

XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan
13° Congreso Internacional de Computación
Inteligencia artificial: Presente y futuro
Red Iberoamericana de Computación
Vol. 12, Número Especial (2024) 65-70

Implementación del algoritmo SAM para el resaltado de lesiones en pie diabético

Implementation of the SAM algorithm for highlighting lesions in diabetic foot

Luis José Mejía Ramos^a, Antonio Alarcón Paredes^b, Iris Paola Guzmán Guzmán^c, Gustavo Adolfo Alonso Silverio^d

Abstract:

Diabetic foot is a chronic complication of diabetes mellitus that can occur when blood glucose levels are not properly controlled. This condition damages the nerves and/or blood vessels in the feet, and if not properly cared for, it can lead to injuries, infections, and, in severe cases, limb amputation. It is estimated that 71% to 85% of diabetic patients with foot ulcers require amputations. Therefore, it is crucial to detect the development of foot ulcers to improve the quality of life for patients with diabetic foot.

In this work, we propose the implementation of the SAM segmentation algorithm to remove the background from photographs and highlight the lesions present in the foot. The aim is to facilitate the identification of these lesions in healthcare institutions where specialists may not be available.

It is important to note that, although the use of segmentation algorithms can be helpful as a support tool in detecting foot lesions in diabetic patients, it is essential to validate the results with specialized healthcare professionals. Clinical evaluation and accurate diagnosis should be conducted by physicians or specialists trained in the care of diabetic feet.

Keywords:

Python, computer vision, SAM, Diabetic foot, Injuries

Resumen:

El pie diabético es una complicación crónica de la diabetes mellitus que puede ocurrir cuando los niveles de glucosa en sangre no están adecuadamente controlados. Esta condición daña los nervios y/o los vasos sanguíneos de los pies, y si no se cuida adecuadamente, puede llevar a lesiones, infecciones y, en casos graves, a la amputación de las extremidades. Se estima que entre el 71% y el 85% de los pacientes diabéticos con úlceras en los pies requieren amputaciones. Por lo tanto, es crucial detectar el desarrollo de úlceras en el pie para mejorar la calidad de vida de los pacientes con pie diabético.

En este trabajo, se propone una implementación del algoritmo de segmentación SAM con el objetivo de eliminar el fondo de las fotografías e identificar las lesiones presentes en el pie. Esto se hace con la finalidad de facilitar la identificación de estas lesiones en instituciones de atención médica que no cuentan con especialistas disponibles.

Es importante tener en cuenta que, aunque el uso de algoritmos de segmentación puede ser útil como una herramienta de apoyo en la detección de lesiones en el pie diabético, es fundamental que los resultados sean validados por profesionales de la salud especializados.

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma de Guerrero, <https://orcid.org/0009-0005-7714-1025>, Email: 12579996@uagro.mx

^b Universidad Autónoma de Guerrero, <https://orcid.org/0000-0002-9785-1252>, Email: aalarcon@uagro.mx

^c Universidad Autónoma de Guerrero, <https://orcid.org/0000-0003-1535-4226>, Email: ipguzman2@gmail.com

^d Universidad Autónoma de Guerrero, <https://orcid.org/0000-0002-2699-140X>, Email: gsilverio@uagro.mx

La evaluación clínica y el diagnóstico preciso deben ser realizados por médicos o especialistas capacitados en el cuidado de los pies diabéticos.

Palabras Clave:

Python, visión artificial, SAM, Pie diabético, Lesiones

Introducción

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica caracterizada por una alteración en el metabolismo de la glucosa, lo que conlleva a un aumento sostenido de los niveles de azúcar en la sangre. Se estima que en un 71%-85% de los casos de pacientes diabéticos con úlceras en los pies requiere una amputación [1]. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) se estima que cada 30 segundos se amputa una pierna debido a la diabetes [2]. Entre las complicaciones que afectan a las personas con diabetes, el pie diabético emerge como una problemática relevante. El pie diabético es una complicación compleja y multifactorial, originada por una combinación de factores, como la neuropatía periférica, la enfermedad arterial periférica, la inmunodeficiencia, los trastornos de la biomecánica del pie y las infecciones, entre otros [3].

