Universidad Norbert Wiener

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA ACADÉMICO DE ODONTOLOGÍA

Tesis

Efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026

Para optar el Título Profesional de

Cirujano Dentista

Presentado por:

Autor: Espetea Choqque, Martín

Código ORCID: https://orcid.org/0009-0000-4417-0026

Asesora: Dra. Morante Maturana, Sara Angélica

Código ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9715-728X

Lima – Perú

2026

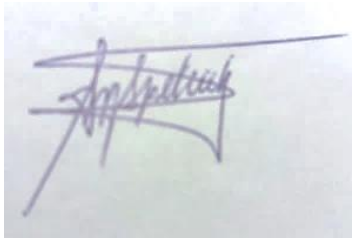
Universidad Norbert Wiener	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA Y DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN		
	CÓDIGO: UPNW-GRA-FOR-033	VERSIÓN: 01 REVISIÓN: 01	FECHA: 08/11/2022

Yo, Espetea Choqque Martin egresado de la Facultad de **Ciencias de la Salud** y Programa Académico Profesional de **Odontología** de la Universidad privada Norbert Wiener declaro que el trabajo de investigación "Efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026"

Asesorado por el docente: Morante Maturana, Sara Angélica DNI 10138106 ORCID 0000-0001-9715-728X tiene un índice de similitud de **15 (quince) %** con código trn:oid:::14912:607692315 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 Firma de autor 2

Espetea Choqque Martin Nombres y apellidos del Egresado

DNI: *44284514* DNI: ……..



…….

Firma

MORANTE MATURANA SARA ANGELICA

DNI: 10138106

Lima,13 de julio de 2025

DEDICATORIA

A mi madre, por ser lo más importante en mi vida, a mis dos motores de mi vida. Mi Luciana y mi campeón Vicente Martin, que siempre son mi luz y apoyo en los emprendimientos que realizo, por darme la fuerza y aliento en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A mi asesora la Dra. Sara Morante Maturana, por estar pendiente del desarrollo de mi trabajo, dándome su guía de forma desinteresada y compartiendo su conocimiento para culminar la realización de este trabajo.

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Índice	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
Introducción	xii
CAPÍTULO I. PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2Formulación del problema	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Problema específico	3
1.3 Objetivo de la investigación	3
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específico	4
1.4 Justificación de la investigación	4
1.4.1 Teórica	4
1.4.2 Metodológica	4
1.4.3 Práctica	5
1.4.4 Social	5
1.5. Limitaciones	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes	8
2.2. Base teórica	14
2.3. Formulación de Hipótesis	30
2.3.1 Hipótesis General	30
2.3.2 Hipótesis Específicas	30
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	33
3.1 Método de la investigación	33

3.2 Enfoque de la investigación 33
3.3 Tipo de investigación 33
3.4 Diseño de la investigación 33
3.5 Población, Muestra y Muestreo 34
3.6 Variable y Operacionalización 36
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 38
3.7.1 Técnica 38
3.7.2 Descripción de instrumentos 42
3.7.3 Validación 42
3.7.4 Confiabilidad 43
3.8 Plan de procesamiento y análisis de datos 43
3.9 Aspectos Éticos 43
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN DISCUSIÓN DE RESULTADOS 44
4.1 Resultados 44
4.1.1 Análisis descriptivos de resultados 44
4.1.2 Prueba de hipótesis (Si aplica) 56
4.1.3 Discusión de resultados 61
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61
5.1 Conclusiones 62
5.2 Recomendaciones 63
REFERENCIAS 64
ANEXOS 71
Anexo 1. Matriz de consistencia 71
Anexo 2. Instrumento de recolección de datos 73
Anexo 3 Confiabilidad del instrumento 74
Anexo 4 Aprobación del comité de ética 79
Anexo 5 Carta de aprobación de la institución para la recolección de datos 80
Anexo 6 Programa de intervención (para estudios experimentales) 81
Anexo 7 Informe del asesor de Turnitin 82
Anexo 8 Fotos del procedimiento 83
Anexo 9 Base de datos 87

ÍNDICE DE TABLAS

Figura 1. Efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026 44

Tabla 2. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia 46

Tabla 3. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia 47

Tabla 4. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia 48

Tabla 5. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 4 mm de distancia 49

Tabla N° 6: Prueba de Normalidad de Shapiro –Wilk 50

Tabla N° 7: Diferencias significativas al comparar el efecto del sistema fotoiniciador tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025 51

Tabla N° 8: Diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia 52

Tabla N° 9: Diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia 53

Tabla N° 10: Diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia 54

Tabla N° 11: Diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 4 mm de distancia 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026 45

Figura 2. Efecto del sistema fotoiniciador distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026 45

Figura 3. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia 46

Figura 4. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia 47

Figura 5. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia 48

Figura 6. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 4 mm de distanci 49

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del sistema fotoiniciador, el tiempo y la distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas *in vitro*, Lima 2026. Se empleó un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con diseño experimental, de corte transversal y nivel explicativo. La muestra estuvo conformada por 120 discos de resina distribuidos en 12 grupos experimentales, correspondientes a las combinaciones de tres resinas según su sistema fotoiniciador (Filtek Z250–Camforquinona, Tetric N Powerfill 2–Ivocerin y Vitra APS–Advanced Polymerization System), dos tiempos de fotocurado (20 y 40 segundos) y dos distancias (2 y 4 mm). La microdureza fue evaluada mediante un microdurómetro Vickers. Para el análisis estadístico se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y el análisis de varianza (ANOVA). Los resultados mostraron que Filtek Z250 presentó los mayores valores promedio de microdureza, seguida de Vitra APS y Tetric N Powerfill 2. Asimismo, las muestras fotocuradas a 2 mm registraron mayores valores promedio que las fotocuradas a 4 mm. El análisis inferencial evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las resinas evaluadas en todas las combinaciones de tiempo y distancia de fotocurado ($p<0,05$). Se concluyó que el sistema fotoiniciador, el tiempo y la distancia de fotocurado permitieron evidenciar diferencias significativas en la microdureza de las resinas compuestas evaluadas.

