



Universidad
Norbert Wiener

Powered by **Arizona State University**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE TECNOLOGÍA
MÉDICA EN LABORATORIO CLÍNICO Y ANATOMÍA
PATOLÓGICA**

Tesis

Desarrollo y validación de un test para la medición de glicemia mediante el
análisis de imágenes con un smartphone – 2024

Para optar el Título Profesional de
Licenciado en Tecnología Médica en Laboratorio Clínico y Anatomía
Patológica

Presentado por:

Autor: Guzman Heredia, Luis Angel

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5281-890X>

Asesor: Mg. Saldaña Orejón, Italo Moisés

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2389-7984>

Lima – Perú

2024

 Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01

Yo, Luis Angel Guzman Heredia egresado de la Facultad de **Ciencias de la Salud** y Escuela Académica Profesional de **Tecnología Médica** de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo de investigación “DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN TEST PARA LA MEDICIÓN DE GLICEMIA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE IMÁGENES CON UN SMARTPHONE – 2024” Asesorado por el docente: Mg. SALDAÑA OREJÓN, ITALO MOISÉS DNI 10042008 ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2389-7984> tiene un índice de similitud de (6) (seis) % con código oid: 14912:415109880 verificable en el reporte de originalidad del software Turnitin.

Así mismo:

1. Se ha mencionado todas las fuentes utilizadas, identificando correctamente las citas textuales o paráfrasis provenientes de otras fuentes.
2. No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella señalada en el trabajo.
3. Se autoriza que el trabajo puede ser revisado en búsqueda de plagios.
4. El porcentaje señalado es el mismo que arrojó al momento de indexar, grabar o hacer el depósito en el turnitin de la universidad y,
5. Asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión en la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas del reglamento vigente de la universidad.



.....
 Firma de autor 1
 Luis Angel Guzman Heredia
 DNI: 70315361



.....
 Firma
 Saldaña Orejón, Italo Moisés
 DNI: 10042008

Lima, 15 de agosto de 2024

Dedicatoria

A dios, a mis padres, y a mi hermana por ser mi apoyo incondicional y ser mi soporte en mis momentos más difíciles.

Agradecimiento

Agradezco primero a Dios, por protegerme y brindarme una vida llena de experiencias y aprendizaje.

A mis padres, por enseñarme a seguir mis sueños, son el motor de mi vida y el motivo por el que sigo adelante.

A mi hermana, por ser mi apoyo incondicional y enseñarme a no perder la fe

A mi asesor Mg. Ítalo Saldaña por su apoyo, paciencia y orientación para realizar mi tesis

ÍNDICE

	Pg.
CAPITULO I: EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema	01
1.2. Formulación del problema	03
1.2.1. Problema general	03
1.2.2. Problemas específicos	03
1.3. Objetivos de la investigación	04
1.3.1. Objetivo general	04
1.3.2. Objetivos específicos	04
1.4. Justificación de la investigación	05
1.4.1. Teórica	05
1.4.2. Metodológica	05
1.4.3. Práctica	05
1.5. Limitaciones de la investigación	06
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación	06
2.2. Bases teóricas	11
2.3. Formulación de la hipótesis	15
2.3.1. Hipótesis general	15
CAPITULO III: METODOLOGÍA	
3.1. Método de la investigación	15
3.2. Enfoque de la investigación	15
3.3. Tipo de investigación	16
3.4. Diseño de investigación	16

3.5. Población, muestra y muestreo	16
3.6. Variables y operacionalización	17
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.7.1. Técnica	17
3.7.2. Descripción	17
3.7.3. Validación	18
3.7.4. Confiabilidad	19
3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos	19
3.9. Aspectos éticos	19

CAPITULO IV: PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados	20
4.1.1. Análisis descriptivo de resultados	20
4.1.2. Prueba de hipótesis	28
4.1.3. Discusión de resultados	30

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	33
5.2. Recomendaciones	33

REFERENCIAS	35
--------------------------	-----------

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	41
Anexo 2: Instrumentos	42
Anexo 3: Aprobación del comité de ética	43
Anexo 4: Carta de aprobación de la institución para la recolección de datos...	44
Anexo 5: Reporte de similitud de Turnitin	45

Índice de tablas

Tabla 1. Canales red, green y blue de Las alícuotas de glucosa medidas por el método de espectrofotómetro	23
Tabla 2. Concentración de glucosa en espectrofotómetro, valor G, glucosa calculada.....	27
Tabla 3. Concentraciones de glucosa obtenidas por espectrofotómetro y por análisis de imágenes.....	27
Tabla 4. Determinación del sesgo y porcentaje de error	28
Tabla 5. Imprecisión del test de análisis por imágenes de smartphone	29
Tabla 6. Prueba de Pearson.....	30
Tabla 7. Límite de detección	31
Tabla 8. Prueba de hipótesis u de mann Whitney.....	31
Tabla 9. Prueba de rho de spearman.....	31

Índice de figuras

Gráfico 1. Alícuotas que fueron determinadas a través del análisis de imágenes y la obtención de los canales red, green y blue (RGB)	24
Gráfico 2. Valores del canal G obtenidos por el método de análisis de imágenes	24
Gráfico 3. Concentración de glucosa por el método de espectrofotómetro y valor G obtenida por análisis de imágenes.....	25
Gráfico 4. Concentración de glucosa en el espectrofotómetro y valor G a partir de 53.33 mg/dL	26
Gráfico 5. Coeficiente de determinación entre glucosa calculada con el valor G y concentración de glucosa obtenida por el método de espectrofotómetro.....	27
Gráfico 6. Regresión lineal entre el método por análisis de imágenes y por el método de espectrofotómetro para la veracidad	30

Resumen

Introducción: un teléfono inteligente confiere portabilidad, comodidad y ahorro. Atributos que tienen la posibilidad de extenderse hacia el uso de sistemas analíticos y en consecuencia, ayudar al usuario a medir analitos cuando llegue las circunstancias de no disponer de las herramientas necesarias para medirlo de la manera estandarizada, además de poder llevar y realizar el análisis en cualquier lugar. **Objetivo:** determinar si el análisis por imágenes realizado a través de un Smartphone es válido o verificable para la medición de glucosa sérica con respecto al método por espectrofotómetro. **Material y métodos:** se diseñó un estudio no experimental de corte longitudinal en la clínica Guadalupe durante el periodo octubre – febrero 2024. Se evaluaron concentraciones séricas en un rango de entre 30 y 500 mg/dL mediante el método por espectrofotómetro y también mediante el análisis por imágenes a través de un smartphone. **Resultados:** se evaluaron concentraciones decrecientes a partir de 500 mg/dL donde el método por captura de imágenes por smartphone presento una linealidad a partir de 50 mg/dL, con respecto a la veracidad se determina que no existe diferencias significativas entre ambos métodos, también se realizó el coeficiente de variación en concentraciones alta (455mg/dL), media (200mg/dL) y baja (35.64 mg/dL) infiriendo que existe una buena precisión en concentraciones medias y altas, con respecto al límite de detección, se determina que el método por imágenes tiene un límite menor que el método por espectrofotómetro. **Conclusión:** se concluye que el análisis por imágenes posee un buen performance en concentraciones de 50mg/dL hasta 500 mg/dL en relación al método por espectrofotómetro.

Palabras clave: smartphone, glucosa, veracidad.

Abstract

Introduction: a smartphone confers portability, convenience and savings. Attributes that have the potential to be extended to the use of analytical systems and consequently, help the user to measure analytes when circumstances arise that do not have the necessary tools to measure it in a standardized way, in addition to being able to carry and perform the analysis anywhere.

Objective: to determine if the image analysis performed through a Smartphone is valid or verifiable for the measurement of serum glucose with respect to the spectrophotometer method.

Material and methods: a non-experimental longitudinal study was designed at the Guadalupe clinic during the period October - February 2024. Serum concentrations were evaluated in a range between 30 and 500 mg/dL using the spectrophotometer method and also by image analysis through a smartphone. **Results:** decreasing concentrations were evaluated from 500 mg/dL where the method by image capture by smartphone presented a linearity from 50 mg/dL, with respect to the veracity it is determined that there are no significant differences between both methods, also the coefficient of variation was performed in high (455mg/dL), medium (200mg/dL) and low (35.64 mg/dL) inferring that there is a good precision in medium and high concentrations, with respect to the detection limit, it is determined that the method by images has a lower limit than the method by spectrophotometer. **Conclusion:** it is concluded that the image analysis has a good performance in concentrations from 50mg/dL to 500 mg/dL in relation to the spectrophotometer method.

Key words: smartphone, glucose, trueness.

Introducción

Gracias al alto poder de procesamiento que tienen los teléfonos inteligentes o también conocidos como smartphone, acompañado de su capacidad para capturar imágenes y digitalizarlas los convierten en candidatos a ser de utilidad en los análisis clínicos usándolo como un sensor en análisis de índole colorimétrico.

Diferentes investigaciones realizadas en diferentes países señalan que el método de análisis realizado por imágenes puede ser una opción alterna al uso de analizadores automáticos. Lo cual aplicado en nuestro país podría llegar a ser una gran ayuda en lugares o casos donde no se disponga de los equipos.

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar y verificar si el análisis por imágenes es adecuado para el dosaje de glucosa.

Los resultados en la presente investigación nos revelan que el método por captura de imágenes a través de un smartphone es viable en el caso de dosaje de glucosa al tener un desempeño cercano al método por espectrofotómetro.