Las úlceras de pie diabético constituyen una de las principales causas de hospitalización y amputación en pacientes con diabetes [4]. Estas úlceras se desarrollan debido a una serie de complicaciones vasculares y neuropáticas, lo cual provoca una disminución en la sensibilidad y la percepción del dolor en los pies de los pacientes. Además, la reducción en el flujo sanguíneo y la capacidad de cicatrización de las heridas incrementan el riesgo de infecciones y dificultan la adecuada curación de las úlceras [3].

Por lo tanto, resulta fundamental realizar una detección temprana y un tratamiento oportuno de las úlceras diabéticas en los pies, con el objetivo de prevenir complicaciones mayores, como infecciones graves, osteomielitis o incluso la necesidad de amputación [5]. El diagnóstico precoz y el manejo integral de las úlceras diabéticas son esenciales para garantizar una atención adecuada y mejorar la calidad de vida de los pacientes con diabetes.

Recientemente que se han realizado sistemas con el fin de detectar úlceras como por ejemplo el trabajo realizado por [6] donde comparaba métodos de preprocesamiento y segmentación de úlceras plantares en pacientes con pie diabético, utilizando una cámara SONY modelo DSC W710 acoplado al Frame Heber para las capturas de fotografías y el lenguaje de programación Python con la librería de OpenCV para el procesamiento de las fotografías capturadas, indicando en sus resultados el ser necesario la aplicación de filtros preferiblemente la

Transformada Discreta Wavelet con modelo SLIP. A pesar de los resultados positivos, los autores mencionan que el sistema tuvo algunos falsos positivos debido a la luminosidad de este, es por eso que se podría diseñar y construir un dispositivo que pueda tener iluminación homogénea y el fondo de un solo color para la captura de las fotografías en un ambiente controlado y así disminuir el porcentaje de falsos positivos.

Otro ejemplo sobre los trabajos realizados con visión artificial y la enfermedad de pie diabético es el realizado por [7] donde aplicando técnicas de procesamiento digital de imágenes se aplica segmentación por Transformada Watershed controlada por marcadores identificando heridas en el pie del paciente, así como su tamaño y ubicación de dicha herida. Obteniendo resultados favorables gracias a las técnicas avanzadas de segmentación de objetos y al ajuste de sensibilidad del sistema. Los autores mencionan que se podría mejorar este sistema al incluir la toma de imágenes del pie del paciente con pie diabético en un ambiente controlado.

SAM, Segment Anything Model, es una innovadora creación de Meta AI que tiene la capacidad de encontrar un objeto en un área o punto en específico, dividir la imagen por capas y cada capa es un posible objeto y segmentar automáticamente. Este nuevo modelo utiliza avanzadas técnicas de inteligencia artificial para identificar y poder separar objetos. El conjunto de datos que ha trabajado es más de 11 millones de imágenes con licencia [8].

En este trabajo se presenta un sistema para la identificación de lesiones en pies de pacientes con pie diabético el cual consiste en un módulo de adquisición de imágenes por medio de una cámara inalámbrica y una interfaz de usuario. Para lograrlo, se emplearon el lenguaje de programación Python con las librerías OpenCV, tkinter, y threading, una cámara GoPro HERO5 Session y una softbox. El presente sistema cuenta con la funcionalidad de realizar fotografías de forma inalámbrica mediante el uso de una cámara GoPro por medio de una interfaz gráfica desarrollada en python. Además, se ha incorporado el algoritmo SAM que permite dividir la imagen en pequeñas capas e identificar las lesiones en el pie de los pacientes con pie diabético, facilitando así su diagnóstico y seguimiento.

Materiales y métodos

En la siguiente figura se muestra la metodología del sistema (ver figura 1).

