



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA**

Validación de la imagen tridimensional para calcular el volumen de
úlceras de pie

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Médico Cirujano**

AUTOR:

Arce Infante, Emerson Manuel (orcid.org/0000-0001-5531-4558)

ASESOR:

Dr. Rodriguez Alonso, Dante Horacio (orcid.org/0000-0002-6662-9210)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Enfermedades No Transmisibles

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Promoción de la salud, nutrición y salud alimentaria

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, su existencia ha sido mi motivación en este capítulo de mi vida, el amor incondicional que me brindan es la luz que ilumina mi camino en cada momento oscuro de mi vida.

Agradecimiento

A mis padres cuyo sacrificio y dedicación hicieron posible este objetivo, gracias por estar presentes en cada situación de mi vida, este logro no es solo mío, sino nuestro.

A mis amigos y compañeros de carrera que se ganaron un lugar en mi corazón, gracias por estar para mi y no dejarme caer ante cualquier adversidad.

A mi asesor de tesis por compartir su conocimiento y brindarme orientación, gracias por su arduo trabajo y dedicación.

A todas las personas que de una u otra forma han contribuido en mi formación académica.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Resumen.....	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población muestra y muestreo	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimiento	11
3.6. Método de análisis de datos.....	12
3.7. Aspectos éticos.....	12
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN	19
VI. CONCLUSIONES	23
VII. RECOMENDACIONES	24
REFERENCIAS	25
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características epidemiológicas de pacientes diabéticos con úlcera diabética de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.	16
Tabla 2. Características clínicas de las úlceras de pie en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.	17
Tabla 3. Mediciones de las úlceras de pie de manera convencional en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada. ..	18
Tabla 4. Mediciones de las úlceras de pie usando imagen tridimensional en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.	18

RESUMEN

Introducción: La incidencia de diabetes a nivel mundial ha incrementado durante los últimos 10 años siendo el pie diabético una complicación que afecta al 15% de las personas que padecen diabetes a lo largo de su vida.

Objetivo: Validar la imagen tridimensional para calcular el volumen de las úlceras de pie en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

Metodología: Se realizó un estudio con diseño descriptivo en pacientes con úlceras de pie diabético atendidos en una unidad de pie diabético privada, en quienes se obtuvieron imágenes tridimensionales usando una cámara 3D modelo SENSE™ de segunda generación que se usaron para calcular el volumen de las úlceras, la información recolectada se compiló en una base de datos en el programa Excel que posteriormente fue procesada en el programa estadístico SPSS.

Resultados: Se obtuvieron 30 imágenes tridimensionales de úlceras de pie diabético tomadas con una cámara 3D, la medición en cuanto al largo arrojó una media de 2,39 cm, ancho una media de 2,26 cm, profundidad una media de 0,33 y volumen calculado con una media de 2,09 cm³.

Conclusiones: La medición de úlceras de pie diabético con el empleo de imágenes tridimensionales estima de manera fiable el volumen de las lesiones.

Palabras clave: Imágenes tridimensionales, úlcera de pie diabético, cámara 3D, volumen.

ABSTRACT

Introduction: The incidence of diabetes worldwide has increased during the last 10 years, with diabetic foot being a complication that affects 15% of people who suffer from diabetes throughout their lives.

Objective: Validate the three-dimensional image to calculate the volume of foot ulcers in diabetics from September to November 2023 in a private diabetic foot unit.

Methodology: A study with a descriptive design was carried out in patients with diabetic foot ulcers treated in a private diabetic foot unit, in whom three-dimensional images were obtained using a second generation SENSE™ model 3D camera that was used to calculate the volume of the ulcers, the information collected was compiled in a database in the Excel program that was subsequently processed in the SPSS statistical program.

Results: 30 three-dimensional images of diabetic foot ulcers were obtained, taken with a 3D camera. The measurements in terms of length showed an average of 2.39 cm, width, an average of 2.26 cm, depth, an average of 0.33 and volume calculated with an average of 2.09 cm³.

Conclusions: Measuring diabetic foot ulcers using three-dimensional images reliably estimates the volume of the lesions.

Keywords: Three-dimensional images, diabetic foot ulcer, 3D camera, volume.

I. INTRODUCCIÓN

La incidencia de diabetes a nivel mundial ha incrementado durante los últimos 10 años, es por eso se considera a esta patología como un problema de salud pública, dentro de esta realidad tanto los trabajadores del sector salud y los mismos pacientes van tomando conciencia en cuanto a la gravedad de esta enfermedad y las complicaciones que trae consigo, de las cuales destaca el pie diabético (1).

El pie diabético se presenta como una complicación que afecta al 15% de las personas que padecen diabetes a lo largo de su vida (2), entre las complicaciones más frecuentes de la diabetes se encuentra las úlceras de pie diabético que tienen una prevalencia del 4 al 10% de las personas diabéticas con una incidencia general que se sitúa entre el 5,8% y el 6%, especialmente en los Estados Unidos, mientras que en poblaciones más pequeñas oscila entre el 2,1% y el 2,2% (3). Se destaca que las complicaciones relacionadas con el pie diabético alcanzan una prevalencia de hasta el 25% y representan la causa principal de hospitalización (4).

La ulceración de pie se produce sobre todo en diabéticos mal controlados, la Fundación Internacional de Diabetes estima que a nivel global existe más de 537 millones de personas que tienen diabetes de las cuales entre 40 a 60 millones de personas son afectadas por úlceras de pie y entre 19% a 34% tendrán una úlcera de pie a lo largo de la evolución de la enfermedad, esto denota el incremento alarmante con respecto al año 2015 donde las estimaciones eran de 9 a 26 millones de personas padeciendo pie diabético (5).

El pie diabético se asocia con alta morbilidad, pobre calidad de vida para los pacientes y genera grandes costos en el sector salud (6). En el Reino Unido, el manejo de las úlceras de pie se estima en hasta 5,100 millones de euros y en Estados Unidos la estimación de gasto va de 9 a 13,000 millones de dólares, por lo que la medición de volumen de las heridas ayuda al médico a usar la terapia más idónea y rentable económicamente en el tratamiento de los pacientes (7).

Un metanálisis reveló que los países con mayor incidencia de úlceras de pie diabético fueron Bélgica (con un 16,6%), Canadá (con un 14,8%) y Estados

Unidos (con un 13,0%) (8). En Alemania, de un total de 64,9 millones de personas aseguradas en el año 2010, 6,9 millones padecían diabetes y la proporción de personas afectadas por úlceras de pie diabético variaba entre el 2% y el 10%, con una incidencia que oscilaba entre el 2% y el 6% (9). Por otro lado, en los Estados Unidos, se observó que la tasa de mortalidad anual de las personas con úlceras de pie diabético alcanzaba las 231 defunciones por cada 1000 personas (10).

La incidencia de úlceras de pie diabético en nuestro país es frecuente, según datos de estudio del centro nacional de epidemiología, prevención y control de enfermedades del Perú, en la sala situacional de diabetes I trimestre año 2022, informan que de 4917 nuevos casos reportados de diabetes el 36,8% son complicados y de los cuales el 6,3% representa el pie diabético (11).

En un estudio nacional que se enfocó en pacientes hospitalizados con Diabetes Mellitus, se identificó que aproximadamente el 18,9% de estos pacientes presentaban pie diabético, además se observó que la prevalencia de esta condición era más alta en los hospitales ubicados en las regiones de la costa y selva en comparación con los de la sierra (12). En el caso específico del Hospital Regional Lambayeque, se encontró que, de todos los pacientes registrados con diabetes, alrededor del 17,2% presentaba pie diabético y de los cuales un 9,72% había experimentado la amputación de al menos una extremidad (13).

Las complicaciones de la úlcera del pie diabético, impactan significativamente en la salud y la mortalidad a nivel global, debido a la necesidad de hospitalizaciones recurrentes y al riesgo de amputaciones, se ha informado que las personas que padecen diabetes tienen un riesgo de hasta el 40% de sufrir una amputación en una extremidad inferior, mientras que el riesgo de desarrollar una úlcera del pie diabético a lo largo de su vida es aproximadamente del 25% (14). Las amputaciones realizadas debido a úlceras de pie complicadas conllevan una tasa de mortalidad del 40% a los cinco años, y esta cifra puede llegar hasta el 80% en casos de amputaciones de mayor alcance (15).