Por lo tanto, se concluye que el método por imágenes con un smartphone para la medición de glicemia tiene un buen performance con respecto al método de análisis por espectrofotómetro.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Un teléfono inteligente es el equivalente a una pequeña computadora, y por consiguiente, promueve el desarrollo de equipos los cuales son portables, pueden extender el uso de sistemas analíticos y también confiere una serie de beneficios en los cuales se puede destacar la portabilidad, comodidad, un bajo costo y un ahorro de consumo de energía lo cual ha dado paso a un aumento de dispositivos basados en celulares inteligentes con el fin de analizar sustancias. (1,2)

En este contexto, El uso de teléfonos inteligentes con el objetivo de adquirir datos colorimétricos (técnica que evalúa los cambios en la absorbancia de un analito) reemplazando al espectrofotómetro podría resultar útil en un ámbito en el que dicho equipo especializado no esté disponible ya que existen lugares que no cuentan con espectrofotómetros, que es el equipo que se utiliza rutinariamente en el laboratorio clínico para la medición de absorbancias y determinar la cantidad de una sustancia en una muestra biológica. (3-5)

De hecho; El uso de celulares direccionados a analizar sustancias, es usada en diferentes países como por ejemplo Estados Unidos, Irak o Vietnam con diferentes motivos como el académico, para realizar un experimento de aprendizaje sobre colorimetría en el hogar donde los estudiantes usen una cámara de teléfono inteligente y un analizador de imágenes RGB (acrónimo en inglés de rojo, verde y azul) o para realizar un análisis colorimétrico en muestras bioquímicas. (6,7)

Esta metodología es realizada gracias a la absorbancia basada en la captura de imágenes RGB los cuales están estrechamente relacionados con la intensidad de la luz la cual ingresa al detector de la cámara, es decir, la colorimetría basada en celulares implica la

captura de una imagen digital la cual es la mezcla de reacción coloreada y su consecuente análisis para generar valores RGB las cuales están asociadas a la absorbancia y subsecuentemente a la concentración del analito en cuestión. (8,9)

Se observa que los sensores correspondientes a los celulares inteligentes cumplen una labor esencial en diagnóstico en tiempo real, estos han avanzado tanto que se han aplicado a la detección de muestras y desde entonces la instrumentación ha avanzado desde una imagen simple hasta un análisis colorimétrico la cual actualmente es llamada como: “tecnología de laboratorio en un teléfono”. (10)

Sin embargo, cabe resaltar que en el Perú no está desarrollado este método, por lo que el objetivo de esta investigación es implementarla además de emplear una técnica nueva que a través del proceso de detección por imágenes nos permitirá determinar la concentración de glucosa sérica.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ✓ ¿Es válido o verificable el test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica?

1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta una linealidad aceptable?
- ✓ ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta una imprecisión aceptable?
- ✓ ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta una veracidad aceptable?
- ✓ ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta un límite de detección aceptable?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

- ✓ Desarrollar y validar si el test de análisis por imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica es adecuado.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la linealidad del test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica.
- ✓ Determinar la imprecisión del test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica.
- ✓ Determinar la veracidad del test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica.
- ✓ Determinar el límite de detección del test análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Teórica

En el Perú el uso de teléfonos celulares como analizadores espectrofotométricos no ha alcanzado su aplicación, como consecuencia, dependemos únicamente de una vía la cual es el espectrofotómetro.

Es por ello que el propósito de esta investigación es la de brindar una nueva alternativa con un método competente con el fin medir la concentración , en este caso, glucosa.

1.4.2. Metodológica

Este proyecto de investigación propone la comparación de los resultados obtenidos a través del método convencional, es decir, una reacción de glucosa oxidasa en suero asistido con un espectrofotómetro y la medición de glicemia a través de la obtención de imágenes por un teléfono inteligente.

1.4.3. Práctica:

Esta investigación permitirá a los profesionales de laboratorio clínico adquirir un nuevo método el cual posee los beneficios de ser económica, portátil y tener mayor velocidad para determinar analitos de índole colorimétrico usando teléfonos inteligentes y así evitar obstáculos como lo puede ser la imposibilidad de adquirir un equipo, refiriéndonos al espectrofotómetro, además el uso de estos dispositivos electrónicos como los teléfonos celulares presentan una gran portabilidad.

1.5. Limitaciones de la investigación:**1.5.1. Temporal**

Este proyecto de investigación se realizó en el periodo de octubre del año 2023 y febrero 2024.

1.5.2. Espacial:

Este proyecto de investigación se realizó en el laboratorio Servicios de Salud Guadalupe del departamento de lima.

1.5.3. Recursos:

La presente investigación cuenta con todo el apoyo logístico y económico para asegurar el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación:

Silva y Rocha (11) en el año 2020; la universidad de sao paulo, en Brasil, se realizó un estudio con el propósito de “proponer una alternativa para la detección de la adulteración de la leche”. En este estudio se obtuvo muestras de leche pasteurizada y procesada a una alta temperatura en mercados locales. Estas muestras fueron analizadas por el método de referencia: espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR), la cual es el procedimiento estándar en la industria. Se utilizó la aplicación gratuita *color grab* para convertir los valores RGB. Se evaluaron muestras de 1 a 10 ml y de reactivo de 250 μ l a 2 ml, el procedimiento que fue propuesto manifestó una respuesta lineal entre 0.36% y 3.6% m/v de proteínas haciendo que este rango sea compatible con el contenido de proteínas en la leche, por otro lado, también se evaluó la precisión mediante el procedimiento de referencia (NIR) y los resultados concuerdan con un nivel de confianza del 95%. En conclusión, el procedimiento planteado tiene una mejor detectabilidad a comparación de otros enfoques que se usan para la detección.

Vidal et al. (12) en el año 2021 En la universidad de clemson en estados unidos se realizó un estudio con el propósito de “desarrollar un nuevo espectrofotómetro basado en un teléfono inteligente”. Los materiales fueron impresos en 3D, el espectrofotómetro en cuestión fue equipado con un LED blanco y una fuente de energía, también se usó una cubeta de plástico de 1 cm, también se usó un teléfono inteligente de marca Motorola moto G, Samsung neo j7 y iphone 6. La validación se realizó con un espectrofotómetro HACH DR 40000, la luz ultravioleta se registró entre 450 nm y 650 nm coincidiendo con la banda de absorción del colorante seleccionado. Con respecto a la calibración del dispositivo, primero, se usó agua destilada, solución cristal violeta y 3 fuentes de luz sin cubeta, se capturó las imágenes en formato jpeg obtenidas con los Smartphone. Para la calibración se encendió el LED y se colocó

el celular con la cámara prendida y se ajustó la luz al marco del celular. Se recolectaron también muestras de agua de diferentes lugares (subterráneas, de oleaje, de purificadores de agua y de grifo) con respecto al rendimiento del instrumento, este se evaluó con la estabilidad de la fuente de luz, la dispersión espectral y la reproducibilidad de los resultados. Este estudio ha dado como resultado el desarrollo de un espectrofotómetro impreso en 3D con la capacidad de interactuar con diversos teléfonos inteligentes.

Kumar et al. (13) en el 2018 se efectuó un estudio en la India con el fin de “desarrollar un nuevo sensor cromogénico” el cual fue asistido por un teléfono inteligente y por espectrofotometría uv visible con el fin de detectar torio (elemento radiactivo que aumenta el riesgo de cáncer en pulmón, páncreas y hueso). El estudio se llevó a cabo en solución y tiras de papel cargadas con el sensor cromogénico selectivo de iones y se usó métodos espectrofotométricos y colorimétricos debido a que este sensor se unía con el torio formando un color. Los resultados muestran que tras la iteración del sensor con el torio, las bandas electrónicas adquirieron un color rojo a 335 y 440 nm donde el sensor demostró respuestas espectrales notables por lo que hace concluir que el sensor que ha sido desarrollado es selectivo para la detección de torio por el método colorimétrico, La sensibilidad del sensor hacia el torio también fue estudiado siendo necesario para ello la titulación Uv vis del sensor agregando gradualmente una cantidad de torio aumentando su concentración, la absorbancia a 375nm disminuye cuando se aumenta torio, no obstante, hay un aumento en la absorbancia cuando aumenta el contenido de torio a 440 nm. Con respecto a la interacción del sensor con el valor RGB se inició con el fin de monitorear el cambio cuando la luz amarilla del sensor cambia a naranja tras la adición de torio. El cambio de color es registrado usando la aplicación color picker en iPhone 6 plus, de este modo las concentraciones fueron capturadas y luego se trazó la proporción de rojo y azul contra el torio mostrando un buen rango de linealidad con $R^2=0,9968$ volviendo, en conclusión, que el nuevo sensor es altamente selectivo.

Dos santos et al. (14) en el año 2021, en Brasil se ejecutó un estudio con el objetivo de determinar eugenol en aceite usando un Smartphone el cual capturó y procesó la imagen mientras que el eugenol fue determinado por la reacción colorimétrica entre el eugenol y el reactivo folin-ciocalture. Las curvas de calibración fueron realizadas con eugenol entre 10 a 110 ug/ml con un alícuota de 0.5 ml de muestra con 2.5 ml con reactivo de folin-ciocalture, pasados 5 minutos se procedió a agregarse 2 ml de carbonato de sodio al 7.5% (p/v) posteriormente se sometió a un calentamiento de 50° por 5 minutos. Para el análisis con el espectrofotómetro se usó un espectrofotómetro jenway UV-6300 midiendo las absorbancias a 760 nm (n=3), con respecto a la iluminación se evaluó en intensidades de 19, 75, 195, 450 y 1040 Lux influyendo en la respuesta de diferentes canales de color observando una variación para los canales RGB por debajo de 75 lux eligiéndolo para los experimentos subsecuentes. Por último el método para detectar eugenol usando teléfonos inteligentes demostró una gran concordancia con la cromatografía por gases el cual vendría a ser el método tradicional para la detección del analito en cuestión.

De Carvalho et al. (15) en el año 2022, en Brasil, se realizó un estudio con el propósito de “medir la capacidad de un sensor RGB para el análisis cuantitativo en soluciones coloreadas” también se evaluó la capacidad del sensor para medir diferentes tipos de colores. Para resolver estas cuestiones se dispuso de agua desionizada y destilada, se preparó soluciones madre de azul indigo, tartrazina y rojo ponceau de la marca Merck diluyéndolo en agua, y una solución madre estándar de verde de bromocresol de la marca Merck, mostrando en los resultados que su capacidad para detectar los colores rojo, verde y azul fueron entre 510-750 nm, 440-600 nm y 415-564nm respectivamente, por otro lado el sensor tuvo una linealidad entre 5.0 y 50.0 umol L y la precisión fue demostrada con el método de tiocianato el cual permite la determinación colorimétrica de hierro en muestras de suelo y así, dicho sensor logro

un desempeño similar al espectrofotómetro comercial sin el requerimiento de computadoras para el procesamiento de imágenes.