Palabras clave: Resina compuesta, dureza, luz, calor, polimerización.

ABSTRACT

The study aimed to determine the effect of the photoinitiator system, light-curing time, and distance on the microhardness of composite resins in vitro, Lima 2026. A quantitative, applied approach was used, employing an experimental, cross-sectional, and explanatory design. The sample consisted of 120 resin discs distributed across 12 experimental groups, representing combinations of three resins based on their photoinitiator systems (Filtek Z250–Camphorquinone, Tetric N Powerfill 2–Ivocerin, and Vitra APS–Advanced Polymerization System), two light-curing times (20 and 40 seconds), and two distances (2 and 4 mm). Microhardness was evaluated using a Vickers microhardness tester. Statistical analysis involved the Shapiro-Wilk normality test and analysis of variance (ANOVA). Results showed that Filtek Z250 exhibited the highest average microhardness values, followed by Vitra APS and Tetric N Powerfill 2. Additionally, samples light-cured at 2 mm recorded higher average values than those cured at 4 mm. Inferential analysis revealed statistically significant differences among the evaluated resins across all combinations of light-curing time and distance ($p<0.05$). It was concluded that the photoinitiator system, light-curing time, and distance resulted in significant differences in the microhardness of the composite resins evaluated.

Keywords: Composite resin, hardness, light, heat, polymerization.

INTRODUCCIÓN

Los materiales restauradores a base de resina compuesta han adquirido una posición predominante dentro de la odontología restauradora contemporánea, debido a que combinan cualidades ópticas favorables, un desempeño mecánico satisfactorio y una elevada capacidad de unión a los tejidos dentarios. Estas particularidades han favorecido su incorporación en procedimientos restauradores directos tanto en piezas dentarias anteriores como posteriores. Sin embargo, el perfeccionamiento de sus propiedades fisicomecánicas continúa siendo un campo de permanente interés científico, especialmente en relación con la microdureza, parámetro que refleja el grado de conversión de los monómeros durante la polimerización y constituye un referente indirecto de la resistencia al desgaste, la estabilidad estructural y la permanencia clínica de las restauraciones.

Con el propósito de desarrollar el estudio de manera sistemática, el documento se organiza en diversos capítulos que abordan progresivamente los componentes esenciales de la investigación.

El Capítulo I expone el planteamiento del problema, describiendo el contexto de la investigación, la relevancia científica de la microdureza como propiedad física de las resinas compuestas y los fundamentos conceptuales vinculados con el proceso de fotopolimerización.

El Capítulo II reúne los fundamentos teóricos y la evidencia científica disponible, integrando antecedentes nacionales e internacionales relacionados con las propiedades mecánicas de las resinas compuestas y el comportamiento de variables como el sistema fotoiniciador

El Capítulo III desarrolla el componente metodológico del estudio, especificando, el diseño experimental, los criterios de selección de los materiales empleados, los procedimientos experimentales y el protocolo utilizado para la determinación de la microdureza.

El Capítulo IV a partir del procesamiento estadístico de la información recopilada. Asimismo, se expone el análisis e interpretación de los hallazgos mediante estadística descriptiva y representaciones gráficas, facilitando la comparación del comportamiento de la microdureza según las condiciones experimentales evaluadas.

El Capítulo V reúne las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación. En este apartado se sintetizan los principales hallazgos en función de los objetivos planteados y se formulan recomendaciones para fortalecer protocolos en la práctica clínica,

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En el ámbito de la odontología restauradora, las resinas compuestas han cobrado importancia por sus atributos mecánicos, estéticos y adhesivos. Estas resinas, que se usan con frecuencia para las restauraciones directas, necesitan una polimerización apropiada para satisfacer las expectativas en cuanto a duración y resistencia. En este proceso, el fotoiniciador tiene un rol esencial porque es el responsable de dar inicio a la reacción de polimerización, ya que absorbe la energía de la luz y la transforma en energía química. condicionando así las propiedades finales del material. (1)

En el ámbito internacional, varias investigaciones han analizado la conexión entre las propiedades mecánicas de las resinas compuestas y el fotoiniciador. Kowalska et al. el año 2021, evidenciaron que la microdureza y la resistencia a la tracción de las resinas compuestas pueden verse notablemente impactadas según el tipo de fotoiniciador empleado, incluyendo camforquinona (CQ), Lucirin TPO e Ivocerin, los cuales afectan la dureza superficial y el estrés de contracción de los materiales (2).

Algunos fotoiniciadores, como la camforquinona, causan un estrés de contracción más alto. Por otro lado, otros fotoiniciadores, como el Ivocerin, proporcionaron una estabilidad más alta y una deformación más baja en condiciones de polimerizado. Este descubrimiento subraya la relevancia de elegir el fotoiniciador apropiado para lograr un rendimiento óptimo en las resinas compuestas (2,3). Adicionalmente, otros trabajos han resaltado que alternativas a la camforquinona, como los fotoiniciadores basados en acilfosfina (TPO) o derivados de germanio, pueden mejorar la estabilidad cromática y reducir la coloración amarillenta sin sacrificar el desempeño mecánico, siempre que se emplee una unidad de curado con espectro de luz compatible. (3)

A nivel nacional, algunos trabajos han empezado a investigar las variaciones en el rendimiento de las resinas compuestas según las unidades de fotopolimerización, aunque son pocos los que comparan directamente distintas marcas de resinas con diferentes fotoiniciadores y tiempos/distancias de curado (4).

Los hallazgos sugieren que los fotoiniciadores empleados tienen un efecto notable en la resistencia de las resinas compuestas, subrayando que los fotoiniciadores con una compatibilidad espectral superior con la unidad de fotopolimerización producen una

resistencia más alta, lo cual pone de relieve el papel del fotoiniciador en la calidad de las restauraciones dentales finales. La importancia de escoger el fotoiniciador apropiado en la mejora de las características mecánicas de las resinas compuestas queda resaltada por este hallazgo (2).