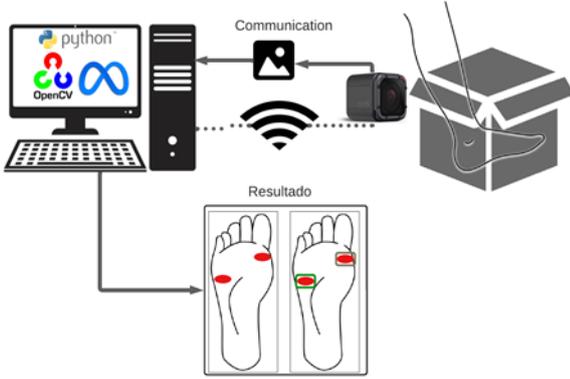


Figura 1. Metodología del Sistema.

En la figura 1 se describe el sistema el cual consiste en tomar una fotografía del pie del paciente con pie diabético en un espacio de ambiente controlado usando una softbox, la comunicación entre la cámara y el programa será de manera inalámbrica gracias a la conexión wifi que permite la cámara GoPro y dicha fotografía se almacena para su posterior preprocesamiento y así poder identificar las lesiones del paciente.

Para el diseño del softbox, es importante determinar la distancia necesaria entre el pie del paciente y la cámara. Para lograrlo, fue necesario realizar un estudio comparativo de cámaras para determinar cuál era la más adecuada. Los tres factores clave a analizar fueron el ángulo de visión, que determina la distancia necesaria entre la cámara, el tamaño del pie para capturar una imagen completa, y la resolución de la cámara, que nos brindará detalles importantes en el proceso de identificación de lesiones.

En la siguiente tabla (tabla 1) se muestran los materiales que se utilizó para realizar la softbox, sus características.

Tabla 1. Componentes comprados.

Nombre	Características	Precio
--------	-----------------	--------

GoPro 5 Hero Session. Características obtenidas de: ^[9] 	*Fotos a 10 megapíxeles *Wifi y Bluetooth *Fácil control con un sólo botón *Batería de 1.100 mAh NO extraíble.	\$ 14,050.38
Tira De Luces Led Blancas. Características obtenidas de: ^[10] 	*Voltaje: 110V/220V *Voltaje de funcionamiento: 12V *Largo: 10 m *Grado de protección: IP30	\$ 194.98

Para la aplicación del algoritmo de segmentación SAM se ideó una metodología que se puede visualizar en la siguiente imagen (ver figura 2).

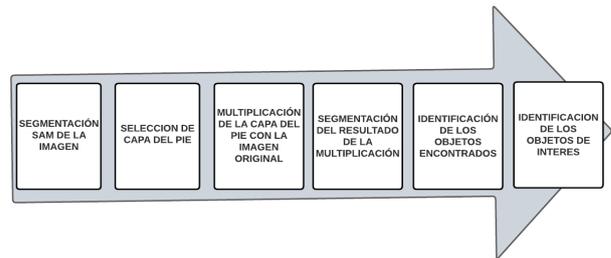


Figura 2. Metodología para identificar el área de interés.

El proceso comienza con la segmentación de la imagen original para permitir la visualización de las capas resultantes de dicha segmentación. Antes de esto, se elige la capa que mejor se asemeje a la forma del pie. Luego, se realiza una multiplicación entre la imagen original y la capa seleccionada, y el resultado se somete al mismo proceso mencionado anteriormente. A continuación, se detectan y se identifican todos los objetos presentes en el pie. Posteriormente, se lleva a cabo una depuración con el fin de identificar los objetos de interés.

Resultados

El empleo de tecnologías revolucionarias en el ámbito de la salud puede generar un efecto considerable en la identificación temprana de enfermedades y en la prevención de complicaciones graves. En relación con este tema, este trabajo propone un enfoque novedoso que busca poder realizar capturas de fotografías del pie del

paciente con pie diabético en un ambiente controlado para que dichas fotografías en un tiempo cercano puedan ser de ayuda para doctores e investigadores interesados en esta enfermedad.