Wang et al. (16) en el año 2022, esta investigación tuvo como objetivo “desarrollar una cámara de teléfono que usa la colorimetría basada en el análisis de imágenes” con el fin de cuantificar la glucosa en orina, las muestras de orina fueron recolectadas de pacientes diabéticos, para cuantificar el analito glucosa se decoloro previamente con peroxidasa de rábano picante y luego sometida a un proceso de glucosa oxidasa en microplacas de 96 pozos con fondo blanco, las cuales fueron capturadas por la cámara del teléfono inteligente usando la aplicación color picker 1.5.2. Para la validación del método se usó 5 soluciones estándar de glucosa con concentraciones de 0.039mg/ml, 0.078, 5.000 y 10.000. Se obtuvo una curva de calibración gracias a un análisis de regresión lineal tomando el valor digital del azul para las ordenadas y el de concentración para las abscisas, los valores obtenidos fueron 0.14 ± 0.03 mg/ml, 0.70 ± 0.02 mg/ml, 0.25 ± 0.05 mg/ml y 0.31 ± 0.05 mg/mL el límite de detección se resolvió como tres veces la desviación estándar del blanco, la precisión se evaluó mediante el coeficiente de variación de los resultados obtenidos por tres soluciones estándar. Se llegó a la conclusión de que este método puede llegar a ser utilizado en el control diario de glucosa en orina por parte de pacientes diabéticos.

Alawsi et al. (17) en el año 2021, se desarrolló una investigación que tuvo por objetivo “realizar un análisis colorimétrico de muestras bioquímicas mediante el desarrollo de una aplicación de detección colorimétrica para teléfonos inteligentes que pueda medir la concentración molar de un analito” para realizarlo, se usaron varios analitos, entre ellos: glucosa, urea y triglicéridos principalmente con un total de 900 ensayos. Para el dosaje de glucosa y urea se usaron controles de la marca biosystems y para triglicéridos la marca agappe, en estos tres casos, se usó cinco concentraciones diferentes, para la preparación de la glucosa se usó 1ml del reactivo con 10 ul del estándar con una concentración de 100 mg/dL para

posteriormente incubarla por 10 minutos. Con respecto a los resultados se tomaron tres fotos las cuales fueron procesadas revelando que los valores diferían ligeramente, también se utilizó la absorbancia, transmitancia y el coeficiente de regresión lineal. Dicho estudio llegó a la conclusión de que la aplicación creada puede ser una buena opción para medir elementos bioquímicos.

2.2. Bases teóricas

Desarrollo de la metodología por procesamiento de imágenes:

Para el desarrollo de esta metodología debemos tener en cuenta algunas definiciones previas.

2.2.1. Espectrofotometría:

La espectrofotometría es una técnica con la cual podemos descubrir la cantidad de un analito contenido en una muestra, para averiguar dicha cantidad necesitamos de un cromógeno, el cual resulta ser la unión de la muestra con reactivo confiriendo una función de selectividad y así dándonos a inferir que la cantidad de cromógeno es directamente proporcional a la cantidad del analito en cuestión, su fundamento radica en la capacidad de las sustancias en absorber radiación el cual es un método muy utilizado. (18)

2.2.2. Principio de absorbancia:

La absorbancia es un principio óptico, que se puede definir como la medida de la cantidad de luz absorbida por una sustancia, también es conocida como densidad óptica (DO) la cual puede ser representada mediante la siguiente formula:

$$A = \log_{10} (I_0/I)$$

Donde I_0 representa la intensidad de la luz que incide, I representa la intensidad de la luz después de que haya pasado por la muestra. (19)

2.2.3. Espacio RGB:

El espacio RGB es un sistema conformado por tres colores primarios (rojo, verde y azul) representado gráficamente como un cubo basándose en el sistema de coordenadas en donde la combinación de estos colores primarios desemboca en colores específicos generando una amplia gama de colores; el valor de cada color primario oscila entre 0 hasta 255, los cuales pueden ser almacenados digitalmente en un dispositivo. (20, 21)

El espacio RGB es muy utilizado en pantallas. El ojo humano distingue entre las ondas de luz y en presencia de los tres colores primarios se percibe como el color blanco, mientras que en la ausencia de estos se percibe el color negro, esta definición también se le conoce como color aditivo. (22)

2.2.2 Complementariedad de colores:

Los colores complementarios o también llamados opuestos se definen como los colores que se ubican al frente de otro dentro de una rueda de color conocida como círculo cromático donde cada color primario (rojo, verde y azul) tienen su respectivo llamado color secundario. (23)

2.2.3. Conversión de valores RGB en absorbancia:

El paso previo al cálculo de los valores es estandarizar la forma de trabajo y para lograrlo primero debemos decidir qué usaremos para contener la muestra lo cual, en este caso, serán las cubetas de espectrofotometría y para brindar soporte podemos usar una caja cortada para que el teléfono inteligente, la muestra y la luz de fondo puedan interactuar, de esta manera tenemos los componentes básicos de un espectrofotómetro: una fuente de luz la cual debe obedecer a la complementariedad de colores, en nuestro caso el color complementario del rojo es el verde, la muestra en cuestión que en esta investigación será el analito glucosa y un detector de luz que vendría a ser nuestra aplicación instalada en el teléfono el cual calculará los píxeles que hay en la muestra y nos dará el promedio de los valores R,G y B. también debemos tomar en cuenta que estos componentes deben de mantener de forma constante la posición de todos los elementos que participen. Una vez capturada la imagen se procede a comparar el valor G cuando pasa por una solución roja y cuando pasa por agua, también se debe hacer cinco patrones con una concentración conocida. Primero se detecta la luz verde que pasa sobre nuestro blanco y luego colocar nuestros estándares los cuales previamente han sido diluidos y de los cuales conocemos su concentración y finalmente probaremos con nuestra muestra

problema el cual desconocemos su valor G para luego proceder con el análisis. Para ello nos valdremos de las concentraciones previas junto con su respectivo valor G con el fin de hacer el grafico de absorbancia vs concentración usando la fórmula de absorbancia ($ABS = -\log_{10}(I/I_0)$), después de los cálculos se procede a hacer el grafico de dispersión con el fin de obtener el factor de precisión en la medición (R^2). (24)

2.2.4. Reacción de glucosa oxidasa:

La reacción de la enzima glucosa oxidasa consiste en catalizar la oxidación, es decir, es una oxido reductasa correspondiente a la interacción de glucosa dando lugar al peróxido de hidrogeno y al ácido Glucónico. El peróxido de hidrogeno reaccionara con la enzima peroxidasa en presencia del ácido p-hidroxibenzoico y 4-aminofenazona formando un color, el cual, es directamente proporcional a la concentración de glucosa sérica. (25)

Proceso de validación:

2.2.5. Procedimiento para evaluar la linealidad:

Para poder evaluar la linealidad de un método lo primero que se debe de hacer es una dilución con concentración conocida de preferencia con muestras con alta concentración, los valores obtenidos en las pruebas reportadas son comparadas con los valores de la dilución y al trazar una línea recta con el fin de que toque la mayor cantidad de puntos, de esa manera se calcula la linealidad. Se debe preparar cinco diluciones en cinco diferentes concentraciones tanto para concentraciones bajas (lo más cercano a cero) como para concentraciones altas, la asignación final del valor es obtenido calculando la media aritmética de un triplicado, estos valores pertenecen a la dilución N°1 de concentración baja y a la dilución N°5 con concentración alta. Para la evaluación de la linealidad procedemos a obtener las medias de la concentración y construiremos una gráfica con la media aritmética de las réplicas sobre el eje de las ordenadas y el valor de las concentraciones o valores conocidos sobre el eje de las abscisas, la gráfica

resultante debe ser lineal y debe tener un coeficiente de correlación de por lo menos 0.99 para estimar la relación entre las dos propiedades y si sigue una función lineal. (26)

2.2.6. Procedimiento para evaluar la imprecisión:

La imprecisión se refiere al grado de dispersión de los resultados, independiente de las mediciones obtenidas, bajo ciertas condiciones las cuales son específicas. Los parámetros para calcular la imprecisión son el coeficiente de variación o la desviación estándar, siendo sinónimo de error aleatorio, la cual se obtiene dividiendo la desviación estándar y la media aritmética en valores absolutos y para expresarlo en porcentaje, el resultado, se multiplica por 100. (27)

2.2.7. Procedimiento para evaluar la veracidad:

La veracidad se define como el grado de concordancia entre la media aritmética de un gran número de resultados (se puede usar los valores que se obtuvieron en la precisión) y el valor verdadero aceptado como referencia relacionándose también con la presencia de errores sistemáticos. La veracidad clínica se puede estimar mediante el sesgo del procedimiento de medida, esta consiste en estimar la media en unidades de concentración de modo que se restará con el valor evaluado. (28)

2.2.9. Límite de detección:

Se le conoce como la mínima concentración de analito que se puede detectar, Para calcular el límite de detección, lo que debemos hacer es preparar una serie de blancos (preferiblemente diez lecturas) y lo analizaremos con el método que deseamos analizar, para ello la preparación consistirá en preparar agua destilada libre de analito para luego obtener un promedio aritmético entre los datos, después de debe realizar la desviación estándar para multiplicarlo por el

intervalo de confianza el cual se puede hallar con la desviación estándar dividida por la raíz cuadrada del tamaño de la muestra. (29)

$$YL = YB + KS_b$$

Donde:

YB: media de las mediciones de los blancos

K: intervalo de confianza

Sb: desviación estándar de las mediciones del blanco

2.3. Formulación de la hipótesis

2.3.1. Hipótesis general:

- ✓ El test de análisis por imágenes con smartphone presenta un buen performance para la medición de glucosa sérica

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

El método de investigación se presenta como hipotético deductivo ya que partimos desde la hipótesis la cual, a fin de rechazar o aceptar, se coteja con la realidad llegando a una nueva conclusión. (30)

3.2. Enfoque de la investigación

El presente estudio posee un enfoque cuantitativo debido a que, para contestar la pregunta de investigación; requiere, previamente, recolectar datos y posteriormente analizarlos depositando la confianza en la medición, en el conteo y en la utilización de la estadística. (31)

3.3. Tipo de investigación

Tipo de investigación aplicada ya que propone resolver una necesidad o problema para posteriormente aplicar conocimientos y entregando estrategias para una solución eficiente (32).