Estudios como los de Rivelli y Picca han indicado que variables como intensidad, tiempo de exposición y distancia de la guía de luz son factores críticos que afectan el grado de conversión y la microdureza de los composites, lo cual tiene implicancias directas en la durabilidad de las restauraciones. (5).

El asunto es importante porque la calidad de la polimerización tiene un impacto directo en la duración de las restauraciones dentales. La forma en cómo se distribuye la luz a lo largo de la resina, así como el nivel de conversión y la profundidad durante el curado, dependen de los elementos de relleno y de la matriz orgánica presentes en las resinas compuestas. estas variables influyen en el grado de conversión y, por ende, en la microdureza y propiedades mecánicas finales del material. (6)

La selección del fotoiniciador, así como la intensidad y el tiempo de exposición a la luz de polimerizado, pueden modificar las características físicas y químicas de la restauración dental, entre ellas la estabilidad cromática, la microdureza, la resistencia al desgaste y el estrés por contracción. Estudios han demostrado que la profundidad de curado, la dureza superficial y la contracción volumétrica están directamente influenciados por estos factores, lo cual afecta la integridad marginal y funcionalidad clínica de los composites. (7)

Por lo tanto, entender cómo estos elementos interactúan resulta crucial para mejorar los protocolos clínicos y aumentar al máximo el desempeño de las restauraciones compuestas en la consulta. También es necesario que la investigación en este campo tenga en cuenta la compatibilidad entre el fotoiniciador y las lámparas de fotopolimerización disponibles en el mercado, asegurando que la luz emitida esté acorde con las longitudes de onda que absorbe el fotoiniciador para garantizar una polimerización total y minimizar fallas clínicas. (8)

La situación actual en Perú muestra que los especialistas en odontología emplean una diversidad de resinas compuestas y equipos de fotopolimerización. Sin embargo, no siempre siguen las especificaciones del fabricante o los estudios más recientes concernientes al tipo de fotoiniciador y los parámetros de fotocurado adecuados. Esta falta

de adherencia a los protocolos podría ser una causa de variación en la calidad de las restauraciones dentales, afectando negativamente tanto su permanencia como su apariencia clínica. (9)

Conforme a lo indicado por investigaciones previas, la polimerización incompleta puede provocar fallos en las restauraciones, como una disminución de la resistencia a la tracción, microfiltración o un incremento del peligro de desgaste prematuro. Aunque los fabricantes suelen sugerir tiempos de exposición y fotoiniciadores particulares para cada tipo de material, estos procedimientos no siempre se implementan de manera óptima en la práctica clínica en el Perú. Para brindar directrices más efectivas y específicas, es esencial llevar a cabo investigaciones sobre esta problemática en el entorno local (10).

Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026?

1.2.2 Problema específicos

1. ¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250 (Camforquinona), la resina Vitra APS (APS) y la resina Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) al ser fotocuradas 20 s a 2 mm de distancia?
2. ¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 4 mm de distancia?
3. ¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 2 mm de distancia?
4. ¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 4 mm de distancia?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1Objetivo General

Determinar el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026.

1.3.2 Objetivo Específicos

1. Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250 (Camforquinona), la resina Vitra APS (APS) y la resina Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) al ser fotocuradas 20 s a 2 mm de distancia.
2. Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 4 mm de distancia.
3. Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 2 mm de distancia.
4. Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 4 mm de distancia.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Teórica

La aplicación de resinas compuestas en el ámbito de la odontología restauradora se ha vuelto común en la práctica gracias a sus características mecánicas y estéticas. No obstante, la polimerización apropiada del material tiene un impacto significativo en la calidad de las restauraciones, y esta está determinada por el tipo de fotoiniciador que se emplea. Los fotoiniciadores producen radicales libres cuando absorben energía lumínica en longitudes de onda específicas, lo que da inicio a la reacción de polimerización de los monómeros. La selección del fotoiniciador y su compatibilidad con la fuente lumínica pueden impactar directamente en el nivel de conversión, la profundidad de curado y las

propiedades mecánicas finales de la resina compuesta. Por ende, entender teóricamente la manera en que los distintos fotoiniciadores afectan las características de las resinas compuestas es esencial para perfeccionar así los protocolos de polimerizado y elevar el desempeño clínico de las restauraciones dentales. Esta investigación aportó al entendimiento acerca de la interacción entre las resinas compuestas y los fotoiniciadores, así como también facilitó el establecimiento de sugerencias científicas fundamentadas en pruebas que optimizaron la práctica clínica en la odontología restauradora.

1.4.2 Metodológica

Se propuso como una investigación in vitro. Esto facilitó el control de las variables que afectan el procedimiento de fotopolimerización y la evaluación exacta del efecto de distintos fotoiniciadores en las características físicas de las resinas compuestas. El análisis de las resinas compuestas en condiciones controladas asegura que los resultados sean concretos y replicables, eliminando la variabilidad vinculada a los elementos clínicos. Las técnicas científicas también serán utilizadas, como la medición de la microdureza y el porcentaje de conversión de las resinas, los cuales son indicadores esenciales del grado de eficiencia de la polimerización y del nivel de calidad de materiales restauradores dentales. Este enfoque posibilitó la obtención de datos fidedignos que, a su vez, ayudarán a perfeccionar las recomendaciones respecto al empleo de fotoiniciadores en la práctica clínica odontológica.

1.4.3 Práctica

Brindó a los profesionales de odontología una herramienta útil al ofrecer información concreta acerca de los fotoiniciadores más eficaces para polimerizar las resinas compuestas en el ámbito local. El conocimiento minucioso de cómo los fotoiniciadores afectan la calidad de las restauraciones permitió a los odontólogos elegir los materiales y métodos adecuados para cada caso clínico, con lo cual se maximizarán los resultados de los tratamientos odontológicos. Además, como los fotoiniciadores y las lámparas de fotopolimerización son tecnologías que se emplean con frecuencia en las clínicas dentales, los hallazgos de esta investigación tienen la posibilidad de aplicarse sin dificultad en la práctica clínica cotidiana, lo cual optimiza la eficacia del tratamiento dental y disminuye

el riesgo de equivocaciones o defectos anticipados en las restauraciones. Esto, por lo tanto, incrementará la calidad de la atención en el consultorio odontológico.