La formulación del problema fue: ¿Cuál es la validez de la imagen tridimensional para calcular el volumen de las úlceras de pie en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada?

El presente trabajo tuvo como justificación el poder demostrar que usando imágenes tridimensionales podemos calcular el volumen de úlceras de pie en diabéticos, asimismo ayudar a una población vulnerable ya que quienes padecen esta enfermedad en su mayoría son adultos mayores, al identificar el volumen de las úlceras se puede hacer seguimiento de ellas propiciado un manejo adecuado que evite gastos excesivos en curaciones y tratamiento adicional en un futuro.

El objetivo general fue validar la imagen tridimensional para calcular el volumen de las úlceras de pie en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

El primer objetivo específico fue describir las características epidemiológicas y clínicas de los diabéticos con úlcera diabética de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

El segundo objetivo específico fue realizar mediciones de las úlceras de pie de manera convencional en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

El tercer objetivo específico fue realizar mediciones de las úlceras de pie usando imagen tridimensional en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

La hipótesis que se planteó para el presente proyecto de investigación fue implícita por ser un estudio descriptivo.

II. MARCO TEÓRICO

Se han logrado reportar diversos estudios que abordan la determinación de volumen de úlceras de pie en diabéticos mediante el uso de imágenes tridimensionales, entre los cuales se puede detallar los siguientes antecedentes a nivel internacional:

Lasschuit et al Australia, 2020 determinaron que las cámaras 3D ofrecen ventajas prácticas, una cámara de herida 3D disponible en el mercado proporcionó una medición de área confiable, comparable a la estimación basada en la medición con una regla, los beneficios destacables son los de una mejor documentación y comunicación entre los sitios remotos y los servicios especializados (16).

Jorgensen et al Dinamarca, 2018 determinaron que la cámara tridimensional 3D-WAM es un instrumento preciso y fiable para medir el volumen de varios tipos de heridas, especialmente el volumen de heridas grandes y profundas, además, por ser tecnología digital se puede usar en sitios remotos contribuyendo al seguimiento a distancia de las úlceras (17).

Peña et al Australia, 2020 determinaron que el sistema de imágenes tridimensionales de la cámara WoundVue es capaz de recrear un modelo digital 3D produciendo datos consistentes ideales para monitorear heridas a lo largo del tiempo, por lo que esta cámara tiene potencial como complemento valioso en el cuidado de úlceras de pie diabético (18).

Malone et al Australia, 2019 determinaron que la cámara tridimensional usada para la medición de volumen de las heridas muestra una gran utilidad y puede servir como marcador pronóstico en la evolución de una úlcera al observar su proceso de curación, además permite la identificación precoz de úlceras de pie refractarias a la atención estándar y facilita la implementación de un manejo individualizado (19).

Bayareh et al México, 2021 determinaron que la cámara térmica de imágenes tridimensionales Ti32 se destaca por su capacidad para crear una representación en tres dimensiones del pie en personas con diabetes, lo que la convierte en una herramienta prometedora en el diagnóstico de esta

enfermedad, demostrándose que es una técnica adecuada para detectar variaciones en la temperatura del pie y evaluar cómo progresa la enfermedad y sus complicaciones con el tiempo (20).

Van Doremalen et al Países Bajos, 2021 determinaron que el sistema de imágenes médicas en tres dimensiones Vectra XT ofrece imágenes térmicas tridimensionales del pie que son clínicamente útiles, teniendo gran potencial para la evaluación de úlceras de pie diabético al permitir el seguimiento de la temperatura de la piel y la evolución de la enfermedad en el entorno hospitalario a través de herramientas informáticas especializadas (21).

Anghel et al Estados Unidos, 2016 determinaron que el dispositivo de medición de heridas en tres dimensiones (3DWM) ofrece mediciones precisas y consistentes de la longitud, ancho, área, profundidad y volumen de las heridas, siendo una solución portátil para evaluar de manera objetiva las heridas de pie diabético en el contexto clínico, lo cual es esencial para monitorear la evolución de las heridas y evaluar la efectividad del tratamiento (22).

Chaby et al Francia, 2017 determinaron que el sistema de imágenes digitales en tres dimensiones LifeViz el cual integra una cámara 3D junto con un software de procesamiento de imágenes es un método estereofotográfico que ofrece mediciones de volumen igualmente precisas y fiables a las obtenidas mediante el método tradicional de planimetría, destaca por su excelente fiabilidad en la captura de imágenes y por la calidad de las mismas, aspectos cruciales al momento de evaluar los resultados del tratamiento (23).

El International Working Group on the Diabetic Foot define al pie diabético como “Infección, ulceración o destrucción de los tejidos del pie de una persona con diabetes mellitus diagnosticada actual o previamente, generalmente acompañada de neuropatía y/o enfermedad arterial periférica en la extremidad inferior” (24). Por otro lado, la Fundación Internacional de Diabetes, define a la úlcera como “ruptura de la epidermis y al menos parte de la dermis en una persona con diabetes” (25).

El proceso fisiopatológico que lleva al desarrollo del pie diabético es similar en la mayoría de pacientes a pesar de las diferencias en la prevalencia observada en diferentes regiones alrededor del mundo, por lo general, la

formación de úlceras en personas con diabetes necesita de factores de riesgo siendo la neuropatía periférica y la enfermedad arterial periférica las cuales dan paso al desarrollo de úlceras de pie diabético (26).

La mayoría de las lesiones ulcerosas se producen cuando hay una falta severa de flujo sanguíneo siendo los lugares comúnmente afectados el talón, así como el primer y quinto metatarsiano (27). Las úlceras suelen tener características típicas, como tejido periférico no viable, una base necrótica pálida y en algunos casos pueden estar cubiertas por tejido fibroso, la gravedad de la infección, las condiciones médicas concurrentes y la presencia o ausencia de enfermedad arterial periférica determinarán el pronóstico de la patología (28).

La formación y cicatrización de las úlceras en el pie diabético se ven influenciadas por diversos factores que pueden ser complejos y prolongados en su duración, la gravedad de la úlcera y el tiempo necesario para su recuperación son elementos clave para determinar el diagnóstico y el tratamiento adecuado, en este contexto, contar con un sistema de clasificación de úlceras de pie resulta útil, ya que facilita la orientación en cuanto al manejo y los programas de atención necesarios (29).

El sistema de Wagner evalúa el tamaño y extensión de las úlceras de pie diabético, sin embargo, carece de componentes para evaluar el nivel de restricción de flujo sanguíneo, conocido como isquemia, por otro lado, la clasificación de la Universidad de Texas, abarca tanto factores infecciosos como factores de isquemia, de esta forma complementa y amplía la evaluación al considerar múltiples aspectos de la condición (30).

La clasificación de la Universidad de Texas(31) también evalúa la profundidad de la herida, si hay infección y presencia de signos clínicos de isquemia, utiliza un determinante de estadios en el eje vertical y de grados en el eje horizontal, la clasificación es la siguiente:

- Grado 0: sitio pre o posulceroso que ha sanado.
- Grado 1: herida superficial que no llega a tendón, cápsula o hueso.
- Grado 2: herida que llega hasta tendón o cápsula.
- Grado 3: herida que penetra en hueso o articulación.

Dentro de cada grado hay cuatro estadios:

- Estadio A: heridas limpias.
- Estadio B: heridas infectadas no isquémicas.
- Estadio C: heridas no infectadas isquémicas.
- Estadio D: heridas infectadas isquémicas.

La presencia de neuropatía es el principal elemento de riesgo asociado al desarrollo de úlceras de pie en diabéticos (32). La afectación de las células nerviosas responsables del movimiento provoca deformidades en el pie, lo que aumenta el riesgo de dañar los tejidos y los huesos, por otro lado, el daño en las células nerviosas encargadas de la sensación protectora conlleva a la pérdida de esa capacidad, esto significa que los pacientes con neuropatía pueden desarrollar úlceras en la piel sin darse cuenta durante largos períodos de tiempo y como consecuencia, los tejidos blandos expuestos quedan susceptibles a la colonización de patógenos, lo cual puede llevar a infecciones en los tejidos (33).

Las úlceras neuroisquémicas en el pie diabético son propensas a la infección, aunque esta no suele ser la causa principal de ulceración, sin embargo, la presencia de infección está estrechamente asociada con mayor riesgo de amputación, especialmente en pacientes con enfermedad arterial periférica, la infección profunda se caracteriza por presencia de osteomielitis o una infección de tejidos blandos que se disemina a lo largo del tendón, por ende este factor se encuentra directamente relacionado con la probabilidad de amputación (34).

