

# Software para el cálculo de bolo con base en alimentos de la dieta mexicana en pacientes con Diabetes Tipo 1

Aquino Castellanos, Álvaro

2024

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6139>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# Software para el cálculo de bolo con base en alimentos de la dieta mexicana en pacientes con Diabetes Tipo 1

Aquino Castellano Álvaro (tercer semestre en Ingeniería Biomédica)<sup>1</sup>, Barroeta Lara Tiffany (cuarto semestre en Ingeniería Biomédica)<sup>1</sup>, Gómez Hokuto Amira Fernanda (tercer semestre en Ingeniería Biomédica)<sup>1</sup>, Sánchez Mariscal Gael Alejandro (tercer semestre en Ingeniería Biomédica)<sup>1</sup>\*, Tapia Balvanera Andrea (cuarto semestre en Ingeniería Biomédica)<sup>1</sup>, Ramírez Rodríguez Rocío (profesor responsable)<sup>1</sup> y Salmerón Campos Rosa María (profesor asesor)<sup>1</sup> Pérez Aguirre Rafael (profesor asesor)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

**Palabras clave:** Cálculo de insulina personalizado, Gestión de la diabetes, Tecnología de la Salud, Software médico.

\*Autor Corresponsal: gael.sanchez@iberopuebla.mx

## Introducción

La diabetes es una enfermedad crónica que se caracteriza por niveles de glucosa en la sangre mayores a 120 mg/dl, ya sea por una secreción anormal de insulina o la resistencia a ella [1]. Cuando los pacientes en su rutina diaria presentan niveles de glucosa en sangre que sobrepasan los 120 mg/dL se denomina “hiperglucemia”, mientras que si están por debajo de los 60 mg/dl se le cataloga como “hipoglucemia” [2]. Tanto la hiperglucemia como la hipoglucemia se deben a la aplicación de una dosis de insulina incorrecta, una mayor dosis de la necesaria provoca la hipoglucemia y el caso contrario la hiperglucemia.

El enfoque terapéutico de la diabetes tipo 1 se centra en el suministro exógeno de insulina, existen diversos tipos de insulina, que se utilizan de acuerdo con las necesidades de cada paciente. Entre estas está la insulina de acción rápida o también llamada bolo de corrección, que controla los picos de glucosa después de las comidas, y la insulina de acción intermedia o prolongada, diseñada para mantener niveles basales durante el día y la noche [4]. Según el estudio publicado por Ahola et al [5] se menciona que hasta el 64% de los pacientes con Diabetes tipo 1 realizaban de forma incorrecta el cálculo de insulina prandial debido a que la ecuación se compone de numerosas variables, entre ellas la cantidad de carbohidratos consumidos, que como se menciona en el artículo “Medidores de la glucemia y calculadoras del bolo de insulina” [6] el conteo de carbohidratos es el factor más importante en el cálculo de la dosis de insulina.

La calculadora de insulina propuesta resuelve el problema metodológico del cálculo erróneo de la cantidad de insulina rápida a administrar, al ofrecer una solución que automatiza estos cálculos y tiene en cuenta todos los factores involucrados, asegurando que los usuarios reciban una dosis adecuada de insulina en cada comida, siempre y cuando los datos ingresados por el usuario sean correctos. Derivado de ello nuestro proyecto busca diseñar un software para el cálculo de bolo de corrección con base en alimentos de la dieta mexicana en pacientes con Diabetes Tipo 1.

## Metodología

Se creó una base de datos en formato JSON, que contiene información nutrimental detallada (gramos de carbohidratos por ración) basada en el Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes (SMAE) [7]. Mediante HTML y JavaScript, se desarrolló una interfaz web que permite al usuario seleccionar alimentos de esta base de datos y registrar la porción ingerida, con el fin de calcular la cantidad de carbohidratos (HC) ingeridos. Con los datos ingresados como: glucemia capilar inicial (GCi) y glucemia capilar objetivo (GCobj), insulina residual (res), ratio de insulina (RI) y el factor de sensibilidad (FSI); el software calcula la dosis de insulina recomendada mediante las ecuaciones mostradas (Ec. 1 y Ec. 2).