1.4.4. Social

En el contexto social, esta investigación tiene un gran efecto en la salud pública porque las restauraciones dentales son una parte esencial del cuidado de la cavidad oral. La salud oral de los pacientes se ve directamente afectada por la selección apropiada de los fotoiniciadores y su impacto en la longevidad de las restauraciones. Restauraciones dentales que estén polimerizadas de manera incorrecta pueden resultar a una elevada cantidad de errores en la consulta, lo que incrementa la posibilidad de complicaciones como: microfiltraciones, caries recurrente y volver por retratamientos. Este estudio tiene la capacidad de disminuir la frecuencia de inconvenientes dentales al mejorar la calidad de las restauraciones, lo cual es ventajoso para los habitantes de una localidad, en particular en lugares como Lima, donde el acceso a tratamientos dentales puede verse restringido por motivos económicos. Asimismo, se logrará optimizar la efectividad de los tratamientos odontológicos al perfeccionar las técnicas de fotopolimerización, lo que redundó en una mejor satisfacción y bienestar para las personas atendidas.

1.5 Limitaciones de la investigación

1.5.1Temporal:

Desarrollada durante el año 2026, comprendiendo el periodo necesario para la planificación, ejecución experimental, recolección de datos y análisis de resultados. Los hallazgos se limitaron a este intervalo de tiempo y a las condiciones experimentales, materiales y procedimientos de laboratorio utilizados, sin considerar posibles futuras formulaciones de resinas compuestas o avances en tecnología de fotocurado que puedan surgir posteriormente.

1.5.2 Espacial:

Realizado en las instalaciones del laboratorio HGH TECHNOLOGY SAC, que cuenta con el equipamiento necesario para la manipulación de resinas compuestas y la medición de propiedades físico-mecánicas como la microdureza. Esta delimitación garantiza la estandarización de procedimientos y control de variables ambientales (temperatura, humedad, iluminación), pero limitando se generalice de forma directa de los resultados a otros entornos clínicos o laboratorios con condiciones distintas.

1.5.3 Población o unidad de análisis:

La población de estudio estuvo constituida por discos de resinas compuestas elaborados bajo condiciones estandarizadas in vitro. La unidad de análisis correspondió a los especímenes de resina, no a pacientes. Este enfoque permitió controlar rigurosamente las variables de interés y eliminar factores biológicos o clínicos que podrían interferir en los resultados. Sin embargo, limita extrapolar directanente hallazgos a condiciones clínicas reales, donde intervienen factores adicionales como saliva, anatomía dental y variaciones en la técnica operatoria.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Antecedentes nacionales:

Solis (11) el año 2025, tuvo como objetivo "Evaluar el efecto de diferentes temperaturas sobre la microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada termoplastificada en un entorno experimental in vitro". La metodología fue experimental y se llevó a cabo a una altitud de 4380 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.), variando propiedades debido a las variaciones de temperatura y presión. Para ello, se utilizó una resina compuesta fotopolimerizable, sometiéndola a fotopolimerización a diversas temperaturas durante el proceso. La microdureza superficial fue el parámetro principal evaluado, utilizando un medidor específico para medir la dureza de la resina una vez fotopolimerizada. Se registraron variaciones significativas en la microdureza de la resina dependiendo de la temperatura empleada en el proceso de fotopolimerización. En este sentido, las resinas sometidas a fotopolimerización a temperaturas más altas mostraron una mayor dureza superficial, en comparación con aquellas fotopolimerizadas a temperaturas más bajas, las cuales presentaron una microdureza inferior. El análisis estadístico realizado permitió comprobar que las diferencias en la microdureza fueron significativas, En conclusión, el estudio demostró que la microdureza de las resinas compuestas fotopolimerizables se ve afectada por la temperatura a la que se realiza la fotopolimerización.

Alanoca (12) el año 2025, tuvo como objetivo "Evaluar la influencia de las distintas potencias de fotopolimerización de una lámpara LED de alta gama sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para restauraciones directas en el sector posterior". La metodología fue de enfoque cuantitativo, con diseño experimental

in vitro. Para ello, se confeccionaron muestras de dos resinas compuestas utilizadas para restauraciones directas, las cuales fueron fotopolimerizadas empleando diferentes niveles de potencia de una lámpara LED de alta gama. Posteriormente, la dureza superficial fue evaluada mediante un microdurómetro, permitiendo comparar los valores obtenidos entre los grupos experimentales. Los resultados evidenciaron que la potencia de fotopolimerización influyó en la microdureza superficial de las resinas compuestas, observándose diferencias entre los grupos según la intensidad de luz utilizada y el tipo de resina evaluada. El análisis estadístico confirmó diferencias significativas entre algunos grupos experimentales. En conclusión, el estudio demostró que la potencia de la lámpara LED constituye un factor determinante en la microdureza superficial de las resinas compuestas, por lo que la selección adecuada de los parámetros de fotopolimerización favorece un mayor grado de polimerización y mejores propiedades mecánicas del material.

Santos et al. (13) el año 2024, tuvieron como objetivo "Comparar la microdureza de resina compuesta utilizando dos técnicas de fotopolimerización: la convencional y la modificada con cubeta impresa en dos tiempos". Su metodología fue un estudio experimental de diseño comparativo, en el cual se evaluaron muestras de resina compuesta, sometidas a fotopolimerización con dos técnicas diferentes. La medición de la microdureza se realizó bajo condiciones estandarizadas, con el fin de observar las diferencias en los resultados de dureza superficial entre las técnicas aplicadas. La muestra del estudio consistió en resinas compuestas fotopolimerizables, a las cuales se les aplicaron las dos técnicas de fotopolimerización previamente mencionadas. El análisis de microdureza fue realizado mediante mediciones exactas en condiciones controladas. Los resultados del estudio indicaron que la técnica modificada con cubeta

impresa en dos tiempos presentó una microdureza smayor que la técnica convencional, lo cual va sugerir que la elección de la técnica de fotopolimerización puede influir de manera notable en la superficie y dureza del compuesto. En conclusión, el estudio evidenció que la técnica modificada con cubeta impresa en dos tiempos mejora la microdureza de las resinas compuestas en comparación con la técnica convencional, lo que podría tener implicaciones para la práctica clínica odontológica.