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación corresponde a ser un diseño no experimental debido a que no se manipulará de manera intencional ninguna variable, y longitudinal debido a que se recolectarán datos en diferentes momentos con un alcance descriptivo ya que pretende medir las variables referidas con el fin de indicar cómo se relacionan con el resultado (33,34).

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población:

La población está constituida por muestras séricas del laboratorio de la clínica Guadalupe, lima Perú en el periodo comprendido entre octubre y febrero, 2023.

3.5.2. Muestra:

En este estudio se incluirán las muestras de suero sanguíneo pertenecientes al laboratorio de la clínica Guadalupe.

3.5.2.1. Criterios de inclusión:

- Muestras tomadas en tubo amarillo que incluyen gel separador
- Muestras provenientes de hospitalización y ambulatorio
- Muestras recién obtenidas
- Suero libre de hemolisis, lipemia e ictericia

3.5.2.2. Criterios de exclusión:

- Muestras con concentraciones superiores a 500 mg/dL

3.5.3. Muestreo:

En la presente investigación se realiza un muestreo por conveniencia debido a que las validaciones se rigen por otros criterios de investigación. Según la guía de la entidad mexicana de acreditación (EMA) para los estudios de imprecisión es requerida una cantidad de 20 medidas de una muestra control. Para los estudios de veracidad usando los estudios de comparación se requiere de 40 muestras, para el límite de detección se requerirá de 20 mediciones y para la linealidad requeriremos de preparar disoluciones patrón en 5 niveles de concentración (35,36).

3.6. Variables y operacionalización

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnica

La técnica empleada en este estudio es el recojo de información de muestras séricas usando hojas de Microsoft Excel, la captura de imágenes digitales se realizará a través de un

celular HUAWEI P30 lite, de esta manera se obtendrá los valores RGB. También se realizará el método de glucosa oxidasa para dosar glucosa en un analizador de bioquímica semiautomático rayto rt-1904c, los datos serán ingresados al software Microsoft Excel para la evaluación de la linealidad, imprecisión, veracidad, exactitud y límite de detección.

3.7.2. Descripción

Los instrumentos que se usaran para la captura de imágenes RGB son el propio teléfono inteligente (Smartphone) el cual es un HUAWEI p30 lite con una cámara de 48 megapíxeles junto a una aplicación gratuita llamada colormeter free, los cuales al momento de enfocar con la cámara del teléfono, la aplicación detectará los valores RGB que serán capturados al momento de tomar la imagen, también se utilizará un fondo verde ya que es el color complementario del color rojo en la rueda de color, una luz blanca proporcionada por el estudio fotográfico a una distancia de 9 cm y un soporte tanto para el teléfono como para la muestra sérica, siendo la muestra sérica la que será procesada por el reactivo glucosa de la marca QCA, el método para dosar la glucosa es conocida como glucosa oxidasa la cual es una oxido reductasa que oxidará la glucosa originando el ácido glucónico y peróxido de hidrogeno (H₂O₂), el peróxido de hidrógeno reaccionará con fenol 4 aminoantipirina (cromógeno) que dará resultado a una quinona que será absorbida a 505 nm, la intensidad del color es directamente proporcional a la concentración de glucosa sérica, después pasará al analizador rayto rt-1904c el cual es un analizador bioquímico semiautomático. Con respecto al cálculo de los valores RGB a absorbancia se usara la fórmula de la absorbancia el cual es igual al logaritmo negativo del cociente entre la intensidad de la luz inicial y la intensidad de luz final usando el valor verde del RGB y la intensidad del blanco.

3.7.3. Validación

El objetivo de esta investigación es validar el método, no obstante el método de referencia debe estar validado, para ello, se comprobó en el inserto que este método es lineal hasta 500 mg/dL, sensibilidad como límite de detección 2.0 mg/dL, su rango de medición es de 2 a 500 mg/dL, precisión entre series es como CV% es 1.33%, precisión en la serie como CV% es 0.79%, la exactitud como porcentaje de recuperación es de 98.9% y con respecto a la veracidad, los resultados obtenidos con el reactivo no presentan significancias al compararlo con el reactivo considerado como referencia. También presenta interferencias tales como la hemoglobina, sin embargo, solo interfiere en concentraciones a partir de 200 mg/dL, la bilirrubina también interfiere a partir de 20 mg/dL al igual que el ácido úrico, la creatinina interfiere en el método a partir de 15 mg/dL

3.7.4. Confiabilidad

El método de glucosa oxidasa que será utilizado como referencia para este estudio se sometió a un control de calidad interno mediante el proceso de controles de dos niveles de decisión clínica.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de los datos se empleó el software Microsoft office Excel y el programa estadístico Statistical Package for Social Science (SPSS) v21.

Los resultados obtenidos de glucosa con el nuevo método y el método de referencia serán mostrados en tablas y gráficas, también se empleará el test de estadística no paramétrica u de mann Whitney para calcular la diferencia entre grupos y ver la significancia, siendo significativo cuando sea inferior a 0,05 al momento de comparar medias con el programa SPSS.

Para calcular el coeficiente de variación emplearemos el cociente entre la desviación estándar y la media para luego expresarlo en porcentaje multiplicándolo por cien.

La manera en la que calcularemos la veracidad será utilizando estudios de comparación de métodos, este procedimiento consiste en tomar, en promedio, cuarenta muestras que deben ser probadas por ambos métodos usando ocho muestras por cinco días corriendo de forma simultánea entre un método y el otro.

3.9. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación se presentará al comité de la universidad privada Norbert Wiener para su respectiva aprobación. Debido a la naturaleza del estudio, este no representa ningún riesgo para el paciente debido a que solo se utilizaran sueros sobrantes del trabajo rutinario del laboratorio.

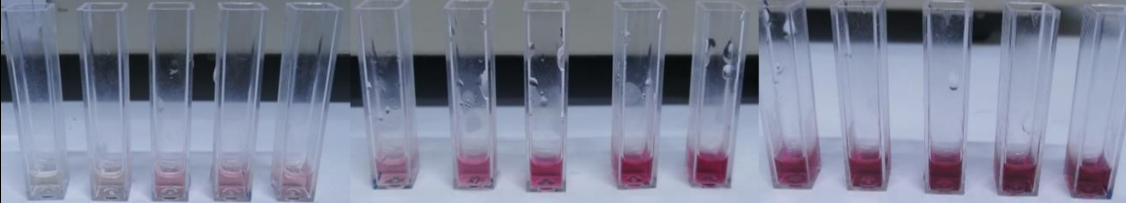
CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultados:

4.1.1. Análisis descriptivo de resultados:

Se realizó una medición de 15 muestras con concentraciones ascendentes de glucosa que va desde 0.40 mg/dL hasta 497.69 mg/dL por el método por espectrofotómetro por el cual se empleó el espectrofotómetro de la marca rayto rt 1904C, los resultados de las siguientes alícuotas se presentan en la figura 1.

Figura 1. Concentraciones de glucosa por el método de espectrofotómetro

															
Concentración de glucosa por espectrofotómetro (mg/dL)	0.40	11.83	23.10	27.97	42.01	53.33	105.22	152.10	200.89	258.05	303.07	351.89	404.90	455.36	497.69
Nº de tubo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

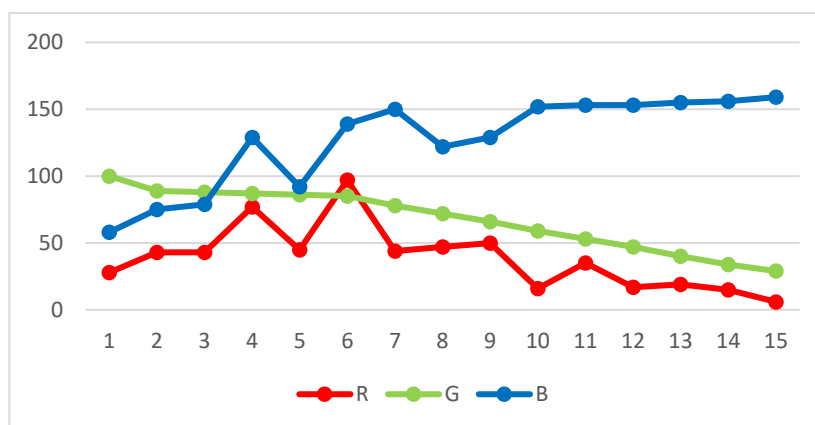
Posteriormente las mismas alícuotas fueron medidas mediante el procesador de imágenes colormeter en el celular obteniendo los valores de los canales red (R), green (G) y blue (B). Los valores R, G y B de dichos canales se determinaron usando el celular, estos valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Canales red, green y blue de Las alícuotas de glucosa medidas por el método de espectrofotómetro*

N° tubo	concentración de glucosa por el método de espectrofotómetro (mg/dL)	canales		
		R	G	B
1	0.40	6	100	159
2	11.83	15	89	156
3	23.10	19	88	155
4	27.97	17	87	153
5	42.01	35	86	153
6	53.33	16	85	152
7	105.22	50	78	129
8	152.10	47	72	122
9	200.89	44	66	150
10	258.05	97	59	139
11	303.07	45	53	92
12	351.89	77	47	129
13	404.90	43	40	79
14	455.36	43	34	75
15	497.69	28	29	58