Los resultados de la comparación de cámaras antes mencionado se obtuvo que la cámara que obtuvo mayores resultados positivos fue la GoPro Hero 5 Session, gracias a sus características se puede hacer un softbox de 44 cm de largo, 30 cm de ancho y 30 cm de alto (ver figura 3).



Figura 3. Softbox.

En la softbox se integra 2 tiras de leds por cada ángulo del pie a fotografiar dichos leds son de color blanco para tener una iluminación homogénea y poder fácilmente visualizar las lesiones del pie.

En la figura 4 podemos observar una de las fotografías tomadas del dataset usado en el preprocesado con la metodología propuesta.



Figura 4. Fotografía del pie de un paciente con pie diabético.

A continuación, se aplicó SAM para poder segmentar la imagen tomada (ver figura 5) y en la figura 6 se puede ver las diferentes capas en las que se dividió SAM la imagen, entre las capas obtenidas se selecciona la capa que tiene

forma de pie (ver figura 7), se realiza una multiplicación de la capa seleccionada y la imagen original para obtener el resultado que se visualiza en la figura 8.



Figura 5. Imagen original.



Figura 6. Segmentaciones realizadas por SAM a la imagen original.



Figura 7. Capa de interés.



Figura 8. Resultado de la multiplicación de la capa de interés e imagen original.

Una vez aplicada la segmentación para quitar el fondo de la imagen y obtener el área de interés, el pie sin el fondo, se aplicó nuevamente la segmentación a la imagen obtenida dando como resultado todas las capas de la figura 9, después se identificaron los objetos de interés de acuerdo con su tamaño que en este caso son las lesiones del pie, en donde se consideró un área en píxeles que se encuentren entre 400 y 2200 píxeles (ver figura 10 y 11). Esta elección de rango se basó en la observación previa del tamaño de cada lesión, identificando que los objetos de interés (las lesiones) se encontraban dentro de dicho rango. Cabe recalcar que en este trabajo a pesar de que la depuración no se hace de manera automática, se espera que en un trabajo futuro se pueda realizar de manera más eficiente usando un algoritmo de inteligencia artificial.



Figura 9. Segmentaciones realizadas por SAM en la imagen del resultado de la multiplicación.

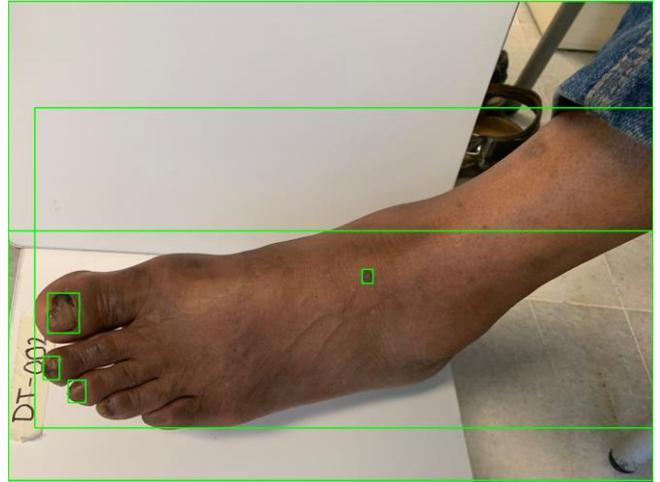


Figura 10. Identificación de los objetos encontrados por SAM.



Figura 11. Identificación de los objetos de interés.