Ec 1 [7].  $HC = \text{Cantidad de HC (en una porción)} \times \text{Cantidad de raciones}$

Ec 2 [6].  $\text{Dosis de Insulina} = RI \times HC + \frac{CGi - CGobj}{FSI} - 1res$

Con el fin de comprobar la precisión del software creado, se realizarán dos simulaciones de dos diferentes comidas, comparando la cantidad de hidratos de carbono calculada por medio del software con la calculada de manera manual por una especialista en este ámbito: Rosa María Salmerón Campos (Maestra en Nutrición Clínica).

## Resultados

Para la base de datos se utiliza un archivo JSON conformado por llaves y valores. De la base de datos creada en JSON se llaman los datos requeridos por la interfaz (nombre del alimento, cantidad sugerida, cantidad de carbohidratos por ración, peso neto en gramos de la porción, unidad cotidiana equivalente) mediante un archivo JavaScript.

Mientras tanto la interfaz; solicita al paciente la entrada de los datos mostrados en la Ec. 1 y devuelve la dosis de insulina a aplicar como “bolo de corrección”. En la Imagen 1 se observa la organización y diseño de esta, mientras que la Imagen 2 muestra el resultado que devuelve la página web.

**INGRESA DATOS**

Glucemia capilar inicial (mg/dL)      Glucemia capilar final (mg/dL)      Insulina residual (U)

174      100      0

Ratio de insulina (U/g)      Factor de sensibilidad de insulina (mg/dL)      Total carbohidratos (g)

1.4      50      59.99g

INGRESA ALIMENTOS      ENVIAR

Imagen 1. Diseño de la Interfaz

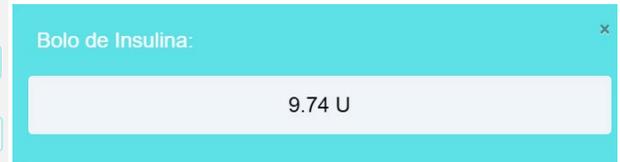


Imagen 2. Resultado devuelto

A continuación, se muestra un ejemplo práctico que lleva a cabo la interfaz con los datos ingresados para el cálculo de la dosis de insulina. **Datos ingresados por el paciente: RI: 1.4 UI/ración, FSI: 50 mg/dl, HC: 6 raciones (60 g), GCi: 174 mg/dl, CGobj: 100 mg/dl** y no cuenta con insulina restante. Sustituyendo los valores en Ec. 2 se obtiene un resultado de 9.88 UI, que redondeando, la dosis de insulina aplicar sería de 10 UI.

Con el fin de comprobar que la interfaz realizada lleva a cabo el cálculo de HC de manera correcta se comparó con la cantidad de HC calculada de manera manual de dos diferentes comidas (Cuadro 1), dando como resultado lo mostrado en la Imagen 3 (Comida 1: Barras naranjas, Comida 2: Barras azules).

Cuadro 1. Alimentos de cada comida

COMIDA 1	COMIDA 2
Durazno Amarillo	Sopa de Almeja
Manzana Amarilla	Arroz Cocido
Gelatina de Limón	Tortilla de Maiz
Quaker SDW sabor Yogurt de Fresa	Pechuga de Pollo Ahumada
Granola Quaker Sabor Pasas y Miel	Agua de Coco

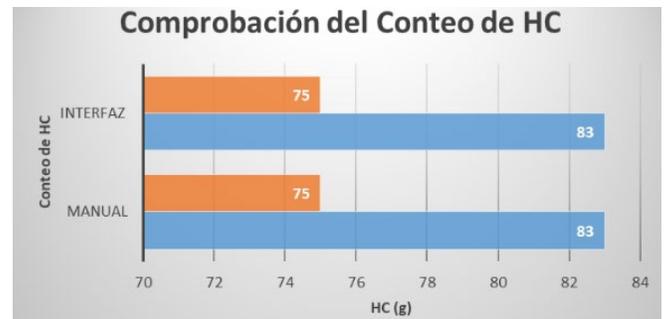


Imagen 3. Gráfica “Comprobación del conteo de HC”