Cacyavilca (14) el año 2023, tuvo como objetivo "Comparar la microdureza superficial de dos resinas compuestas fotopolimerizables: 3M Filtek Z250 XT y FGM Vittra APS". La metodología contemplo un diseño experimental, y comparativo, con el fin de evaluar las diferencias en la dureza superficial de estas resinas al ser sometidas a fotopolimerización. La muestra del estudio consistió en resinas compuestas fotopolimerizables 3M Filtek Z250 XT y FGM Vittra APS, que fueron evaluadas en términos de microdureza superficial bajo condiciones estandarizadas de fotopolimerización. Las mediciones de microdureza se realizaron utilizando técnicas específicas para asegurar la precisión y la comparabilidad entre las dos resinas. Los resultados obtenidos indicaron que ambas resinas presentaron diferencias significativas en cuanto a su microdureza superficial. La resina 3M Filtek Z250 XT mostró una mayor dureza superficial en comparación con la FGM Vittra APS. En conclusión, el estudio demostró que la microdureza superficial de las resinas compuestas varía según el tipo de material utilizado, lo que puede influir en la selección del material adecuado para tratamientos odontológicos, especialmente en aquellos que requieren una mayor resistencia al desgaste superficial.

Medina y Silva (15) el año 2022, tuvieron como objetivo "Comparar la microdureza superficial de tres resinas compuestas tipo Bulk Fill mediante un estudio in vitro". La metodología fue experimental. La muestra estuvo conformada por discos elaborados con tres resinas Bulk Fill: Filtek™ One Bulk Fill (3M ESPE), Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) y Opus Bulk Fill APS (FGM), los cuales fueron confeccionados siguiendo un protocolo estandarizado de fotopolimerización y posteriormente sometidos a la prueba de microdureza superficial mediante un microdurómetro Vickers. Los datos obtenidos fueron analizados mediante pruebas estadísticas para obtener diferencias sobre la evaluación de grupos. Mostrando los resultados que existieron diferencias en los valores de microdureza superficial entre las tres resinas estudiadas, obteniendo Filtek™ One Bulk Fill los mayores valores de microdureza, seguida por Opus Bulk Fill APS y Tetric® N-Ceram Bulk Fill. El análisis estadístico confirmó que las diferencias encontradas fueron estadísticamente significativas. En conclusión, el estudio demostró que dependiendo de resina Bulk Fill habrá influencia significativa en la microdureza superficial, siendo Filtek™ One Bulk Fill la que presentó el mejor comportamiento entre los materiales evaluados.

Antecedentes internacionales:

Keser y Üçüncü (16) el año 2025 en Turquía realizaron un análisis cuyo propósito fue "Comparar la dureza superficial y la estabilidad del color de las resinas compuestas dentales que emplean distintos fotoiniciadores". En su metodología la investigación utilizó resinas compuestas fotocuradas usando diferentes fotoiniciadores, y por medio de técnicas de ensayo estándar se examinó la dureza superficial y la estabilidad cromática. Las unidades de curado LED empleadas emitieron longitudes de onda variadas para establecer su efecto en las características de los materiales. El análisis estadístico posibilitó la identificación de

diferencias importantes entre las resinas. Resultados: Los hallazgos indicaron que las resinas compuestas que tenían fotoiniciadores avanzados presentaban una estabilidad cromática superior y una dureza superficial mayor en comparación con las que empleaban fotoiniciadores tradicionales. La alteración en las longitudes de onda, además, influyó directamente en las propiedades finales de los materiales, enfatizando la relevancia de seleccionar el fotoiniciador correcto y el procedimiento de curado. Conclusión: La investigación determinó que la optimización de los métodos de curado y el empleo apropiado de fotoiniciadores son elementos decisivos para realzar las características físicas y estéticas de las resinas compuestas, sugiriendo que la selección del fotoiniciador tiene un impacto importante en el rendimiento de los materiales en odontología.

Peres et al. (17) el año 2024 en Brasil, elaboraron con la intención de "Evaluar el impacto de cuatro unidades de curado de luz con distintos protocolos monowave y polywave sobre la dureza Knoop de resinas compuestas que tienen como base las resinas, empleando varios fotoiniciadores". En la metodología de esta investigación, se emplearon cuatro clases de unidades de curado de luz que emitieron longitudes de onda distintas, en modos polywave y monowave. Asimismo, se utilizaron resinas compuestas que estaban basadas en resinas con diferentes fotoiniciadores. Se empleó el ensayo de dureza Knoop, un método estandarizado que analiza la resistencia superficial de los materiales, para determinar la dureza de las resinas. Resultados: Los resultados revelaron que las resinas compuestas curadas con unidades polywave tenían una dureza Knoop más elevada que la que fueron curadas con unidades monowave. Asimismo, las resinas que contenían fotoiniciadores avanzados mostraron un desempeño superior en términos de dureza superficial, sin importar el protocolo de curado que se empleara. Conclusión: La investigación determinó que la propiedad biomecánica de la resina se ven significativamente afectada por el fotoiniciador empleado y el protocolo de curado (monowave o polywave). Específicamente, el uso de

fotoiniciadores más eficaces y las unidades de curado polywave aumentaron la dureza superficial de las resinas.