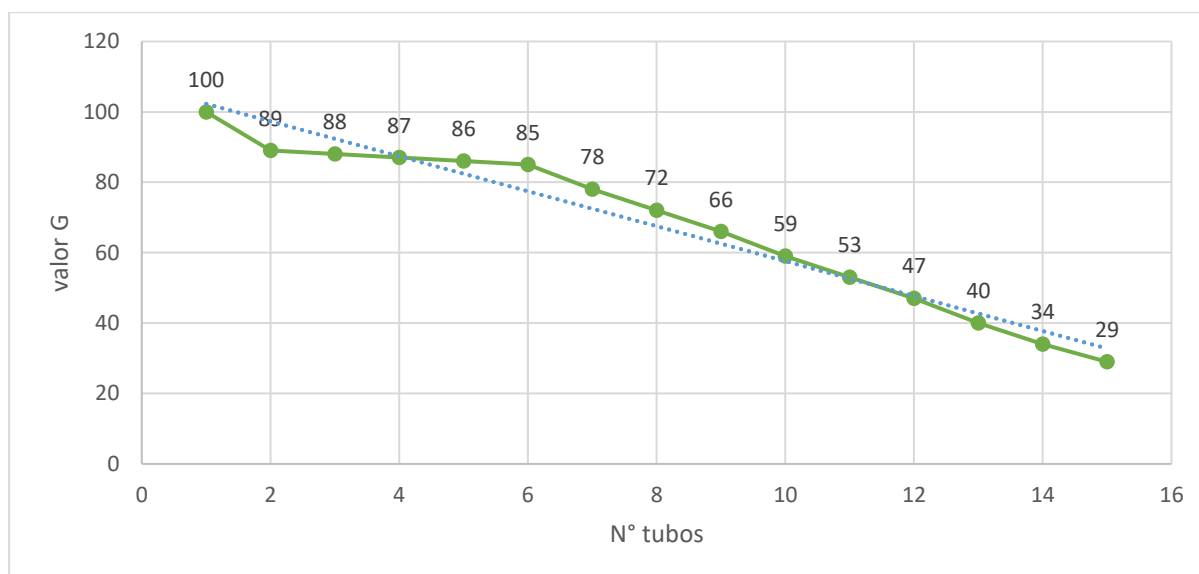
Como se puede observar el canal green (G) presentó una relación lineal inversa con las concentraciones de glucosa los cuales fueron elegidos para hacer la determinación final. La relación lineal de las diferentes alícuotas de concentración de glucosa se ve reflejado en el gráfico 2.

Gráfico 1. Alícuotas que fueron determinadas a través del análisis de imágenes y la obtención de los canales red, green y blue (RGB)



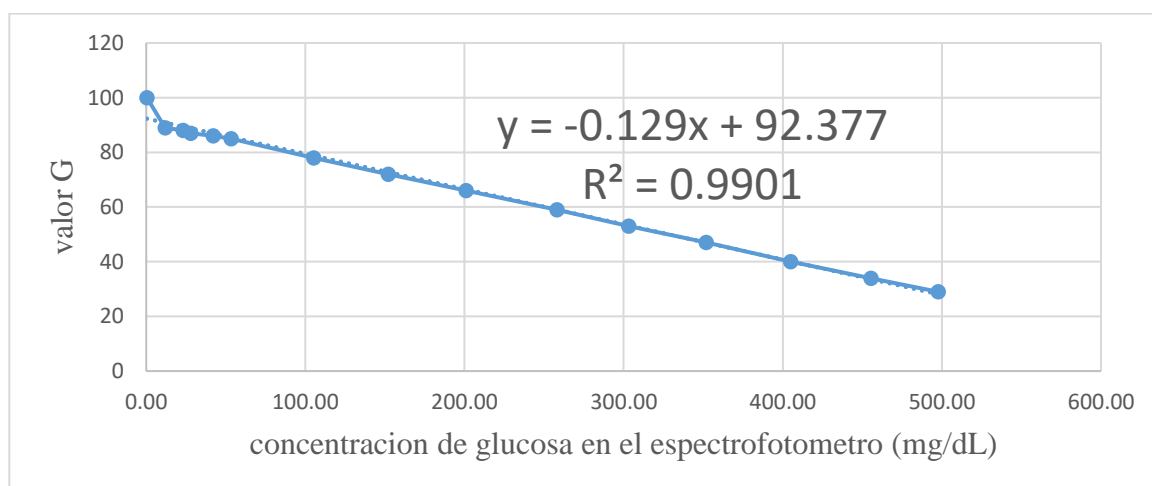
Se seleccionó el canal green para observar la reacción lineal con más detalle. Los valores del canal green se pueden ver en el siguiente gráfico.

Gráfico 2. Valores del canal G obtenidos por el método de análisis de imágenes



Posteriormente se usó el canal green (G) para crear un gráfico junto a la concentración de glucosa obtenida por el método de espectrofotómetro con el fin de generar una función lineal ($y = m x + b$) y el coeficiente de determinación (R^2) los cuales pueden ser observados en el siguiente gráfico.

Gráfico 3. Concentración de glucosa por el método de espectrofotómetro y valor G obtenida por análisis de imágenes

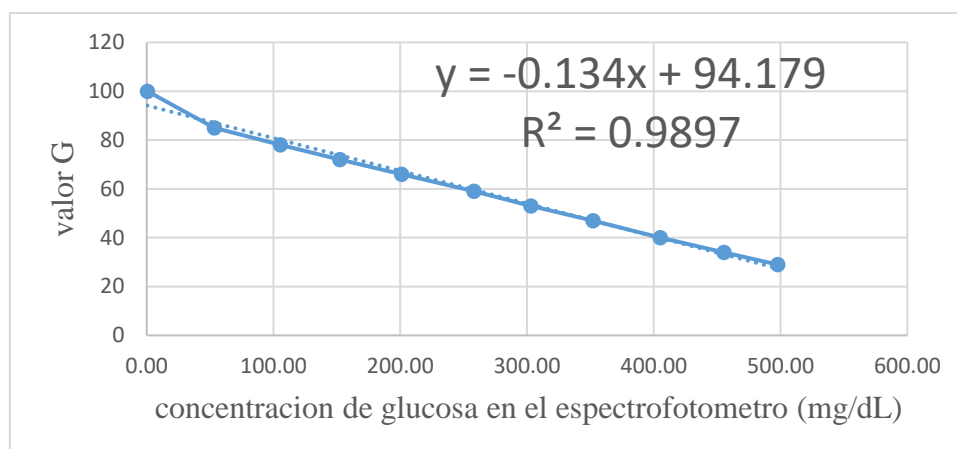


El valor G y la concentración de glucosa en el espectrofotómetro mantienen una relación lineal inversa, es decir, a mayor valor de glucosa el valor G va disminuyendo. El coeficiente de determinación (R^2) es una medida que nos indica lo cerca que están los datos de la línea de regresión, si el valor es de 1 es debido a que hay un ajuste perfecto no obstante si el valor de R^2 fuera 0 nos indicaría que no se lograría modelar los datos con precisión.

Como se puede observar en la curva las primeras concentraciones no presentaron una reacción lineal, por lo tanto, se eliminó los valores por debajo de 53.33 mg/dL, dicha eliminación nos proporcionó el siguiente gráfico.

Gráfico 4. Concentración de glucosa en el espectrofotómetro y valor G a partir de 53.33

mg/dL



Por otro lado, la función lineal generada por el gráfico 4 se representa de la siguiente manera:

$y = m x + b$ y nos permite usar el valor G obtenido por el método de análisis de imágenes para obtener el valor de glucosa donde Y es el valor dependiente (valor G), m es la pendiente o grado de inclinación respecto al eje de las abscisas, b es el punto de intersección con el eje de las ordenadas y X el valor independiente (valor de glucosa). La siguiente tabla presenta una comparación entre los valores de glucosa obtenidos por el método de análisis de imágenes y los valores de glucosa medidos por el método de espectrofotómetro acompañado con su respectivo valor green.

Tabla 2. Concentración de glucosa en espectrofotómetro, valor G, glucosa calculada

N° tubo	concentración de glucosa por el método de espectrofotometría (mg/dL)	Valor G	glucosa calculada con valor G (mg/dL)
1	0.40	100	7.62
2	53.33	85	56.66
3	105.22	78	110.42
4	152.10	72	156.51
5	200.89	66	202.59
6	258.05	59	256.35
7	303.07	53	302.43
8	351.89	47	348.52
9	404.90	40	402.28
10	455.36	34	448.36
11	497.69	29	486.77

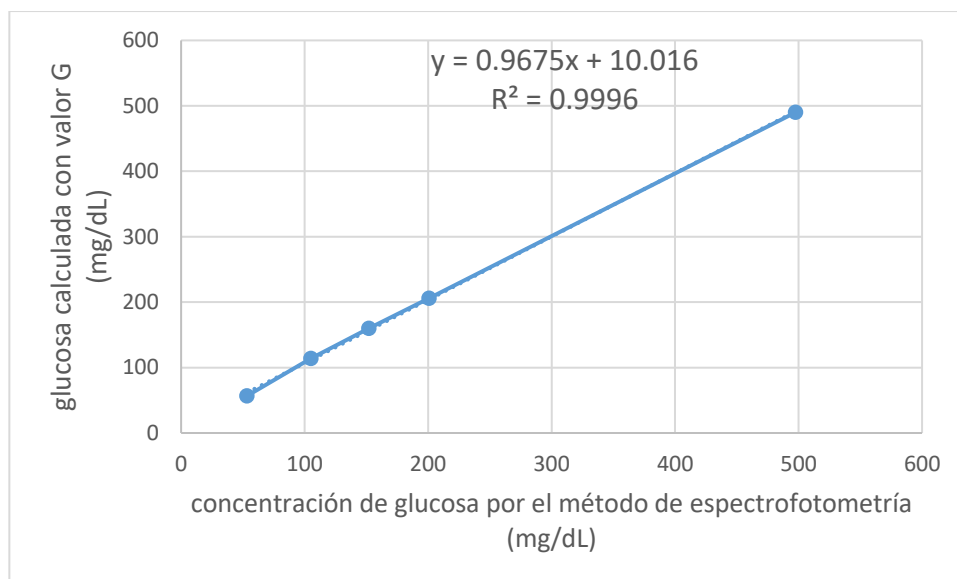
Para averiguar la linealidad del método por análisis de imágenes se tomaron 5 niveles de concentración diferentes los cuales pueden ser vistos en la siguiente tabla.