Alrededor del 60% de las úlceras en el pie diabético presentan complicaciones relacionadas con infecciones, siendo la osteomielitis una de las más comunes, especialmente en casos más graves, el tratamiento definitivo para estas infecciones suele implicar regímenes prolongados de antibióticos o en situaciones más extremas la necesidad de realizar una amputación, la presencia de osteomielitis está asociada con tasas elevadas de amputación, que se observan en aproximadamente el 10-15% de los pacientes que muestran una infección moderada y de 50-60% en aquellos con infecciones severas (35).

Con el fin de prevenir amputaciones debido a infecciones en las úlceras de pie diabético, es necesario lograr su cicatrización mediante los tratamientos que incluyen procedimientos de desbridamiento, que consisten en la eliminación de

tejido muerto, dañado, infectado o cuerpos extraños de la herida, además se incluye el manejo de la insuficiencia arterial, uso de vendajes específicos para el cuidado de la herida, adecuado control del nivel de glucosa en sangre, nutrición adecuada y en caso de infección la administración de antibióticos según sea necesario; estas intervenciones terapéuticas combinadas ayudan a fomentar la curación de las úlceras y a prevenir complicaciones más graves (36).

El debridamiento es una estrategia crucial en el manejo de las úlceras ya que promueve la formación de tejido nuevo en la herida, esta técnica consiste en la eliminación del tejido fibroso y muerto de la úlcera, es un procedimiento importante ya que permite que los bordes de la herida se aproximen adecuadamente y facilita el proceso de cicatrización, basándose en evidencia previamente publicada, el desbridamiento se recomienda como una de las principales intervenciones en el manejo del pie diabético (37).

Las infecciones en el pie diabético pueden estar causadas por una sola bacteria o por múltiples bacterias, lo que se conoce como infecciones mono o polimicrobianas, en las infecciones más comunes se aíslan con mayor frecuencia bacterias como el *S. aureus*, *Streptococcus spp.* y *Enterococcus spp.*, especialmente los estafilococos, sin embargo, también se han observado organismos gramnegativos como *Pseudomonas spp.*, *E. coli*, *Klebsiella spp.*, *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter cloacae* y *Proteus mirabilis* en frecuencias significativas a nivel mundial, es importante destacar que, a nivel global, el *S. aureus* es la bacteria más comúnmente identificada (38).

El primer paso en el tratamiento de úlceras de pie diabético consiste en evaluar cuidadosamente la herida, lo cual implica medir con precisión diferentes aspectos, como el tamaño del área afectada, la profundidad y el volumen (39). Estas úlceras tienen una dimensión espacial, es decir, poseen tanto superficie como profundidad, en consecuencia, evaluar el volumen es otra medida que nos permite comprender la evolución del proceso de cicatrización y para calcular de manera simple el volumen de una úlcera, se multiplica su longitud por su ancho y profundidad (40).

El método tradicional para valorar el volumen de úlceras de pie diabético es mediante el uso de una regla milimetrada que se posiciona sobre la herida o a

un costado de la misma obteniendo de esta manera medidas en cuanto a longitud, ancho y profundidad, para determinar cuán profunda es la lesión se puede emplear un hisopo de algodón, es importante realizar esta medida ya que si solo se toma en cuenta la longitud y el ancho no se refleja el tamaño real de la úlcera (41).

El uso de sistemas digitales es otra manera con la cual se puede medir el volumen de úlceras de pie diabético, consiste en tomar imágenes de la lesión con cámaras especializadas diseñadas para tal propósito que luego serán procesadas en un software que muestra la herida en sus 3 dimensiones, además estos sistemas proveen información adicional detallada sobre el estado de la úlcera permitiendo una mejor comprensión de su evolución, al utilizar estas tecnologías se puede determinar si la atención brindada está siendo efectiva y si se requiere algún ajuste en el tratamiento para asegurar una adecuada recuperación (42).

La tecnología desempeña un rol importante para la detección temprana de úlceras de pie diabético, se ha desarrollado una combinación de cámaras y sistemas informáticos para detectar trastornos neuropáticos en pacientes diabéticos, esta tecnología avanzada tiene la ventaja de poder utilizarse como medida de diagnóstico precoz gracias a la detección temprana de alteraciones neuropáticas por lo que se pueden implementar intervenciones preventivas y de tratamiento de manera oportuna contribuyendo a reducir el riesgo de aparición de úlceras y brindar un manejo más efectivo de las mismas (43).

En la actualidad se utilizan diferentes métodos de imagen para examinar el pie diabético, como el ultrasonido Doppler color, la angiografía por resonancia magnética, tomografía computarizada o por sustracción digital, la elección del método de imagen adecuado debe basarse según las necesidades de los pacientes, es importante considerar factores como la disponibilidad de los equipos, la comodidad del paciente y la precisión requerida en la evaluación, en última instancia, se busca seleccionar el método de examen de imágenes que proporcione la información más precisa y útil para guiar el tratamiento y la atención del paciente con pie diabético (44).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo de investigación es un estudio aplicado con un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo y diseño de investigación descriptivo. El gráfico del diseño de investigación en Anexo 1.

3.2. Variables y operacionalización

Variable observacional 1: Imágenes tridimensionales para volumen, definida conceptualmente como representación visual que muestra las 3 dimensiones: largo, ancho y altura, definida operacionalmente como proceso de capturar imágenes de la úlcera utilizando una cámara tridimensional (16).

Operacionalización de variables en detalle en el Anexo 2.

3.3. Población muestra y muestreo

Población y escenario

Pacientes diagnosticados con diabetes tipo 2 y úlceras de pie atendidos en el centro médico especializado denominado ORTOCENTRO CPT en la ciudad de Trujillo durante el 2023.

Criterios de inclusión

Pacientes con úlceras de pie diabético confirmadas clínicamente.

Pacientes con edad mayor a 18 años de ambos géneros.

Pacientes que estén dispuestos a participar voluntariamente en el estudio.

Criterios de exclusión

Pacientes sin amputación de miembros inferiores.

Pacientes con infección grave sistémica o sepsis.

Pacientes con enfermedades vasculares graves que afecten la circulación sanguínea en los pies.

Muestra

Constituida por la población que cumple con los criterios de inclusión y exclusión atendidos en un centro médico especializado de Trujillo. El tamaño de muestra fue de 30 úlceras de pie, cifra basada en la misma cantidad de un estudio local (45) ya que no se puede extrapolar información del volumen porque dicho estudio no tuvo ese objetivo y los

antecedentes mundiales no podrían adaptarse a nuestra realidad sea por diferente uso de cámara o contexto de salud.

Muestreo

Fue realizado por muestreo no probabilístico tipo expertos. Personal del centro médico especializado que en base a conocimientos y experiencia obtuvo el número de muestra representativo de la población.

Unidad de análisis

Úlceras de pie en diabéticos con imágenes tridimensionales que fueron capturadas con una cámara 3D realizado en un centro médico especializado.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se realizó fue la observación por metodología de examen clínico y de captura de imágenes utilizándose una ficha de recolección de datos la cual cuenta con la validación de expertos según Rodríguez et al (45).

El instrumento de recolección de datos fue una guía de observación y se muestra en el Anexo 3.

La cámara 3D Sense™ presenta validez y confiabilidad para la medición de pie con algunas limitaciones en las medidas, muestra su uso en el ámbito anatómico según Farhan et al (46). Esta cámara en comparación con una regla y una cámara 2D, puede proporcionar valores más precisos de ancho, largo y profundidad, sin necesidad de equipos adicionales según Tassanavipas et al (47).

3.5. Procedimiento

Las actividades que se desarrollaron se detallan a continuación:

Primero se solicitó el permiso de ejecución de proyecto por parte del comité de ética en investigación de la UCV, asimismo se solicitó el permiso del director del centro médico especializado en pie diabético para la ejecución del estudio y obtención de los datos a evaluar, la solicitud que se presentó fue emitida por la dirección de la escuela de Medicina de la UCV y fue autorizado según anexo 4.

Los pies de pacientes diabéticos fueron examinados clínicamente por expertos del centro médico especializado mediante examen físico para poder identificar la presencia de úlceras que están definidas operacionalmente como herida abierta en el pie de una persona con diabetes.