Conclusiones

La meta principal de este trabajo es poder identificar las lesiones en pie de pacientes con pie diabético utilizando el algoritmo de segmentación SAM, los resultados en este trabajo son satisfactorios como se pueden ver las figuras, pero debe tenerse en cuenta que para tener una segmentación precisa como la que obtenemos con SAM se requiere de un poder de procesamiento alto, es por eso que se debe tomar en cuenta la arquitectura de la computadora que deba trabajar con SAM y por otra parte es una tecnología nueva posiblemente se pueda optimizar más de lo que ya está. No obstante, este estudio marca el inicio de un proyecto destinado a desarrollar un sistema (que a partir de los objetos detectados por el algoritmo de preprocesamiento se clasifiquen en lesiones y se pueda obtener un resultado del grado de afectación del pie de un paciente con diabetes). Su objetivo es brindar una herramienta útil en entornos de atención médica y establecimientos donde no se disponga de especialistas para llevar a cabo este tipo de diagnóstico.

Agradecimientos

Agradezco al CONAHCYT y a la UAGro por aceptarme en la maestría en donde estudio.

Referencias

- [1] Pop-Busui, R., Boulton, A. J., Feldman, E. L., Bril, V., Freeman, R., Malik, R. A., ... & Ziegler, D. (2017). Diabetic neuropathy: a position statement by the American Diabetes Association. *Diabetes care*, 40(1), 136.
- [2] Phillips, M. MedlinePlus. Bethesda (MD): Biblioteca Nacional de Medicina (EE. UU.). Síndrome del intestino irritable.
- [3] Doval, I. G., de la Torre Fraga, C., & Taboada, A. C. (2003). El pie diabético. *Medicina cutánea ibero-latino-americana*, 31(4), 221-232.
- [4] Pereira, N., Suh, H. P., & Hong, J. P. J. (2018). Úlceras del pie diabético: importancia del manejo multidisciplinario y salvataje microquirúrgico de la extremidad. *Revista chilena de cirugía*, 70(6), 535-543.
- [5] Rivera Méndez, G. E., & Mogrovejo Molina, D. G. (2021). PREVENCIÓN DE ÚLCERA DE PIE DIABÉTICO (Bachelor's thesis).
- [6] García Gómez, G., Valdés Santiago, D., Bager Díaz-Romañach, M. L., Savigne Gutiérrez, W. O., Aldama Figueroa, A., Valdés Pérez, C., ... & Fernández Montequín, J. I. (2019). Mejoramiento de contraste y segmentación en imágenes de úlceras del pie diabético. *Revista Cubana de Angiología y Cirugía Vascolar*, 20(3).
- [7] Juarez-Salinas, J. J., Solis-Sánchez, L. O., Castañeda-Miranda, R., Ortiz-Rodríguez, J. M., & Rosales, H. G. (2014). Algoritmo de procesamiento digital de imágenes para la detección y evaluación de heridas de pie diabético. *Difu100ci@*, *Revista de difusión científica, ingeniería y tecnologías*, 8(1), 11-16.
- [8] Kirillov, A., Mintun, E., Ravi, N., Mao, H., Rolland, C., Gustafson, L., ... & Girshick, R. (2023). Segment anything. *arXiv preprint arXiv:2304.02643*.
- [9] GoPro. (s.f.) GoPro HERO5 Session 10MP 4K Ultra HD Wifi - Cámara deportiva (4K Ultra HD, 3840 x 2160 Pixeles, 120 fps, 1280 x 720, 1920 x 1080, 2560 x 1440, 3840 x 2160 Pixeles, 720p, 960p, 1080p, 1440p, NTSC, PAL). Recuperado de: <https://www.amazon.com.mx/GoPro-HERO5-Session-10MP-Ultra/dp/B01LZTLCFX?th=1>
- [10] Tiras de luces led blanca (s.f.). Tira De Luces Led Blancas Regulador 10m 1200 led Para Hogar. Recuperado de: https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1855330782-tira-de-luces-led-blancas-regulador-10m-1200led-para-hogar-_JM#is_advertising=true&position=2&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=8d29e966-cc60-43a4-819e-5b94f2cb7e67&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=2&ad_click_id=MDA1OTRjMWMtNDQ2My00ZGRILWEyMTEtYTdINDQ1NjdiNGJi