Tabla 3. Concentraciones de glucosa obtenidas por espectrofotómetro y por análisis de imágenes

concentración de glucosa por el método de espectrofotometría (mg/dL)	glucosa calculada con valor G (mg/dL)
42.01	52.37
105.22	113.81
152.1	159.89
200.89	205.98
497.69	490.15

Posteriormente se realizó una recta de regresión lineal donde el valor del coeficiente de determinación (R^2) es 0.9996 como se puede ver en el siguiente grafico

Gráfico 5. Coeficiente de determinación entre glucosa calculada con el valor G y concentración de glucosa obtenida por el método de espectrofotómetro.



El valor R^2 del coeficiente de determinación es 0.9996, lo cual nos indicó que los valores tomados son cercanos al valor verdadero; finalmente se halló el sesgo con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{glucosa calculada con valor G} - \text{glucosa por espectrofotometro}}{\text{glucosa por espectrofotometro}} \times 100$$

El porcentaje de error (%error) se calculó dividiendo el sesgo entre el valor teórico multiplicado por cien. Westgard también nos dio la información del CLIA (Clinical Laboratory Improvement Amendments) de glucosa que tiene como valor $\pm 10\%$ por lo que su desempeño del nuevo método es aceptable. Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 4. Determinación del sesgo y porcentaje de error

concentración de glucosa por el método de espectrofotometría (mg/dL)	glucosa calculada con valor G (mg/dL)	sesgo	%error
53.33	56.66	6.24%	0.11%
105.22	113.81	8.16%	0.07%
152.1	159.89	5.12%	0.03%
200.89	205.98	2.53%	0.01%
497.69	490.15	-1.51%	0.00%

Posteriormente se realizó la imprecisión la cual se determinó tres muestras de concentraciones alta (455mg/dL), media (200mg/dL) y baja (35.64 mg/dL) las cuales fueron medidas 20 veces; los resultados obtenidos en el coeficiente de variación fueron 0.83%, 2.25% y 7.37% respectivamente. Según la página de control de calidad de westgard, se considera una buena precisión si el coeficiente de variación es menor o igual al 2.8%, por lo tanto, se puede inferir que el método tiene una buena precisión solo con concentraciones medias y altas.

Tabla 5. Imprecisión del test de análisis por imágenes de smartphone

	GLUCOSA CALCULADA CON VALOR G		
	BAJA	MEDIA	ALTA
DS	2.81	4.65	3.76
MEDIA (mg/dL)	38.16	206.36	454.44
CV	7.37%	2.25%	0.83%

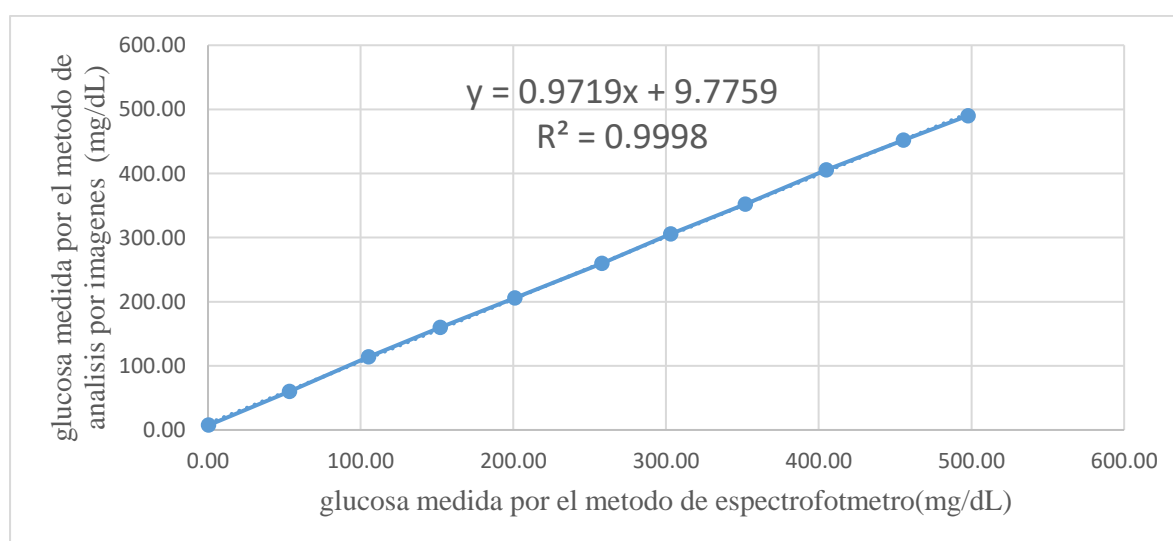
Para la veracidad del método por análisis de imágenes se empleó regresión lineal, sin embargo, primero se realizó la prueba de Pearson (r) con el fin de calcular el coeficiente de correlación, y con él, decidir si el análisis de regresión se puede realizar, la prueba de Pearson indicó que hay una correlación perfecta entre ambos métodos. Los resultados se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 6. Prueba de Pearson

		Concentración de glucosa por el método de espectrofotómetro (mg/dL)	Glucosa calculada con valor (G mg/dL)
Concentración de glucosa por el método de espectrofotómetro (mg/dL)	Correlación de Pearson	1	1,000
	N	11	11
Glucosa calculada con valor G (mg/dL)	Correlación de Pearson	1,000	1
	N	11	11

Posteriormente se realizó un eje de coordenadas para la regresión lineal entre el método por espectrofotometría y el método por análisis de imágenes en donde la pendiente tiene como resultado 0.9998, es decir, los resultados del análisis por imágenes son inferiores a los del método por espectrofotómetro mientras que el valor de la ordenada en el origen tiene un valor de 9.7759 indicándonos que el análisis por imágenes presenta un error sistemático con respecto al análisis por espectrofotómetro. Los valores indicados se muestran en el siguiente gráfico.

Gráfico 6. Regresión lineal entre el método por análisis de imágenes y por el método de espectrofotómetro para la veracidad



Para reportar el límite de detección del nuevo método se realizó 10 lecturas del blanco y 3 réplicas del mismo, seguidamente se realizó el promedio de las réplicas para después hallar la media de las mediciones de los blanco, también se realizó la desviación estándar de las mediciones al igual que la incertidumbre al 5% y al 7%. El límite de detección en glucosa por espectrofotómetro es de 2mg/d lo que nos da a inferir que el método por análisis de imagen tiene un menor límite de detección. Los resultados se ven reflejados en la siguiente tabla.

Tabla 7. Límite de detección

DS de las mediciones (mg/dL)	0.008
incertidumbre 5%	0.024
incertidumbre 7%	0.026

4.1.2. Prueba de hipótesis

Se realizó la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para el método de espectrofotometría y el nuevo método por análisis de imágenes donde el p valor es mayor a 0.05. Por lo que se puede inferir en que no hay diferencias significativas.

Tabla 8. Prueba de hipótesis u de Mann Whitney

	Glucosa (mg/dL)
U de Mann-Whitney	57,000
P valor	0,847

También se realizó la prueba de rho de Spearman para determinar si existe una correlación entre el análisis por espectrofotómetro y el análisis por imágenes, la correlación es de 1 siendo el rango de la prueba -1 hasta el 1 y el p valor igual a 0. Dándonos a entender que existe asociación entre el análisis por espectrofotómetro y el análisis por imágenes.

Tabla 9. Prueba rho de Spearman

			Concentración de glucosa en espectrofotómetro	Glucosa calculada con valor G
Rho de Spearman	Concentración de glucosa en espectrofotómetro	Coeficiente de correlación	1,000	1,000
		P valor	0.000	0.000
		N	11	11
	Glucosa calculada con valor G	Coeficiente de correlación	1,000	1,000
		P valor	0.000	0.000
		N	11	11

4.1.3. Discusión de resultados:

En relación con el objetivo general se identificó que el método de dosaje para la medición de glicemia mediante el análisis de imágenes con un smartphone posee un buen performance entre las concentraciones de 50 mg/dL y 500 mg/dL.

El método de análisis por imágenes realizado en este estudio es contrastado por estudios similares tales como el realizado por Wang et al. (16) en el año 2022 en donde usaron una cámara de teléfono para cuantificar glucosa en orina llegando a la conclusión de que dicho método puede ser usado en el control diario de glucosa en orina en pacientes diabéticos.

Otro estudio el cual nos indica un buen performance en cuestiones de análisis de imágenes enfocado a exámenes clínicos es el estudio realizado por Alawsi et al. (17) realizado en el año 2021 el cual tuvo como objetivo era realizar un análisis de imágenes en muestras bioquímicas usando un smartphone xiaomi pocophone F1, los analitos en cuestión eran: glucosa, urea y triglicéridos en donde dio buenos resultados dando como conclusión que el análisis por imágenes puede ser una buena candidata para usuarios interesados en realizar pruebas de mediciones de concentración basándose en una captura de imágenes.

Debido a los estudios mencionados anteriormente y nuestros resultados, este método puede proyectarse como una posible alternativa para analizar mediciones de glucosa sérica en caso de no contar con los recursos económicos para adquirir materiales para los métodos acostumbrados.

En relación con los objetivos específicos. Un estudio realizado por silva y rocha et al. (11) en el año 2020 donde usaron una aplicación para detectar los valores RGB con el fin de evaluar muestras de leche demostró que este método era lineal en relación con la cantidad de proteínas de la leche, por otro lado, los datos obtenidos por la presente investigación nos indicaron que

nuestros resultados también son lineales al momento de usar el método por análisis de imágenes mediante la captura de los canales RGB en un smartphone.

En el momento en el que se aplicó la prueba de U de Mann Whitney con el propósito de estimar si hay diferencias significativas entre el nuevo método de análisis por imágenes con el método por espectrofotómetro, se evidenció que no hay diferencias significativas ya que el p valor que la prueba nos demostró fue mayor a 0.05.

También se aplicó rho de Spearman con el fin de medir el grado de asociación entre el método por espectrofotómetro y el método por análisis de imágenes mediante un smartphone proporcionándonos un coeficiente de relación con valor de 1, es decir, que la correlación entre el método por análisis de imágenes y el método por espectrofotómetro es fuertemente positiva, y con un p valor de 0.000, interpretándose que existe una relación entre ambos métodos.