La zona medida de la úlcera fue previamente limpiada y debridada para la correcta medición.

Las imágenes de las úlceras fueron captadas por personal adiestrado en la técnica de escaneo sobre la zona de interés que es la región del pie dorso o plantar en regiones como antepié, medio pie y retropié, la distancia de la cámara a la úlcera fue de 40 cm.

Las úlceras de pie diabético fueron medidas en 3 dimensiones (largo, ancho y profundidad) por parte del equipo experto del centro médico especializado usando el Software específico de la cámara tridimensional (escáner) modelo Sense™ en la plataforma de Windows 10 de una computadora portátil, guardando la información en su base de datos.

La base de datos presente en anexo 5, se elaboró utilizando la información obtenida mediante la ficha de recolección de datos, que luego se procesó y analizó con el uso de softwares estadísticos.

3.6. Método de análisis de datos

La información que se obtuvo en las fichas de recolección de datos se compiló en tablas de Excel. Los datos de las características clínicas y epidemiológicas se presentaron usando estimadores de frecuencias absolutas y relativas, promedio y desviación estándar según variable cuantitativa o cualitativa de las características y luego fueron resumidas en tablas. Las mediciones de largo, ancho, profundidad, área y volumen se realizaron con estimadores de promedio y desviación estándar.

3.7. Aspectos éticos

La investigación se ejecutó considerando los principios éticos descritos en la Declaración Internacional de Derechos Humanos para la investigación médica, protegiendo la privacidad de los sujetos de investigación y la confidencialidad de su información personal. No se modificó el contenido

de los instrumentos de recolección de información y en todo momento se mantuvo el anonimato de los pacientes participantes. No se realizó consentimiento informado ya que solo se obtendrá los datos ya realizados por el centro médico. El proyecto pasará por el comité de ética de la Escuela de Medicina de UCV.

IV. RESULTADOS

En el análisis descriptivo se encontró que la edad promedio de la población de estudio fue de $58,63 \pm 10,193$ años, de los cuales el 70% de pacientes con úlcera de pie diabético corresponde al género masculino ($n=21$), por otro lado el género femenino representa el 30% ($n=9$), el tiempo de diagnóstico de diabetes fue de más de 5 años en el 100% de la muestra, se encontró además que el 40% de la población presentaba algún antecedente de comorbilidad (retinopatía, nefropatía, accidente cerebrovascular, infarto agudo de miocardio, hipertensión arterial), se destaca que el 90% de la población de estudio presentó neuropatía periférica, todos los detalles epidemiológicos se encuentran organizados con detalle en la tabla 1.

Según localización topográfica el antepié fue la zona más afectada por úlceras de pie diabético con un 63,3% de pacientes, según localización por sector el dorso presente en 56,7% de los pacientes y según localización anatómica los hallazgos fueron en hallux representado por el 30% de pacientes. Todos los datos clínicos se encuentran organizados con detalle en la tabla 2.

Las mediciones de las úlceras de pie realizadas de manera convencional usando una regla mostró medidas en cuanto al largo: un mínimo encontrado de 0,90 cm un máximo de 7,0 cm con una media de 2,28 cm y una desviación estándar de 1,59 cm, en cuanto al ancho un mínimo de 0,50 cm un máximo de 6,0 cm con una media de 2,20 cm y una desviación estándar de 1,48 cm, con las medidas obtenidas en cuanto al largo y ancho se determinó el área en cm^2 de las úlceras multiplicando dichos parámetros obteniendo un área mínima de 0,45 cm^2 un máximo de 42,0 cm^2 con una media de 7,04 cm^2 y una desviación estándar de 10,26 cm^2 . Todos los datos de las mediciones se encuentran organizados con detalle en la tabla 3.

Las mediciones de las úlceras de pie realizadas usando imágenes tridimensionales con una cámara 3D mostró medidas en cuanto al largo un mínimo de 0,80 cm un máximo de 7,30 cm con una media de 2,39 cm y una desviación estándar de 1,52 cm, en cuanto al ancho un mínimo de 0,70 cm un máximo de 6,40 cm con una media de 2,26 cm y una desviación estándar de 1,52 cm, en cuanto a la profundidad un mínimo de 0,20 cm un máximo de 0,60

una media de 0,33 y una desviación estándar de 0,12cm, en cuanto al área un mínimo de 0,85 cm² un máximo de 46,72 cm² una media de 7,30 cm² y una desviación estándar de 10,52 cm², en cuanto al volumen las medidas se obtuvieron multiplicando los datos de largo ando y profundidad, obteniendo un mínimo de 0,17 cm³ un máximo de 9,34 cm³ una media de 2,09 cm³ y una desviación estándar de 2,32 cm³. Todos los datos de las mediciones se encuentran organizados con detalle en la tabla 4. La medición usando imágenes tridimensionales se puede observar en el anexo 6.

Tabla 1. Características epidemiológicas de pacientes diabéticos con úlcera diabética de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

Parámetro	n	%
Género		
Masculino	21	70,0
Femenino	9	30,0
Tipo de tratamiento		
Orales	25	83,3
Insulina	5	16,7
Combinado	0	0,0
Tiempo de diagnóstico de diabetes		
Menos de 5 años	0	0,0
Más de 5 años	30	100,0
Regularidad en atención médica		
Si	17	56,7
No	13	43,3
Comorbilidades		
Si	12	40,0
No	18	60,0
Antecedentes de amputación mayor		
Si	1	3,3
No	29	96,7
Antecedentes de amputación menor		
Si	7	23,3
No	23	76,7
Primera vez úlcera		
Si	16	53,3
No	14	46,7
Recidiva de úlcera		
Si	11	36,7
No	19	63,3
Tipo de tratamiento de úlcera		
Convencional	23	76,7
Adyuvante	7	23,3
Neuropatía periférica		
Si	27	90,0
No	3	10,0
Enfermedad arterial periférica		
Si	15	50,0
No	15	50,0

Tabla 2. Características clínicas de las úlceras de pie en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

Parámetro	n	%
Lado afectado por úlcera		
Pie derecho	17	56,7
Pie izquierdo	13	43,3
Localización topográfica		
Antepié	19	63,3
Mediopié	2	6,7
Retropié	9	30,0
Localización por sector		
Dorso	17	56,7
Planta	13	43,3
Localización anatómica		
Hallux	17	30,0
Dedos menores	13	20,0
Metatarso	3	10,0
Dorso del pie	3	10,0
Arco plantar interno	0	0,0
Arco plantar externo	0	0,0
Talón	3	10,0
Borde medial del pie	1	3,3
Borde lateral del pie	2	6,7
Borde posterior del pie	3	10,0
Volumen de secreción		
Escaso	14	46,7
Regular	14	46,7
Abundante	2	6,6
Tipo de secreción		
Seroso	10	33,3
Sanguinolento	9	30,0
Purulento	11	36,7
Color predominante de la úlcera		
Rojo	17	56,7
Amarillo	12	40,0
Negro	1	3,3
Profundidad de la úlcera		
Superficial	5	16,7
Profunda no ósea	17	56,7
Profunda ósea	8	26,6

Tabla 3. Mediciones de las úlceras de pie de manera convencional en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

	Mínimo	Máximo	μ	σ
Largo en cm	0,90	7,00	2,28	1,59
Ancho en cm	0,50	6,00	2,20	1,48
Área en cm²	0,45	42,00	7,04	10,26

Tabla 4. Mediciones de las úlceras de pie usando imagen tridimensional en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada.

	Mínimo	Máximo	μ	σ
Largo en cm	0,80	7,30	2,39	1,52
Ancho en cm	0,70	6,40	2,26	1,46
Profundidad en cm	0,20	0,60	0,33	0,12
Área en cm²	0,84	46,72	7,30	10,52
Volumen en cm³	0,17	9,34	2,09	2,32

V. DISCUSIÓN

Este estudio proporcionó un enfoque en cuanto al uso de las imágenes tridimensionales para medir el volumen de úlceras de pie diabético, además brindó hallazgos detallados sobre las características epidemiológicas y clínicas de los pacientes con úlcera diabética.