Wang et al. (18) el año 2024 en Corea del Sur, elaboraron un estudio para "Evaluar el efecto del color, espesor y la homogeneidad del haz de luz de fotocurado sobre la dureza de resinas". Para lo cual la metodología consistió en un estudio experimental in vitro en el que se elaboraron especímenes de resina con diferentes tonalidades (claras y oscuras) y distintos grosores (por ejemplo, 1, 2 y 3 mm). Las muestras fueron fotopolimerizadas mediante unidades LED considerando la distribución espacial de la intensidad lumínica del haz, y posteriormente almacenadas bajo condiciones estandarizadas antes de la evaluación. La microdureza fue medida en diferentes zonas de cada espécimen utilizando pruebas de microindentación, con el fin de analizar la variabilidad según la penetración de la luz. Se recabó que la microdureza disminuyó significativamente conforme aumentó el espesor del material y en las resinas de tonos más oscuros, debido a una menor penetración de la luz de fotocurado. Asimismo, se evidenció que la inhomogeneidad del haz de luz generó variaciones en los valores de microdureza dentro de un mismo espécimen, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos. Dando como conclusión factores como el espesor, el color y la distribución de la intensidad lumínica influyen de manera significativa en la microdureza y en la eficiencia de polimerización de las resinas compuestas, recomendándose un control adecuado de estos parámetros en la práctica clínica.

Sokołowski et al. (19) el año 2023 en Polonia, tuvieron como propósito "Evaluar las propiedades estéticas y biomecánicas elegidas de diferentes resinas que empleaban fotoiniciadores diferentes". La metodología fue de diseño experimental bajo condiciones de curado controladas, se seleccionaron diversos tipos de resinas compuestas con distintos

fotoiniciadores y se evaluaron. Se llevaron a cabo pruebas de dureza superficial, resistencia a la flexión y análisis de estabilidad del color para valorar las características mecánicas y estéticas de las resinas. Los datos fueron examinados aplicando técnicas estadísticas avanzadas para determinar las diferencias significativas entre las distintas clases de fotoiniciadores y su impacto en las propiedades de las resinas. Resultados: Los hallazgos revelaron que las resinas compuestas con fotoiniciadores más eficaces exhibieron propiedades estéticas y mecánicas superiores. Específicamente, las resinas que emplearon fotoiniciadores avanzados exhibieron más mayor dureza superficial y una estabilidad del color más prolongada en el transcurso del tiempo, en comparación con las que usaron fotoiniciadores comunes. Conclusión: Según el estudio, la selección del fotoiniciador es un elemento esencial para optimizar las propiedades estéticas y mecánicas de las resinas compuestas. Esto resalta la relevancia de perfeccionar los protocolos de curado y los fotoiniciadores con el fin de lograr resultados óptimos en odontología restauradora.

Varshney et al. (20) en India, realizaron un estudio que tenía como propósito "Examinar el impacto de los curados de luz monowave y polywave en la microdureza y en el grado de conversión de las resinas compuestas". Para la metodología experimental, se, utilizó diversas resinas compuestas que fueron curadas con dispositivos de curación de luz LED en las modalidades monowave y polywave. La microdureza de las resinas curadas se midió por medio de un microdurómetro, mientras que el grado de conversión se analizó a través de espectroscopía infrarroja. Se llevaron a cabo mediciones en diferentes profundidades de las muestras para lograr un estudio detallado de la eficacia del curado. Se llevó a cabo un análisis de datos a través de análisis estadísticos para comparar los efectos de los dos métodos de curado. Resultados: Los hallazgos mostraron que las resinas curadas en el modo polywave presentaron una microdureza y un grado de conversión más altos que las resinas que fueron curadas en el modo monowave. La mayor dureza y grado de conversión que se presenta en

las resinas curadas con polywave implica que este método de curación podría ser más efectivo para mejorar las propiedades químicas y mecánicas de los compuestas. Conclusión: La investigación determinó que el método polywave de curado de luz tiene un efecto beneficioso en las propiedades de las resinas compuestas, específicamente en cuanto a la microdureza y en el grado de conversión. Esto podría significar que las restauraciones dentales tengan una mayor duración y rendimiento.

2.2 Base teórica

2.1 Resinas Compuestas

2.1.1 Concepto

Son materiales que combinan una matriz orgánica, normalmente resinas termoestables como los compuestos de metacrilato, con partículas inorgánicas, que en la mayoría de los casos son de vidrio o sílice y funcionan como relleno. Estas resinas se emplean primordialmente en odontología restauradora para llevar a cabo restauraciones en dientes anteriores y posteriores. La resina compuesta se aplica al diente en su condición líquida y, posteriormente, se procede a fotopolimerizar para transformarse en una sustancia sólida y robusta (21).

2.1.2 Características de las Resinas Compuestas

2.1.2.1Estética:

Las resinas compuestas, gracias a su amplia variedad de tonalidades que tienen la capacidad de imitar el esmalte dental, pueden adecuarse con eficacia a la estética dental. Esto se consigue con partículas de relleno que cambian en forma y tamaño, lo cual posibilita una mezcla que replica el color natural del diente y su translucidez. Esto las

hace la opción favorita para restaurar los dientes de la zona anterior, ya que la estética es esencial en esta zona en particular (22).

2.1.2.2Adhesión:

Las resinas compuestas se unen adecuadamente a la anatomía dental por medio de un sistema de adhesión, lo que hace innecesaria la preparación de cavidades grandes y contribuye a mantener la estructura dental original. Esta habilidad de adherencia se optimiza por medio de la aplicación de tratamientos para preparar la superficie dental, como lo es el grabado ácido. Este procedimiento incrementa la rugosidad superficial del esmalte y de la dentina, lo cual posibilita una integración más adecuada entre el diente y la resina (23).

2.1.2.3 Resistencia mecánica

Las resinas compuestas han evidenciado que pueden soportar la flexión, tracción y compresión, lo que las vuelve apropiadas para ser aplicadas en los dientes del sector posterior ya que es el sector que soporta la mayor carga masticatoria. Cuando se añaden partículas inorgánicas de dimensiones más grandes, el material se vuelve más resistente y perdura por más tiempo (24).

2.1.2.4 Terapia de curado:

El proceso de polimerizado para las resinas compuestas, que generalmente se realiza a través de la fotopolimerización (polimerizado con luz), es necesario. La naturaleza del fotoiniciador y la intensidad de la luz son algunos de los elementos que determinan la eficacia y la rapidez de este proceso de polimerizado. La permanencia y las propiedades físicas de la restauración pueden verse afectadas negativamente si la polimerización no se completa de manera adecuada (25).