Los datos en el presente estudio manifiestan que hay una correlación entre los valores green (G) obtenidos mediante la captura de imágenes a través de un smartphone y los valores obtenidos a través del método por espectrofotómetro, resultados similares encontrados en Alawsi et al. (17) en el año 2021 donde se realizó 900 ensayos demostrando que se puede usar este método para analizar elementos bioquímicos tales como glucosa, urea y triglicéridos.

Esta premisa es contrastada con un estudio que se realizó en el año 2021 en estados unidos realizado por Vidal et al. (12) en el cual se tuvo por objetivo desarrollar un espectrofotómetro en base a materiales impresos en 3D. Este espectrofotómetro en cuestión fue capaz de interactuar con celulares smartphone en donde sus resultados fueron validados con un espectrofotómetro HACH DR 40000, no obstante, cabe añadir que también realizaron el uso de la luz como un ítem para influenciar en sus resultados, en relación con esta investigación, pudimos detectar que la luz del ambiente también influencia en los resultados a pesar de contar con un aislamiento de luz como lo es el estudio fotográfico.

En una investigación en la india realizada por kumar et al (13) se tuvo por objetivo desarrollar un sensor asistido por un teléfono inteligente en el que, acompañado de un espectrofotómetro detecto torio usando métodos espectrofotométricos y colorimétricos para detectar la intensidad de color, registraron que el coeficiente de determinación (R^2) de su método era de 0.9968 infiriendo que su nuevo sensor era lineal.

En relación con nuestra investigación, el coeficiente de determinación tuvo un valor de 0.9996 lo que nos indica que los valores capturados a través de los canales RGB están muy cerca al valor verdadero el cual está avalado por el método de espectrofotómetro.

Con respecto a la precisión del método de análisis por imágenes, el presente estudio lo determino mediante el coeficiente de variación donde se encontró que dicho coeficiente de variación era menor a partir de concentraciones de 50 mg/dL. Del mismo modo, el estudio De Carvalho et al. (15) realizado en el año 2022, en Brasil donde tuvo como objetivo medir la capacidad de un sensor RGB para analizar cuantitativamente soluciones coloreadas en donde la precisión determino que dicho sensor había logrado un desempeño similar al espectrofotómetro, por otro lado, el estudio realizado por Wang et al. (16) en donde se tuvo por objetivo el desarrollar una cámara que usa colorimetría basada en análisis por imágenes para cuantificar glucosa en orina, se evaluó la precisión mediante el coeficiente de variación llegando a la conclusión de que este método puede llegar a ser utilizado en el control de glucosa en orina en pacientes que sufren diabetes.

En relación con el límite de detección, los datos del presente estudio indicaron que el método de análisis por captura de imágenes a través del smartphone puede detectar concentraciones bajas de glucosa, resultados que se pueden comparar con la investigación de Wang et al. (16) en cuya investigación realizaron el límite de detección utilizando la desviación estándar del blanco, llegando a la conclusión de que su método de cuantificación usando una cámara de un

teléfono inteligente o smartphone el cual tuvo como fin de capturar imágenes y posteriormente ser analizadas puede llegar a ser utilizado para el análisis de muestras.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

Primera conclusión: Con respecto a la linealidad de la presente investigación, se concluye que, el método por análisis de imágenes es lineal en las concentraciones de 50 mg/dL hasta los 500 mg/dL.

Segunda conclusión: Se determinó que el coeficiente de variación para concentraciones alta (455mg/dL), media (200mg/dL) y baja (35.64 mg/dL) fueron 0.83%, 7.37% y 2.25% respectivamente lo cual demuestra una imprecisión aceptable en concentraciones medias y altas.

Tercera conclusión: El estudio determina que la veracidad de los resultados demostró que no existen diferencias significativas entre el análisis por imágenes y el espectrofotómetro.

Cuarta conclusión: con respecto al límite de detección el método por análisis de imágenes demuestra que puede detectar concentraciones de glucosa a partir de 0.008 mg/dL.

Quinta conclusión: De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación realizada en la clínica Guadalupe, se observa que, el test para la medición de glicemia mediante el análisis de imágenes con un smartphone presenta un buen performance con respecto al análisis de glucosa por espectrofotómetro.

5.2. Recomendaciones

- Se sugiere realizar más estudios ya que este método presenta potencial para ser usado tanto en el ámbito clínico como en el ámbito educativo.

- Considerar que la luz del entorno influye en la captura de imágenes y por lo tanto se debe mantener las mismas condiciones de luz en el área de trabajo.
- Considerar que el cambio de ángulo, enfoque y la resolución de la cámara pueden alterar las lecturas al igual que la distancia de la cámara para capturar la imagen.
- Se recomienda usar este método en momentos en las que no se dispone de los recursos necesarios para el análisis.
- Así mismo también se recomienda realizar más estudios de este método en otros analitos como urea o colesterol.

REFERENCIAS

Bibliografía

1. Chen X. A smartphone-based absorbance device extended to ultraviolet (365 nm) and near infrared (780 nm) regions using ratiometric fluorescence measurement. Elsevier.[Internet].2021;164,105978.[consultado el 8 de mayo de 2023].Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X21000631>
2. Louw TM. Water quality assessment using a portable UV optical absorbance nitrate sensor with a scintillator and smartphone camera.African journals online[Internet].2021;47(1):135-140.[Consultado el 8 de mayo de 2023].Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/wsa/article/view/204555>
3. Informe de control simultaneo. Lima,2018.Disponible en: https://apps8.contraloria.gob.pe/SPIC/srvDownload/ViewPDF?CRES_CODIGO=2018CSIC82300019&TIPOARCHIVO=RE
4. Moreira D. RGBradford: Accurate measurement of protein concentration using a smartphone camera and the blue to green intensity ratio Author links open overlay panel.Elsevier.[Internet].2022;655,114839.[consultado el 8 de mayo de 2023].Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003269722002998>
5. Ong D. Smartphones as mobile microbiological laboratorios.Elsevier [Internet].2020;26(4):421-424.[Consultado el 8 de mayo de 2023].Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1198743X19305270>
6. Joel F. At-Home Colorimetric and Absorbance-Based Analyses: An Opportunity for Inquiry-Based, Laboratory-Style Learning.Journal of chemical education.[Internet].2020;97(9):2960-2966.[Consultado el 8 de mayo de 2023].Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.jchemed.0c00604>
7. Alawsi T. Smartphone-based colorimetric sensor application for measuring biochemical material concentration. Elsevier[Internet].2021;32:100404.[Consultado el

- 8 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221418042100009X>
8. Soda Y. Colorimetric absorbance mapping and quantitation on paper-based analytical devices. Royal society of chemistry. [Internet]. 2020;20:1441-1448. [Consultado el 8 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/1c/d01c00028k>
9. Jamila B. Smartphone-based digital colorimetric measurement of dimethyl sulfide in wastewater. Elsevier. [Internet]. 2022; Part A:106952. [Consultado el 8 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X21010389>
10. PC Biswas, S. Rani, MA Hossain, MR Islam y J. Canning, "Recent Developments in Smartphone Spectrometer *Sample Analysis*", en *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, vol. 27, núm. 6, págs. 1-12, nov.-dic. 2021, art. 5500212, doi: 10.1109/JSTQE.2021.3075074.
11. Silva A. A novel approach to detect milk adulteration based on the determination of protein content by smartphone-based digital image colorimetry. Elsevier [Internet]. 2020;115:107299. [Consultado el 8 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713520302152>
12. Vidal E. Use of universal 3D-Printed smartphone spectrophotometer to develop a time-based analysis for hypochlorite. Elsevier. [Internet]. 2021;1151:338249. [Consultado el 8 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267021000751>
13. Kumar S. Development of the Smartphone-Assisted Colorimetric Detection of Thorium by Using New Schiff's Base and Its Applications to Real Time Samples. ACS publications. [Internet]. 2018;57(24),15270-15279. [Consultado el 8 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.inorgchem.8b02564>

14. Izaura C. método rápido e de baixo custo empregando Smartphone para a determinacao de eugenol em oleo essencia de cravo.dialnet.[Internet].2023;53(10).[Consultado el 5 de mayo de 2023].Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8895452>
15. Geandre de C. RGB color sensor for colorimetric determinations: Evaluation and quantitative analysis of colored liquid samples.Elsevier.[Internet].2022;241:123244.[Consultado el 8 de mayo de 2023].Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914022000406?via%3Dihub>
16. Gabriel M. Smartphone-based spectrometry system as a prescreening assessment of copper and iron for real time control of water pollution. Elsevier[Internet].2022;323:116214[Consultado el 20 de mayo de 2023].Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914019308446>
17. Alawsi T.Smartphone-based colorimetric sensor application for measuring biochemical material concentration.Elsevier.[Internet].2021;100404[10 de julio de 2023].Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221418042100009X>
18. Rojas D. Espectrofotometria y colorimetría. Universidad nacional de la amazonia peruana[Internet].2022;112[Consultado el 17 de julio de 2023].Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3194743>
19. Perez P.Absorbancia-qué es, tipos, definición y concepto.[Internet].2022.[Consultado el 17 de julio de 2023].Disponible en: <https://definicion.de/absorbancia/>
20. Ospina O. Validacion de un algoritmo de procesamiento de imágenes red, gree, blue (RGB), para la estimación de proteína cruda en gramíneas vs la tecnología de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS).SciELO.[Internet].2022;31(2).[Consultado el 17 de julio de 2023].Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172020000200009