Se evidenció que la edad promedio de $58,63 \pm 10,193$ años indica que la población de estudio tiende a ser mayor con una prevalencia más alta en el género masculino (70%) lo que sugiere una diferencia de género en la incidencia de úlceras diabéticas en esta muestra específica. Estos hallazgos coinciden con estudios enfocados en el pie diabético, Alhubail et al (48) en el 2020 quienes encontraron en su estudio que de 513 pacientes con úlcera de pie diabético la edad media fue de 62 ± 11 años de los cuales el 66,9% pertenecían al género masculino, en otro estudio realizado por Lasschuit et al (16) en el 2021 quienes encontraron que de 38 participantes la edad media fue de 65 ± 15 años de los cuales el 79% pertenecían al género masculino, se puede observar que este último estudio tiene una muestra más reducida y cercana a la presente investigación equiparable en cuanto al perfil demográfico de los pacientes con úlcera de pie diabético con una diferencia significativa entre sexos.

Un hallazgo notable en la población de este estudio es que el 100% de los participantes lleva más de 5 años con el diagnóstico de diabetes, estos resultados muestran similitud con un estudio realizado por Boyko et al (49) en el 2022 con 1441 participantes donde la incidencia de la primera úlcera de pie diabético se produjo entre los 10 a 23 años de seguimiento desde el diagnóstico de diabetes, este hallazgo sugiere que las úlceras de pie diabético se desarrollan con la cronicidad de la diabetes aunque cabe resaltar que en esta investigación se tomó como punto de corte 5 años de diagnóstico de diabetes.

La neuropatía periférica que se diagnosticó con anormalidades en las pruebas del monofilamento y diapasón fue un hallazgo considerable en este estudio ya que estuvo presente en el 90% de la población, este hallazgo tiene similitud con el estudio realizado por López et al (50) en el 2023 quienes encontraron que de 81 participantes con úlceras de pie diabético el 97,5% ($n=79$) tenían neuropatía periférica, por otro lado un estudio realizado por Yunir et al

(51) en el 2021 quienes encontraron que de 123 participantes con úlceras de pie diabético el 91,3% (n=94) tenían neuropatía periférica. Con estos datos podemos evidenciar que la neuropatía periférica juega un papel importante en la patogénesis del pie diabético tal como se menciona en una revisión realizada por Soldevila et al (32) quienes indican que la presencia de neuropatía es el principal elemento de riesgo asociado al desarrollo de úlceras de pie en diabéticos.

Las zonas del pie más comúnmente ulceradas según ubicación topográfica y anatómica fueron en el antepié (63,3%) y hallux (30%) respectivamente, estos hallazgos muestran coincidencia con los resultados obtenidos en el estudio de Yunir et al (51) en el 2021 quienes encontraron que de 123 participantes con úlceras de pie diabético el 62,5% tenían úlceras localizadas topográficamente en el antepié, por otro lado en el estudio de Petersen et al (52) en el 2020 quienes encontraron que de 129 participantes el 56,6% tenían úlceras ubicadas anatómicamente en el hallux. Estos hallazgos muestran que las úlceras de pie diabético se desarrollan en su mayoría según ubicación topográfica en el antepié y anatómica en el hallux, dato sustentado por el hecho de que el área del antepié tiene la carga máxima de presión facilitando el desarrollo de úlceras con mayor frecuencia en esta zona (51).

Las mediciones de las úlceras de manera convencional se realizaron utilizando una regla tomando medidas en centímetros en cuanto a la longitud y el ancho, datos que al multiplicar sirvieron para determinar el área de cada úlcera, en general se encontró que la longitud, el ancho y el área de ulceración se podía medir de una manera confiable en el enfoque basado con una regla, cada destacar que esta medición se limita a puntos únicos en una vista bidimensional. Por otro lado las mediciones de las úlceras usando un enfoque tridimensional se realizó con imágenes en 3 dimensiones capturadas con una cámara 3D modelo SENSE™ de segunda generación operada por un especialista, este último enfoque permitió obtener mediciones en cuanto a la profundidad que al multiplicar con la longitud y ancho se logró calcular el volumen de las úlceras.

En cuanto a las mediciones de longitud de las úlceras se obtuvo una diferencia de la media de 0,11 cm entre ambos enfoques, en cuanto al ancho

una diferencia de media de 0,06cm, en cuanto al área calculada una diferencia de media de 0,26 cm², en cuanto a la medición de la profundidad esta se realizó solo con la imagen tridimensional ya que fue el enfoque que brindó parámetros en 3 dimensiones por lo que en profundidad se registró una media de medición de 0,33 cm, obteniendo una media de volumen de 2,09 cm³.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que usando imágenes tridimensionales se puede calcular el volumen de úlceras de pie diabético gracias a la estimación confiable de las mediciones en sus tres dimensiones.

Existen diversos estudios previos que apoyan los resultados encontrados, Lasschuit et al (16) evaluaron la confiabilidad de la medición de úlceras de pie diabético usando una cámara tridimensional modelo eKare inSight en comparación con una regla, encontrándose que ambos métodos otorgaron medidas confiables y equiparables en cuanto al área de las úlceras, aunque en cuanto a la medición de la profundidad la cámara 3D utilizada en dicho estudio no pudo lograr un registro en más de la mitad de los participantes, mediciones que en el presente estudio si pudieron ser registradas y podría justificarse por el hecho de usar un distinto modelo de cámara tridimensional.

Jorgensen et al (17) en su estudio evaluaron la confiabilidad de las mediciones de heridas utilizando una cámara tridimensional modelo 3D-WAM y compararlas con un método tradicional, este estudio señala que la cámara 3D-WAM arroja mediciones fiables en distintos tipos de heridas, destacando la utilidad al momento de determinar el volumen en heridas grandes y profundas y al basarse en tecnología digital permite su uso en entornos remotos, estos datos son semejantes a los hallazgos del presente estudio ya que si se pudo calcular el volumen de las úlceras diabéticas usando imágenes 3D incluyendo el de una úlcera relativamente grande calculado en 60,736 cm³ mostrando la utilidad en la evaluación clínica.

Peña et al (18) en su estudio evaluaron la confiabilidad en la evaluación de las úlceras de pie diabético de la cámara tridimensional WoundVue, en dicha investigación se encontró que las imágenes tridimensionales capturadas con la cámara WoundVue mostraron buena concordancia en las mediciones del área y del volumen, los autores concluyeron que las imágenes digitales

tridimensionales son idóneas para dar seguimiento a las úlceras a través del tiempo, estos hallazgos muestran similitud con el presente estudio ya que los resultados obtenidos por la cámara SENSE™ produjo medidas consistentes en cuanto al área y volumen teniendo así un valioso potencial para valorar la evolución clínica de las úlceras de pie diabético.

La importancia clínica del estudio es que se ha proporcionado una visión en cuanto a la utilidad de las imágenes tridimensionales para la medición del volumen de las úlceras de pie en diabéticos de manera confiable, capaz de ser repetitivo en otros centros médicos como parte de la atención médica de pacientes con ulceraciones diabéticas, además de haber brindado una evaluación completa y detallada en cuanto a características clínicas y epidemiológicas de pacientes con úlceras de pie diabético, en las cuales se pueden examinar posibles recomendaciones para investigaciones o intervenciones futuras fundamentadas en los hallazgos obtenidos.

La fortaleza del estudio radica en que se ha podido cumplir con los objetivos planteados al contar con el apoyo del centro médico especializado y de un especialista en pie diabético certificado en el extranjero con experiencia en el uso de equipos para la valoración clínica de las úlceras diabéticas quien facilitó la cámara tridimensional SENSE™ de segunda generación la cual ofrece funciones de escaneo 3D rápido y portátil, y poder así equiparar los resultados obtenidos a estudios internacionales previos.

La debilidad del estudio se encuentra en el pequeño tamaño muestral obtenido el cual es inferior si se compara con estudios previos similares, además de no contar con un método alternativo para medir las úlceras en 3 dimensiones y comparar los resultados obtenidos con la cámara usada en este estudio.

La limitación encontrada en el estudio radica en la ausencia por parte de pacientes con úlcera de pie diabético que acudan para atención médica en el centro médico donde se realizó la investigación debido a que el centro recién está instalándose en su nuevo local.

VI. CONCLUSIONES

Este estudio de tipo descriptivo buscó validar la imagen tridimensional para calcular el volumen de las úlceras de pie en diabéticos de setiembre a noviembre de 2023 en una unidad de pie diabético privada, en una población muestral de 30 pacientes con úlcera diabética se concluyó lo siguiente:

Las úlceras de pie diabético afectan a personas adultas con tiempo de diagnóstico de diabetes mayor a 5 años siendo más frecuente en el género masculino, con una distribución más habitual en el antepié y hallux, acompañándose con elevada prevalencia de neuropatía periférica.