2.1.2.5 Modificaciones del color y contracción:

La presencia de fotoiniciadores o la exposición a algunos elementos del entorno, como las comidas y bebidas diarias, pueden ocasionar que las resinas compuestas cambien de tonalidad con el paso del tiempo. Asimismo, si no se controla apropiadamente, la reducción de volumen que sucede en el proceso de curado puede provocar fracturas o que haya microfiltraciones en la restauración (26).

2.1.3 Tipos de Resinas Compuestas

2.1.3.1 Resinas compuestas microhíbridas:

Estas resinas compuestas contienen una mezcla de partículas de tamaños variados (micropartículas y macropartículas), logrando un balance adecuado entre estética, resistencia y su facilidad de manipulación. Son las más frecuentemente empleadas en el ejercicio clínico cotidiano (27).

2.1.3.2 Resinas compuestas microfillers:

Poseen partículas muy diminutas (por debajo de 0.01 micrómetros) que posibilitan alcanzar una estética excepcional, pero si hablamos de su resistencia a las fuerzas de la masticación ésta seria menos resistente. Se emplean sobre todo en los dientes del sector anterior, donde la estética es esencial (28).

2.1.3.3 Resinas compuestas híbridas:

Son materiales dentales que combinan partículas de gran y pequeño tamaño (macrorrelleno y microrelleno), tienen una buena estética y una resistencia superior a la de los microfillers. Son apropiadas para los dientes posteriores, ya que éstas necesitan una resistencia mecánica más alta (29).

2.1.3.4 Resinas compuestas flowable:

Las resinas compuestas flowable son apropiadas para restauraciones de tamaño reducido o para ser utilizadas en cavidades con una compleja anatomía, debido a su baja viscosidad. Son sencillos de manipular y se adaptan correctamente a las superficies; sin embargo, poseen una resistencia a la compresión inferior en comparación con otras resinas (30).

2.1.3.5 Resinas compuestas de carga pesada:

Estas resinas son muy resistentes y contienen un volumen más alto de partículas de relleno, lo que las hace apropiadas para ser empleadas en los dientes posteriores, donde la restauración estará expuesta a mayores cargas masticatorias (31).

2.2 Resinas compuestas Específicas

2.2.1 Filtek Z250 (Camforquinona)

La resina compuesta Filtek Z250 es una resina híbrida o microhíbrida ampliamente utilizada en odontología restauradora debido a su equilibrio entre resistencia mecánica y estética. Está compuesta por una matriz orgánica de resinas de metacrilato reforzada con partículas inorgánicas de tamaño micrométrico, que funcionan como relleno, otorgándole durabilidad y estabilidad dimensional (32).

El fotoiniciador utilizado en esta resina es la camforquinona (CQ), un compuesto que absorbe luz en el rango de 450–490 nm y la convierte en energía química para iniciar el proceso de polimerización. La eficacia del curado depende de que la fuente luminosa emita luz dentro de este rango espectral y de mantener la intensidad adecuada. Por sus características, Filtek Z250 se indica principalmente en restauraciones de dientes posteriores, donde las fuerzas masticatorias son mayores, ya que ofrece buena resistencia a la compresión, flexión y desgaste. Sin embargo, su estética es moderada en

comparación con resinas más modernas, y puede presentar cierto amarillamiento debido a los subproductos generados durante la polimerización (32).

2.2.2 Vitra APS (Advanced Polymerization System)

Vitra APS es una resina compuesta híbrida que incorpora el sistema patentado APS (Advanced Polymerization System), diseñado para optimizar la eficiencia del curado y la estabilidad de color de la restauración. La composición de esta resina combina resinas orgánicas de metacrilato con partículas inorgánicas de distintos tamaños, logrando un balance entre estética y resistencia mecánica (33).

El fotoiniciador APS está compuesto por una mezcla de moléculas fotosensibles que permiten una activación más rápida y uniforme, aumentando la profundidad de curado y favoreciendo una conversión más completa de los monómeros. Esto es especialmente relevante en restauraciones de grosor moderado, donde una polimerización insuficiente podría afectar la integridad mecánica y estética de la resina. Vitra APS se emplea tanto en dientes anteriores como posteriores, ofreciendo propiedades intermedias en cuanto a resistencia y translucidez, lo que la hace adecuada para restauraciones que requieren un compromiso entre estética y funcionalidad (33).

2.2.3 Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin)

La resina compuesta Tetric N Powerfill 2 es un material híbrido de tipo bulk-fill, diseñado para permitir el curado de capas más gruesas, reduciendo el tiempo de procedimiento clínico. Su matriz de metacrilato está reforzada con partículas inorgánicas cuidadosamente distribuidas, lo que asegura una alta resistencia mecánica y estabilidad dimensional (34).

El fotoiniciador principal es Ivocerin, un iniciador de alta eficiencia que presenta gran compatibilidad espectral con las lámparas LED de intensidad elevada. A diferencia de la camforquinona, Ivocerin permite una polimerización más profunda y rápida, minimizando el riesgo de amarillamiento y favoreciendo un acabado más estable en el tiempo. Estas propiedades hacen que Tetric N Powerfill 2 sea particularmente útil en restauraciones que requieren rapidez sin comprometer la calidad, pudiéndose emplear tanto en dientes anteriores como posteriores. Su capacidad para curar capas más gruesas también contribuye a reducir la contracción de la resina, disminuyendo el riesgo de microfiltraciones y fallas marginales (34).

2.3 Fotopolimerización

2.3.1 Concepto

La fotopolimerización es el procedimiento a través del cual un material fotosensible (eje. la resina compuesta), este es un proceso que convierte el material de un estado líquido o pastoso a uno sólido por medio de la luz. Para conseguir una restauración dental sólida y perdurable, este proceso de fotopolimerización es esencial, pues la resina tiene que transformarse en un polímero sólido capaz de soportar las fuerzas masticatorias y los requerimientos funcionales en la cavidad bucal (35).

