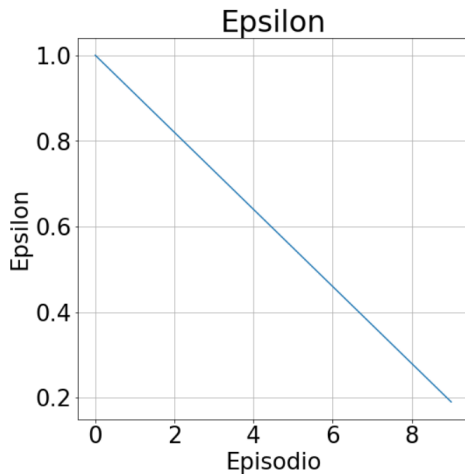


Figura: Epsilon con decrecimiento lineal

# Estados

El estado se utiliza para representar la situación del agente dentro del ambiente. Se probaron 2 tipos de estados:

- Estado de ventana de tiempo
- Estado interno del paciente

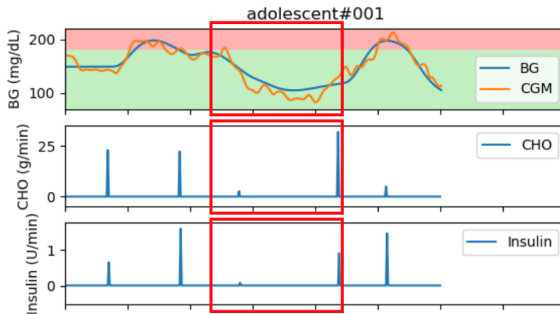


Figura: Estado de Ventana de Tiempo. Tomado de [4]

# Escenario de Prueba

Se agregó un escenario de prueba que no cambia en la fase de entrenamiento. Este tiene como objetivo calcular la recompensa acumulada durante el entrenamiento para verificar que su desempeño mejora.

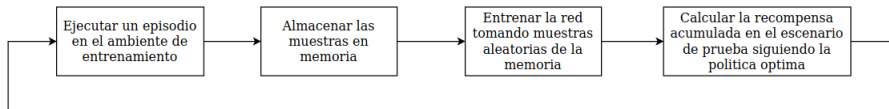
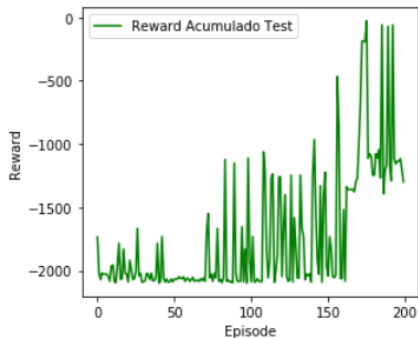


Figura: Procedimiento Simplificado

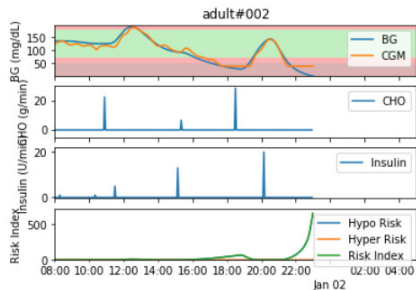
# Resultados en Entrenamiento

Paciente	Adulto #2
Episodios	2000
Pasos de Entrenamiento	200
Pasos de Prueba	100
Numero de Acciones	30
Optimizador	Adam
Tasa de Aprendizaje	1e-3
$\gamma$	0.99
$\alpha$	0.5
$\beta$	1

# Resultados en Entrenamiento



(a) Recompensa Acumulada en Prueba

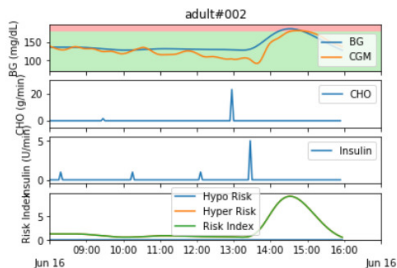


(b) Escenario de Prueba

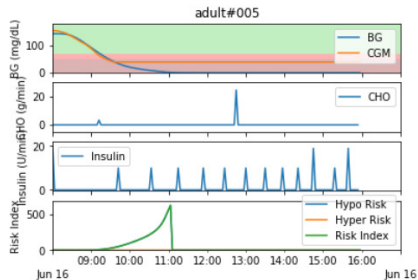
Figura: Resultados del Entrenamiento



# Resultados Adicionales



(a) Adulto 2



(b) Adulto 5

Figura: Desempeño en diferentes adultos

# Resultados Adicionales

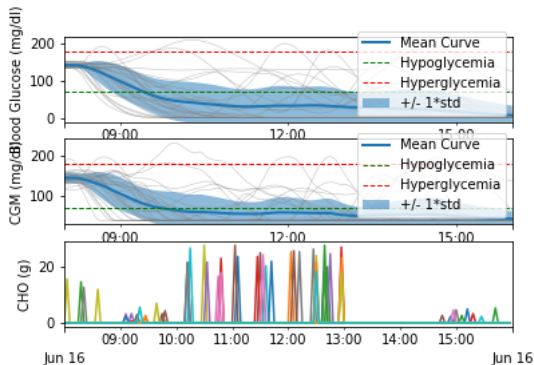


Figura: Resultados Totales

# Conclusiones

- Uno de los mayores problemas es la dificultad de reproducción de los resultados.
- Se propone implementar varias mejoras al procedimiento actual para obtener un desempeño adecuado y que se obtengan resultados con mayor consistencia.

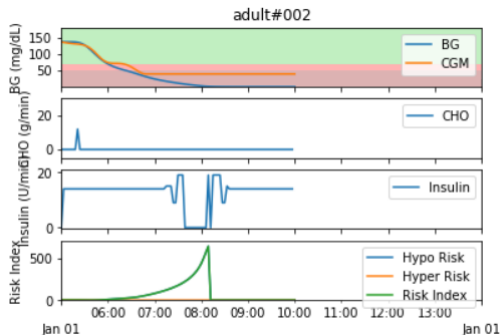


Figura: Conclusiones

# Gracias!

- ① A. diabetes, W. diabetes and F. figures, "International Diabetes Federation - Facts & figures", Idf.org, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.idf.org/aboutdiabetes/what-is-diabetes/facts-figures.html> [Accedido el: 11- Dic- 2019].
- ② R. Sanchez-Pena, D. Charnavsky and E. Sanchez, The Artificial Pancreas. San Diego: Elsevier Science & Technology, 2019.
- ③ <https://www.medtronicdiabeteslatino.com/prodcontroladoresuctos/sistema-paradigm-veo/monitoreo-continuo-de-glucosa>
- ④ Jinyu Xie. Simglucose v0.2.1 (2018) [En línea]. Disponible en: <https://github.com/jxx123/simglucose>. Accedido el: 24 March 2020.
- ⑤ W. Clarke and B. Kovatchev, "Statistical Tools to Analyze Continuous Glucose Monitor Data," Diabetes Technology & Therapeutics, vol. 11, no. S1, 2009.