La medición convencional de úlceras de pie diabético demostró ser una herramienta confiable para estimar el tamaño de las lesiones ofreciendo medidas precisas en dos dimensiones.

Las imágenes tridimensionales se destacan en su capacidad única para proporcionar medidas en tres dimensiones de las úlceras de pie diabético permitiendo calcular su volumen de manera fiable.

VII. RECOMENDACIONES

Expandir el tamaño de la muestra estudiada para aumentar la representatividad de los resultados y brindar una validación interna más sólida a este estudio.

Ampliar el intervalo de tiempo de investigación brindado para la recolección de datos.

Incorporar un método de medición adicional que posibilite medir las úlceras de pie diabético de manera tridimensional, permitiendo así la comparación de los resultados con los obtenidos mediante la cámara 3D empleada en este estudio y brindar así mayor validez al enfoque de esta investigación.

REFERENCIAS

1. Hinchliffe R, Forsythe R, Apelqvist J, Boyko E, FitrIDGE R, Hong J, et al. International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF). Guidelines on diagnosis, prognosis, and management of peripheral artery disease in patients with foot ulcers and diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36 Suppl 1:8-15. doi: 10.1002/dmrr.3276
2. Brocco E, Ninkovic S, Marin M, Whisstock C, Bruseghin M, Boschetti G, Viti R, Forlini W, Volpe A. Diabetic foot management: multidisciplinary approach for advanced lesion rescue. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2018 Oct;59(5):670-684. doi: 10.23736/S0021-9509.18.10606-9
3. Pourkazemi A, Ghanbari A, Khojamli M, Balo H, Hemmati H, Jafaryparvar Z, Motamed B. Diabetic foot care: knowledge and practice. *BMC Endocr Disord.* 2020 Mar 20;20(1):40. doi: 10.1186/s12902-020-0512-y
4. Pérez-Panero AJ, Ruiz-Muñoz M, Cuesta-Vargas AI, González-Sánchez M. Prevention, assessment, diagnosis and management of diabetic foot based on clinical practice guidelines: A systematic review. *Medicine (Baltimore).* 2019 Aug;98(35):e16877. doi: 10.1097/MD.00000000000016877
5. McDermott K, Fang M, Boulton A, Selvin E, Hicks C. Etiology, Epidemiology, and Disparities in the Burden of Diabetic Foot Ulcers. *Diabetes Care.* 2023;46(1):209-221. doi: 10.2337/dci22-0043
6. Martínez J, Romero M, Plata H, López G, Otero R, Garza A, et al. Pie diabético en México: factores de riesgo para mortalidad posterior a una amputación mayor, a 5 años, en un hospital de salud pública de segundo nivel. *Cir Cir.* 2021;89(3):284-290. English. doi: 10.24875/CIRU.20000209
7. Malone M, Schwarzer S, Walsh A, Xuan W, Al Gannass A, Dickson H, et al. Monitoring wound progression to healing in diabetic foot ulcers using three-dimensional wound imaging. *J*

- Diabetes Complications. 2020;34(2):107471. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2019.107471
8. Rubitschung K, Sherwood A, Crisologo AP, Bhavan K, Haley RW, Wukich DK, Castellino L, Hwang H, La Fontaine J, Chhabra A, Lavery L, Öz OK. Pathophysiology and Molecular Imaging of Diabetic Foot Infections. *Int J Mol Sci.* 2021 Oct 26;22(21):11552. doi: 10.3390/ijms222111552
 9. Riedel U, Schüßler E, Härtel D, Keiler A, Nestoris S, Stege H. Wundbehandlung bei Diabetes und diabetischem Fußulkus [Wound treatment in diabetes patients and diabetic foot ulcers]. *Hautarzt.* 2020 Nov;71(11):835-842. German. doi: 10.1007/s00105-020-04699-9
 10. Armstrong DG, Tan TW, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers: A Review. *JAMA.* 2023 Jul 3;330(1):62-75. doi: 10.1001/jama.2023.10578
 11. Ministerio de Salud del Perú [Internet]. Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades. Sala Situacional de Diabetes. I Trimestre año 2022. Disponible en: https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/sala/2022/SE18/diabetes_01T2022.pdf
 12. Yovera-Aldana M, Sáenz-Bustamante S, Quispe-Landeo Y, Agüero-Zamora R, Salcedo J, Sarria C, Gonzales-Grandez N, Briceño-Alvarado M, Antezana-Román A, Manrique H, Armstrong DG. Nationwide prevalence and clinical characteristics of inpatient diabetic foot complications: A Peruvian multicenter study. *Prim Care Diabetes.* 2021 Jun;15(3):480-487. doi: 10.1016/j.pcd.2021.02.009
 13. León-Jimenez F, TorresSamamé L, Altamirano-Cardozo L, Navarro-Ríos APS, Meléndez-Ramírez GA. Seguimiento de pacientes con pie diabético en un hospital de alta complejidad del norte del Perú. *An Fac med.* 2021;82(2):124-30. doi: 10.15381/anales.v82i2.20103

14. Jodheea A, Hindocha S, Bhaw A. Health economics of diabetic foot ulcer and recent trends to accelerate treatment. *Foot (Edinb)*. 2022 Sep;52:101909. doi: 10.1016/j.foot.2022.101909
15. Bellomo T, Lee S, McCarthy M, Tong K, Ferreira S, Cheung T, et al. Management of the diabetic foot. *Semin Vasc Surg*. 2022;35(2):219-227. doi: 10.1053/j.semvascsurg.2022.04.002
16. Lasschuit J, Featherston J, Tonks K. Reliability of a Three-Dimensional Wound Camera and Correlation With Routine Ruler Measurement in Diabetes-Related Foot Ulceration. *J Diabetes Sci Technol*. 2021;15(6):1361-1367. doi: 10.1177/1932296820974654
17. Jorgensen L, Skov S, Halekoh U, Rasmussen B, Sorensen J, Jemec G, et al. Validation of three-dimensional wound measurements using a novel 3D-WAM camera. *Wound Repair Regen*. 2018;26(6):456-462. doi: 10.1111/wrr.12664
18. Peña G, Kuang B, Szpak Z, Cowled P, Dawson J, Fitridge R. Evaluation of a Novel Three-Dimensional Wound Measurement Device for Assessment of Diabetic Foot Ulcers. *Adv Wound Care (New Rochelle)*. 2020;9(11):623-631. doi: 10.1089/wound.2019.0965
19. Malone M, Schwarzer S, Walsh A, Xuan W, Al Gannass A, Dickson H, et al. Monitoring wound progression to healing in diabetic foot ulcers using three-dimensional wound imaging. *J Diabetes Complications*. 2020;34(2):107471. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2019.107471
20. Bayareh R, Tân B, Daul C, Gutiérrez J, Leija L, Wolf D, et al. Anatomical 3D Modeling Using IR Sensors and Radiometric Processing Based on Structure from Motion: Towards a Tool for the Diabetic Foot Diagnosis. *Sensors (Basel)*. 2021 Jun 6;21(11):3918. doi: 10.3390/s21113918
21. van Doremalen R, van Netten J, van Baal J, Vollenbroek M, van der Heijden F. Infrared 3D Thermography for Inflammation

- Detection in Diabetic Foot Disease: A Proof of Concept. *J Diabetes Sci Technol.* 2020 ;14(1):46-54. doi: 10.1177/1932296819854062
22. Anghel E, Kumar A, Bigham T, Maselli K, Steinberg J, Evans K, et al. The Reliability of a Novel Mobile 3-dimensional Wound Measurement Device. *Wounds.* 2016 Nov;28(11):379-386
23. Chaby G, Lok C, Thirion J, Lucien A, Senet P. Three-dimensional digital imaging is as accurate and reliable to measure leg ulcer area as transparent tracing with digital planimetry. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord.* 2017 Nov;5(6):837-843. doi: 10.1016/j.jvsv.2017.05.019
24. Van J, Bus S, Apelqvist J, Lipsky B, Hinchliffe R, Game F, et al. International Working Group on the Diabetic Foot. Definitions and criteria for diabetic foot disease. *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36 Suppl 1:e3268. doi: 10.1002/dmrr.3268
25. Rayman G, Vas P, Dhatariya K, Driver V, Hartemann A, Londahl M, et al. International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF). Guidelines on use of interventions to enhance healing of chronic foot ulcers in diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36 Suppl 1:e3283. doi: 10.1002/dmrr.3283
26. Schaper N, van Netten J, Apelqvist J, Bus S, Hinchliffe R, Lipsky B; IWGDF Editorial Board. Practical Guidelines on the prevention and management of diabetic foot disease (IWGDF 2019 update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2020;36 Suppl 1:e3266. doi: 10.1002/dmrr.3266
27. Li M. Guidelines and standards for comprehensive clinical diagnosis and interventional treatment for diabetic foot in China (Issue 7.0). *J Interv Med.* 2021;4(3):117-129. doi: 10.1016/j.jimed.2021.07.003
28. Lauri C, Leone A, Cavallini M, Signore A, Giurato L, Uccioli L. Diabetic Foot Infections: The Diagnostic Challenges. *J Clin Med.* 2020;9(6):1779. doi: 10.3390/jcm9061779