**Análisis de Resultados:**

El sistema implementado logró calcular de manera precisa las porciones de carbohidratos (HC) a partir de la base de datos de alimentos, coincidiendo con los cálculos manuales en todos los casos probados. La organización en claves y valores dentro de JSON permite un acceso eficiente a los datos, que junto la entrada de más información por parte del paciente facilita el cálculo del bolo de insulina, a continuación se explica el significado de cada uno de ellos: RI (cantidad de insulina necesaria para metabolizar una ración de HC de 10g), HC (porciones de carbohidratos ingeridos, una porción equivale a 10g de HC, este cálculo se automatiza por medio de la base de datos de los alimentos), FSI (es el valor de glucemia expresado en mg/dl que disminuye una unidad internacional (UI) de insulina rápida), CGObj (es el objetivo de glucemia preprandiales de cada paciente) y CGi (es el valor de la glucemia en ese momento), una vez ingresado los datos correctamente por parte del paciente, la interfaz mostrará la cantidad de insulina a administrar.

Sin embargo, la precisión del sistema depende de la exactitud de los datos ingresados manualmente por el paciente, lo que puede introducir errores si no se ingresan correctamente.

**Conclusiones:**

Se logró integrar la base de datos basada en el SMAE [7] a una página web, la cual realiza el cálculo de HC que el paciente ha consumido y junto a la entrada de información de este mismo muestra la cantidad de insulina a administrar. El incluir el cálculo de HC a la página web aumenta la precisión en el cálculo, y como previamente se había citado, el conteo de HC es el factor más importante en el cálculo de la dosis de insulina.

Como mejora futura, se propone la integración del software con dispositivos médicos, como bombas de insulina, que permitirían obtener lecturas automáticas de glucemia en tiempo real, reduciendo la intervención del usuario y aumentando la precisión. A pesar de estas limitaciones, el proyecto ofrece una solución eficaz y adaptable que tiene el potencial de mejorar significativamente el control glucémico en pacientes con diabetes tipo 1.

**Referencias**

- [1] International Diabetes Federation, IDF diabetes atlas, 10th ed. Brussels International Diabetes Federation, 2021.
- [2] A. A. Pérez-Calatayud, A. Guillén-Vidaña, I. S. Fraire-Félix, E. D. Anica-Malagon, J. C. Briones, R. Carrillo. “Actualidades en el control metabólico del paciente crítico: hiperglucemia, variabilidad de la glucosa, hipoglucemia e hipoglucemia relativa”, Cirugía y Cirujanos, vol. 85, no. 1, pp.93-100, 2017.
- [3] E. F. Brutsaert, “Diabetes mellitus (DM),” Manual MSD Versión Para Profesionales, Oct. 05, 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-endocrinol%C3%B3gicos-y-metab%C3%B3licos/diabetes-mellitus-y-trastornos-del-metabolismo-de-los-hidratos-de-carbono/diabetes-mellitus-dm>
- [4] "¿Qué es el factor de sensibilidad a la insulina?," Medlia. Accedido el 2 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://medlia.es/blog/que-es-el-factor-de-sensibilidad-a-la-insulina/>.
- [5] A. J. Ahola et al., “Many patients with Type 1 diabetes estimate their prandial insulin need inappropriately,” Journal of Diabetes, vol. 2, no. 3, pp. 194–202, Aug. 2010, doi: 10.1111/j.1753-0407.2010.00086.x.
- [6] C. Tejera Pérez y F. Carramiña Barrera, «Medidores de la glucemia y calculadoras del bolo, » Diabetes Práctica, vol. 5, nº 1, pp. 28-33, 2014.
- [7] A. B. Pérez Lizaur, Sistema Mexicano de Alimentos Equivalentes, FNS, 2022.