21. I Yani. Identification and plastic type and classification of PET, HDPE, and PP using RGB method. IOP Science. [Internet]. 2020;857. [Consultado el 17 de julio de 2023]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/857/1/012015>
22. Elsevier. Glossary. [Internet]. [Consultado el 18 de julio de 2023]. Disponible en: [https://www.elsevier.com/authors/policies-and-guidelines/artwork-and-media-instructions/glossary#:~:text=RGB%20\(Red%2C%20Green%2C%20Blue,very%20different%20from%20CMYK%20color](https://www.elsevier.com/authors/policies-and-guidelines/artwork-and-media-instructions/glossary#:~:text=RGB%20(Red%2C%20Green%2C%20Blue,very%20different%20from%20CMYK%20color)
23. Humbert Y. Los colores complementarios. [Internet]. Gobierno de canarias. 26 de noviembre de 2022. [Consultado el 18 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/yhumbert/2022/11/26/los-colores-complementarios/#:~:text=Los%20colores%20complementarios%20son%20colores,%20naranja%20verde%20y%20violeta.>
24. Andrea F. El celular como espectrofotómetro. [archivo de video]. youtube, 13 de abril de 2023. [Consultado el 18 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=wbqmauH0BuM>
25. Pico P. Alteraciones del perfil lipídico como factor de riesgo de insulinoresistencia en adolescentes con sobrepeso y obesidad. [Tesis para optar por el título de licenciado en laboratorio clínico]. Ecuador: Universidad técnica de Ambato; 2023: disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/38328/1/pico_rivera%2c_patricia_nathaly_final.pdf
26. Grupo CC-Lab. Guía para la validación y verificación de los procedimientos de examen cuantitativos en empleados por el laboratorio clínico. [Internet]. Ciudad de México: Ruben; 11 de diciembre de 2023. [Consultado el 18 de julio de 2023]. Disponible en: https://grupocc-lab.com.mx/sdm_downloads/guia-para-la-validacion-y-la-verificacion-de-los-procedimientos-de-examen-cuantitativos-en-empleados-por-el-laboratorio-clinico/

27. Quinatoa Y. La automatización del examen de orina vista desde el laboratorio clínico una revisión bibliográfica. Redilat.2023;4(2),1355.[consultado el 10 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/688/894>
28. Instituto de estandarización en laboratorio clínico del peru. Verificación de métodos en el laboratorio clínico.[archivo de video].youtube,7 de febrero de 2022.[consultado el 10 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=r-BAXo2HaiM>
29. Soporte analítico especializado. Como calcular el límite de detección.[Archivo de video].Industrialgaray.com.[Consultado el 19 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=1Tmuc1PCxpA>
30. Sanchez A. fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consejos y disensos. Scielo[Internet]. Revista digital de investigación en docencia universitaria.13(1), 102-122. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v13n1/a08v13n1.pdf>
31. Hernandez S. metodología de la investigación [Internet]. México: Mc Graw-hill interamericana; 2018.[consultado el 10 de agosto de 2023]. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
32. Castro M. la investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. Scielo[Internet].2022;27(75).[consultado el 10 de agosto de 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v27n75/0123-921X-tecn-27-75-8.pdf>
33. Investigaliacr. Diseños de investigaciones con enfoque cuantitativo de tipo no experimental.[Internet]. Costa Rica: Luis Mata;30 de julio de 2019.[consultado el 10 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/disenos-de-investigaciones-con-enfoque-cuantitativo-de-tipo-no-experimental/>

34. Online-tesis.Diseño de la investigación: estudio transversal vs estudio longitudinal[internet].España:Bastis consultores;20 de setiembre de 2021.[consultado el 10 de agosto de 2023].Disponible en: <https://online-tesis.com/disenio-de-la-investigacion-estudio-transversal-vs-estudio-longitudinal/>
35. Hernandez O.aproximacion a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen.scielo[internet].2021;37(3).[consultado el 10 de agosto de 2023].Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002#:~:text=Muestreo%20por%20conveniencia%3A%20La%20muestra,que%20establecen%20criterios%20a%20seguir.
36. Cutipa G. ¿cuantos tipos de muestreo hay en estadística?[internet].[consultado el 10 de agosto de 2023].Disponible en: <https://guidocutipa.blog.bo/investigacion/cuantos-tipos-de-muestreo-hay-en-estadistica/>

ANEXOS

Anexo 1: matriz de consistencia

Desarrollo y validación de un test para la medición de glucosa

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño metodológico
<p>Problema general</p> <p>¿Es válido o verificable el test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica?</p> <p>Problemas específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta una linealidad aceptable? 2. ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta una imprecisión aceptable? 3. ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta una veracidad aceptable? 4. ¿El test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica presenta un límite de detección aceptable? 	<p>Objetivo general</p> <p>Desarrollar y validar si el test de análisis por imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica es adecuado.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar la linealidad del test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica. 2. Determinar la imprecisión del test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica. 3. Determinar la veracidad del test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica. 4. Determinar el límite de detección del test de análisis de imágenes con Smartphone para la medición de glucosa sérica. 	<p>Hipótesis general</p> <p>El test de análisis por imágenes con smartphone presenta un buen performance para la medición de glucosa sérica</p>	<p>Variable 1</p> <p>Desarrollo de un test por análisis de imágenes para la determinación de glucosa sérica</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Captura de datos Red Green Blue a través del Smartphone</p> <p>Variable 2</p> <p>Validar un test por análisis de imágenes para la determinación de glucosa sérica</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Linealidad Imprecisión Veracidad Límite de detección</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>tipo aplicada de alcance descriptivo</p> <p>Método y diseño</p> <p>método hipotético deductivo enfoque cuantitativo</p> <p>diseño no experimental de corte longitudinal</p> <p>Población muestra:</p> <p>La población está constituida por muestras séricas del laboratorio de la clínica Guadalupe</p>

Anexo 2: Instrumentos

concentración/absorbancia:	
Muestra	
concentración (mg/dL)	
G valor	
Absorbancia	
veracidad:	
día	
N° de muestra	
resultado método de prueba	
resultado de método de comparación	
límite de detección:	
N° de lectura	
Replica	
valor de la réplica (mg/dL)	



Anexo 3: Aprobación del comité de ética



Universidad
Norbert Wiener

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA PARA LA INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Lima, 26 de noviembre de 2023

Investigador(a)
Luis Angel Guzman Heredia
Exp. N°: 1179-2023

De mi consideración:

Es grato expresarle mi cordial saludo y a la vez informarle que el Comité Institucional de Ética para la investigación de la Universidad Privada Norbert Wiener (CIEI-UPNW) evaluó y **APROBÓ** los siguientes documentos:

- Protocolo titulado: “Desarrollo y validación de un test para la medición de glicemia mediante el análisis de imágenes con un Smartphone.” Versión 01 con fecha 30/10/2023.
- Formulario de Consentimiento Informado Versión 01 con fecha 30/10/2023.

El cual tiene como investigador principal al Sr(a) Luis Angel Guzman Heredia los investigadores colaboradores


La **APROBACIÓN** comprende el cumplimiento de las buenas prácticas éticas, el balance riesgo/beneficio, la calificación del equipo de investigación y la confidencialidad de los datos, entre otros.

El investigador deberá considerar los siguientes puntos detallados a continuación:

1. La vigencia de la aprobación es de dos años (24 meses) a partir de la emisión de este documento.
2. El Informe de Avances se presentará cada 6 meses, y el informe final una vez concluido el estudio.
3. Toda enmienda o adenda se deberá presentar al CIEI-UPNW y no podrá implementarse sin la debida aprobación.
4. Si aplica, la Renovación de aprobación del proyecto de investigación deberá iniciarse treinta (30) días antes de la fecha de vencimiento, con su respectivo informe de avance.

Es cuanto informo a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

Atentamente,


Yenny Marisol Bellido Fuente
Presidenta del CIEI- UPNW



Anexo 4: Carta de aprobación de la institución para la recolección de datos

Universidad
Norbert Wiener

Lima, 04 de Agosto del 2023

CARTA N° 467-08-E78-2023-DFCS-UPNW

Dra.
ELENA MACO FLORES
DIRECTORA
SERVICIOS DE SALUD GUADALUPE

Presente. -

De mi especial consideración:

Mediante la presente le manifiesto el saludo institucional y el mío propio. Asimismo, le solicito a usted vuestra autorización para que el Bachiller **GUZMAN HEREDIA LUIS ANGEL** de la carrera de Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica de la EAP. Tecnología Médica de esta casa de estudios, para que realice la recolección de datos para su tesis titulado : "**DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN TEST PARA LA MEDICIÓN DE GLICEMIA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE IMÁGENES CON UN SMARTPHONE**".

Agradeciendo la atención a la presente, hago propicia la ocasión para reiterarle los sentimientos de mi más alta consideración y estima personal.

Atentamente,

SERVICIOS DE SALUD GUADALUPE S.A.C.

DRA. ELENA I. MACO FLORES
GERENTE GENERAL

Dr. Manuel Mayorga Espichan
Decano de la Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Norbert Wiener

Anexo 5: Reporte de similitud de Turnitin

Reporte de similitud	
NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
"DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN TEST PARA LA MEDICIÓN DE GLICEMIA MEDIANTE EL ANÁLISIS DE IMÁGENES CO	LUIS ANGEL GUZMAN HEREDIA
RECuento de palabras	RECuento de caracteres
10006 Words	56755 Characters
RECuento de páginas	Tamaño del archivo
59 Pages	1.1MB
FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
May 27, 2024 9:57 AM GMT-5	May 27, 2024 9:59 AM GMT-5
<p>● 6% de similitud general</p> <p>El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5% Base de datos de Internet • Base de datos de Crossref • 3% Base de datos de trabajos entregados • 0% Base de datos de publicaciones • Base de datos de contenido publicado de Crossref 	
<p>● Excluir del Reporte de Similitud</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material bibliográfico • Material citado • Bloques de texto excluidos manualmente • Coincidencia baja (menos de 10 palabras) 	

● 6% Overall Similarity

Top sources found in the following databases:

- 5% Internet database
- 0% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 3% Submitted Works database

TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	repositorio.uwiener.edu.pe Internet	1%
2	hdl.handle.net Internet	<1%
3	uwiener on 2024-08-11 Submitted works	<1%
4	uwiener on 2024-04-01 Submitted works	<1%
5	slideshare.net Internet	<1%
6	researchgate.net Internet	<1%
7	repositorio.unprg.edu.pe:8080 Internet	<1%
8	Universidad Wiener on 2022-08-24 Submitted works	<1%