29. Wang X, Yuan CX, Xu B, Yu Z. Diabetic foot ulcers: Classification, risk factors and management. *World J Diabetes*. 2022;13(12):1049-1065. doi: 10.4239/wjd.v13.i12
30. Zhu C, Zhou B, Lü J, Yue P, Liu X, Huo L, et al. Principles of STAGE Management for Diabetic Foot Ulcers Based on the Wagner and Texas Classification Systems. *Int J Low Extrem Wounds*. 2019;18(4):367-375. doi: 10.1177/1534734619863914
31. Vera P, Palmes P, Tonogan L, Troncillo A. Comparison of WiFi, University of Texas and Wagner Classification Systems as Major Amputation Predictors for Admitted Diabetic Foot Patients: A Prospective Cohort Study. *Malays Orthop J*. 2020;14(3):114-123. doi: 10.5704/MOJ.2011.018
32. Soldevila L, Fernández A, Laguna J, Uçkay I. Local Antibiotics in the Treatment of Diabetic Foot Infections: A Narrative Review. *Antibiotics (Basel)*. 2023;12(1):124. doi: 10.3390/antibiotics12010124
33. Ontario Health (Quality). Skin Substitutes for Adults With Diabetic Foot Ulcers and Venous Leg Ulcers: A Health Technology Assessment. *Ont Health Technol Assess Ser*. 2021;21(7):1-165. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34211616/>
34. Pitocco D, Spanu T, Di Leo M, Vitiello R, Rizzi A, Tartaglione L, et al. Diabetic foot infections: a comprehensive overview. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2019 Apr;23(2 Suppl):26-37. doi: 10.26355/eurrev_201904_17471
35. Hawkins B, Barnard M, Barber K, Stover K, Cretella D, Wingler M, et al. Diabetic foot infections: A microbiologic review. *Foot (Edinb)*. 2022 ;51:101877. doi: 10.1016/j.foot.2021.101877
36. Tomic D, Shaw J, Magliano D. The burden and risks of emerging complications of diabetes mellitus. *Nat Rev Endocrinol*. 2022;18(9):525-539. doi: 10.1038/s41574-022-00690-7

37. Reardon R, Simring D, Kim B, Mortensen J, Williams D, Leslie A. The diabetic foot ulcer. *Aust J Gen Pract.* 2020;49(5):250-255. doi: 10.31128/AJGP-11-19-5161
38. Macdonald K, Boeckh S, Stacey H, Jones J. The microbiology of diabetic foot infections: a meta-analysis. *BMC Infect Dis.* 2021 Aug 9;21(1):770. doi: 10.1186/s12879-021-06516-7
39. Chan K, Lo Z. Wound assessment, imaging and monitoring systems in diabetic foot ulcers: A systematic review. *Int Wound J.* 2020;17(6):1909-1923. doi: 10.1111/iwj.13481
40. Blasco M, Aunés L, Blanes P, Ramos I, Hernández A. Sistemas de medición de heridas. *Rev. enferm. vasc.* 2019; 2 (4): 17-21. doi: 10.35999/rdev.v2i4.46
41. Bowers S, Franco E. Chronic Wounds: Evaluation and Management. *Am Fam Physician.* 2020;101(3):159-166. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32003952/>
42. Stratman S, Schneider C, Lev H, Kirsner R. Functional Imaging in Wounds: Imaging Modalities of Today and Tomorrow. *Surg Technol Int.* 2021; 38:87-95. doi: 10.52198/21.STI.38.WH1450
43. Rismayanti I, Nursalam N, Farida V, Dewi N, Utami R, Aris A, et al. Early detection to prevent foot ulceration among type 2 diabetes mellitus patient: A multi-intervention review. *J Public Health Res.* 2022;11(2):2752. doi: 10.4081/jphr.2022.2752
44. Jalilian H, Javanshir E, Torkzadeh L, Fehrest S, Mir N, Heidari M, et al. Prevalence of type 2 diabetes complications and its association with diet knowledge and skills and self-care barriers in Tabriz, Iran: A cross-sectional study. *Health Sci Rep.* 2023;6(2):5-10. doi: 10.1002/hsr2.1096
45. Rodríguez A, Cabrejo J, Benites S. Exactitud diagnóstica de la imagen fotográfica en la granulación de las úlceras diabéticas mediante segmentación. *Revista Cubana de Angiología y Cirugía Vascul.* 2022;23(1):5. Disponible en: <https://revangiologia.sld.cu/index.php/ang/article/view/325>
46. Farhan M, Wang J, Lillia J, Cheng T, Burns J. Comparison of multiple 3D scanners to capture foot, ankle, and lower leg

- morphology. *Prosthet Orthot Int.* 2023;0(0):1-8. doi: 10.1097/PXR.000000000000230.
47. Tassanavipas K, Natsupakpong S. A Prototype Design for the Machine Used for Measuring of Wound Volume Using a 3D Scanner. *Association for Computing Machinery.* 2018:105–111. doi.org/10.1145/3278229.3278240
48. Alhubail A, Sewify M, Messenger G, Masoetsa R, Hussain I, Nair S, et al. Microbiological profile of diabetic foot ulcers in Kuwait. *PLoS One.* 2020 Dec 30;15(12):e0244306. doi: 10.1371/journal.pone.0244306
49. Boyko E, Zelnick L, Braffett B, Pop-Busui R, Cowie C, Lorenzi G, et al. Risk of Foot Ulcer and Lower-Extremity Amputation Among Participants in the Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications Study. *Diabetes Care.* 2022 Feb 1;45(2):357-364. doi: 10.2337/dc21-1816
50. López M, García M, Molines R, García Y, Tardáguila A, Lázaro J. Analyses of transcutaneous oxygen pressure values stratified for foot angiosomes to predict diabetic foot ulcer healing. *J Tissue Viability.* 2023 Oct 10:S0965-206X(23)00106-7. doi: 10.1016/j.jtv.2023.10.003
51. Yunir E, Tahapary D, Tarigan T, Harbuwono D, Oktavianda Y, Kristanti M, et al. Non-vascular contributing factors of diabetic foot ulcer severity in national referral hospital of Indonesia. *J Diabetes Metab Disord.* 2021 Jun 12;20(1):805-813. doi: 10.1007/s40200-021-00827-x
52. Petersen B, Rothenberg G, Lakhani P, Zhou M, Linders D, Bloom J, et al. Ulcer metastasis? Anatomical locations of recurrence for patients in diabetic foot remission. *J Foot Ankle Res.* 2020 Jan 13;13:1. doi: 10.1186/s13047-020-0369-3

ANEXOS

ANEXO N° 1

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN



Dónde:

- M: muestra: úlceras de pie diabético.
- O: observación: cálculo del volumen.

ANEXO N° 2

TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Imágenes tridimensionales para volumen.	Representación visual que muestra las 3 dimensiones: largo, ancho y altura (7).	Proceso de capturar imágenes de la úlcera utilizando una cámara tridimensional.	Largo en cm, ancho en cm y profundidad en cm de la úlcera.	Volumen calculado en centímetros cúbicos (cc3) = largo, ancho y profundidad en cm.	De razón.

ANEXO N° 3

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Validación de la imagen tridimensional para calcular el volumen de
úlceras de pie

1. DATOS GENERALES

NOMBRE Y APELLIDOS		DNI	
DIRECCIÓN		EDAD	
FECHA		FICHA	

2. DE LOS FACTORES DE RIESGO

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
DIABETES MELLITUS	Medicamento: orales __, insulina __, combinado ____, Tiempo de diagnóstico de DM: menos de 5 años __ más de 5 años __, regularidad en la atención médica: si __ no __, metabólico: si __, no __
ANTECEDENTES DE COMORBILIDADES	Retinopatía: si __ no __, Nefropatía: Si __ No __, ACV: si __ no ____, IMA: si __ no __, HTA: si : __, no: ____.
ANTECEDENTES QUIRÚRGICOS-PIE	Amputación mayor: si __, no __ Amputación menor: si __ no __ Primera vez úlcera: si __, no __, Recidiva: si __, no __ Tipo de tratamiento: convencional __, adyuvante : ____

3. HALLAZGOS NEUROLÓGICO Y ARTERIAL

PARÁMETRO PERIFÉRICO	DERECHO		IZQUIERDO	
	NORMAL	ALTERADO	NORMAL	ALTERADO
SENSIBILIDAD PROPIOCEPTIVA				
SENSIBILIDAD TÁCTIL				
ÍNDICE TOBILLO- BRAZO				

4. HALLAZGOS CLÍNICOS DE LA ÚLCERA DIABÉTICA

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
GENERAL	Lado afectado: derecho: ____, izquierdo ____.
LOCALIZACIÓN	Tipo1: topografía: ante pie ____, medio pie ____, retropié ____ Tipo 2: dorso __ planta __ Tipo 3: hallux __, dedos menores: __, Metatarso __, dorso de pie __, arco plantar interno __, arco plantar externo ____, talón __, borde medial de pie __ borde lateral de pie __ borde posterior de pie __
SECRECIÓN	Volumen: escaso: ____, regular: ____, abundante __ Tipo: seroso __ sanguinolento __ purulento __ Zona predominante : roja ____, amarilla __ negra __
DIMENSIÓN CONVENCIONAL	Longitud máxima __ cm, ancho máximo: ____ cm, área máxima : ____ cm ² Profundidad: superficial __, profunda no ósea __, profunda ósea __
DIMENSIÓN POR IMAGEN 3D	Longitud máxima: __ cm, ancho máximo: ____ cm, profundidad máxima: __ cm, área: __ cm ² , volumen: ____ cm ³

5. DIAGNÓSTICO POR CLASIFICACIÓN DE TEXAS

	0 (PRE ÚLCERA)	1 (ÚLCERA SUPERFICIAL)	2 (ÚLCERA PROFUNDA NO OSEA)	3 (ÚLCERA PROFUNDA OSEA)
A (NO INFECCIÓN NI VASCULAR)				
B (INFECCIÓN)				
C (VASCULAR)				
D (INFECCIÓN Y VASCULAR)				

Marcar con x el diagnóstico

ANEXO N° 4

PERMISO OTORGADO POR EL CENTRO MÉDICO ESPECIALIZADO EN PIE DIABÉTICO



CENTRO ESPECIALIZADO CIRUGÍA DE PIE Y TOBILLO y PIE DIABÉTICO

TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA – DIAGNÓSTICO POR
IMÁGENES

Pie
Diabético

**PROTOCOLO DIAGNÓSTICO
TRUJILLO**

CARTA DE AUTORIZACION

En representación de la Empresa **ORTOCENTRO CPT E.I.R.L.** con RUC N° 20477261311 que como aporte a la comunidad brinda servicios y asesoría en desarrollo y ejecución de proyectos de investigación en el área de salud con sede en la ciudad de Trujillo manifestamos lo siguiente:

Nuestra empresa está dispuesta a colaborar con su base de datos a favor de la alumna **Emerson Manuel Arce Infante** del Ciclo XIV del Programa Académico de Medicina de la Universidad César Vallejo en el transcurso del desarrollo de proyecto de investigación denominado **“Validación de la imagen tridimensional para calcular el volumen de úlceras de pie”**.

Se expide la presente para los fines convenientes.

Trujillo 02 de octubre de 2023.

Ing. Evelyn Solano Eslava
GERENTE ORTOCENTRO CPT EIRL

ANEXO N° 5

BASE DE DATOS

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda

Calibri 11 A²

General

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato

Autosuma Rellenar Borrar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar

Al18 =AE18*AF18*AG18

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS																											
VALIDACIÓN DE LA IMAGEN TRIDIMENSIONAL PARA CALCULAR EL VOLUMEN DE ÚLCERAS DE PIE																											
DATOS GENERALES		FACTORES DE RIESGO												LOCALIZACIÓN													
DEMOGRAFÍA		Antecedentes de diabetes mellitus				Antecedentes de comorbilidades				Antecedentes quirúrgicos - pie				Neurovascular periférico		Localización				Sección							
SUJETOS	Edad (años)	Género	Tipo de tratamiento	Tiempo de diagnóstico	Regularidad en atención	Regularidad en control	Retinopatía	Nefropatía	ACV	IMA	HTA	Amputación mayor	Amputación menor	Primera úlcera	Recidiva de úlcera	Tipo de tratamiento	Neuropatía periférica	Enfermedad arterial	Lado afectado	Topografía	Sectoria I	Anatomía	Volumen	Tipo	Zor predominante		
1	48	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	3	0	0	0		
2	88	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	3	0	2	1		
3	82	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	0	6	0	0	0	0		
4	72	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	2	0	7	0	0	0		
5	72	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	2	0	8	0	0	1		
6	61	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	2	0		
7	52	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1		
8	80	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2		
9	52	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	2	1		
10	52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	2	1		
11	52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0		
12	64	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1		
13	48	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	2	1	6	0	1	0		
14	48	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	3	1	0	0	0		
15	50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	8	1	1	0		
16	59	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	2	0		
17	58	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	2	0	1	0		
18	65	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	2	0	1	0		
19	65	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	3	1	2	1		
20	47	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0		
21	50	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0		
22	86	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1		
23	66	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	2	1		
24	71	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	3	1	2	1		
25	56	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0		
26	70	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	2	0	3	2	2	1		
27	88	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	2	1		
28	39	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0		
29	57	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	2	0	0	0		
30	41	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	6	1	1	0		
31	58.63333333																										
32	10.9290941																										
33		Masculino=0	Cuales=0	Menos de 5 años=0	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Si=1	Conventional=1	alterado=1	alterado=1	Derecho=0	Antepie=0	Dorso=0	Hallux=0	Escaso=0	Seroso=0	Pola	
34		Femenino=1	Insulina=1	Más de 5 años=1	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	No=0	Adyuvante=0	normal=0	normal=0	Izquierdo=1	Medio pie=1	Planta=1	Dedos menores=1	Regular=1	Sanguinolento=1	Anaf	
35			Combinado=2																		Retropie=2		metatarsos=2	Abundante=2	Purulentos=2	Neg	
36																							dorso de pie=3				
37																							arco plantar interno=4				

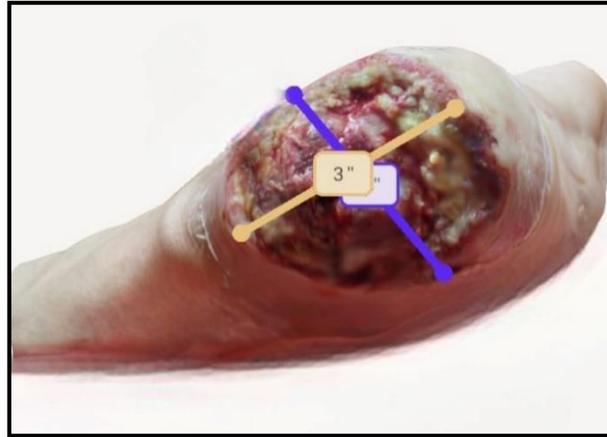
Hoja1

Listo Accesibilidad: es necesario investigar

ANEXO N° 6

IMÁGENES TRIDIMENSIONALES

Medición de úlceras de pie diabético con ayuda de imágenes tridimensionales





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, RODRIGUEZ ALONSO DANTE HORACIO, docente de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD de la escuela profesional de MEDICINA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Validación de la imagen tridimensional para calcular el volumen de úlceras de pie", cuyo autor es ARCE INFANTE EMERSON MANUEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 07 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
RODRIGUEZ ALONSO DANTE HORACIO DNI: 19082949 ORCID: 0000-0002-6662-9210	Firmado electrónicamente por: DRODRIGUEZALO el 07-12-2023 19:04:23

Código documento Trilce: TRI - 0688135