2.3.2 Factores que Influyen en la Fotopolimerización

2.3.2.1 Tipo de fotoiniciador:

Los fotoiniciadores son compuestos que al ser expuestos a la luz absorben su energía luminosa y transforman esta energía en energía química y, por lo tanto, comienza el proceso de polimerización. En el área de odontología, los fotoiniciadores más frecuentes son la camforquinona (CQ) y otras sustancias como TPO e Ivocerin. La rapidez del

curado y la estabilidad de la restauración dependen de la selección el tipo de fotoiniciador (36).

2.3.2.2 Longitud de onda de la luz:

Los fotoiniciadores tienen una longitud de onda particular en la que captan la luz más eficientemente. La longitud de onda que absorbe el fotoiniciador debe ser compatible con la luz emitida por las lámparas de fotopolimerización. La camforquinona, por ejemplo, se activa de manera efectiva con luz de 450-490 nanómetros, mientras que otros fotoiniciadores como el Ivocerin son más efectivos utilizando luz con una longitud de onda más larga (450-500 nm) (36).

2.3.2.3 Intensidad de la luz:

La potencia de la luz que emite la fuente de curado es también fundamental. Un nivel de intensidad más elevado puede disminuir el tiempo requerido para curar el material eficazmente. No obstante, una intensidad demasiado elevada provocaría un calor excesivo que dañaría la sustancia misma o el tejido dentario (35).

2.3.2.4 Tiempo de exposición:

El tiempo en que el material se expone a la luz también desempeña un rol importante. Si el tiempo de exposición es insuficiente, la polimerización puede no completarse, lo que afectaría la integridad de la restauración. Por otro lado, una sobreexposición puede no aportar beneficios adicionales y causar un calentamiento del material que no es necesario (36).

2.3.2.5 Profundidad de curado:

El grado de profundidad al que la luz puede curar el material se basa en la translucidez del material y la potencia de la luz empleada. Las resinas que tienen más carga inorgánica y son más densas pueden tener problemas para polimerizarse a fondo. Para garantizar un polimerizado completo, es crucial escoger el fotoiniciador apropiado y emplear una fuente de luz con la longitud de onda adecuada (35).

2.3.2.6 Distancia de fotocurado: Entre la punta de la lámpara y la superficie de la resina influye directamente en la intensidad de luz que llega al material. A mayor distancia, menor intensidad efectiva y, por lo tanto, menor profundidad de curado. Para obtener resultados óptimos, se recomienda mantener la punta de la lámpara lo más cerca posible de la restauración, idealmente a 1–2 mm, evitando ángulos que puedan reducir la irradiación sobre la superficie (36).

2.4 Fotoiniciadores

2.4.1 Concepto

Un fotoiniciador es un compuesto químico que, cuando están expuestas a una fuente de luz, captan la energía de esta y la transforman en energía química. La reacción de polimerización comienza cuando esta energía química se aplica a materiales sensibles a la luz, como son las resinas compuestas. Son cruciales para garantizar que las resinas compuestas se polimericen completa y eficazmente, asegurando así la calidad de las restauraciones dentales (37).

2.4.2 Función de los Fotoiniciadores

La función fundamental de un fotoiniciador consiste en absorber la luz proveniente de una fuente de fotopolimerización. Posteriormente, estos se descomponen y producen radicales libres (si son fotoiniciadores radicales) o cationes (si son fotoiniciadores catiónicos). Estos compuestos a su vez dan inicio al proceso de polimerización de la resina compuesta. Esta

reacción conduce a la creación de largas cadenas de polímero, las cuales otorgan al material sus propiedades mecánicas, como la dureza y la resistencia (37).

2.4.2 Características de los Fotoiniciadores

Eficiencia de activación: Un fotoiniciador tiene que ser eficaz absorbiendo la luz y transformando la energía luminosa en energía química para iniciar una reacción. La eficacia de este proceso depende del tipo de fotoiniciador y de su habilidad para iniciar la reacción de polimerización a longitudes de onda determinadas (36).

Compatibilidad espectral: La posibilidad de que un fotoiniciador absorba la luz en la gama de longitudes de onda que emite la fuente luminosa empleada se conoce como compatibilidad espectral. La calidad del material se verá afectada si el fotoiniciador no es compatible con la luz de la lámpara de fotopolimerización, ya que esto provocará que la reacción de polimerización no se complete (37).

Estabilidad: Para impedir que se alteren las características del material o que ocurra una polimerización prematura cuando el material está en almacenamiento o en su manipulación, los fotoiniciadores tienen que ser estables en el material sin polimerizar (36).

Toxicidad y biocompatibilidad: Dado que los fotoiniciadores utilizados en odontología estarán en contacto directo con los tejidos orales de la persona, es necesario que éstos sean biocompatibles y que no sean tóxicos. Al escoger el fotoiniciador apropiado, la seguridad del paciente es un elemento fundamental que se debe tomar en cuenta (37).

2.4.2 Tipos

Camforquinona (CQ): Es un fotoiniciador comúnmente utilizado en la odontología para el curado de resinas. Es muy efectivo en situaciones de curado con luz LED o luz

halógena y absorbe luz en la longitud de onda de 430 a 500 nm, con un pico máximo de absorción alrededor de 468 nm. No obstante, un problema de este fotoiniciador es que en el proceso de curado puede producir subproductos que le dan a las restauraciones un color amarillento (38).

Ivocerin: Es un fotoiniciador que proporciona una estabilidad de color superior y tiene menor propensión a amarillarse, absorbe luz en la longitud de onda de 370 a 460 nm, con un pico máximo de absorción cercano a 408 nm. Genera una mayor cantidad de radicales libres que la camforquinona, favoreciendo un mayor grado de conversión, especialmente cuando se utiliza con lámparas de alta intensidad (38).

TPO (Fenilbisacilfosfina óxido): TPO es un fotoiniciador de última generación que se caracteriza porque se activa a longitudes de onda más cortas, entre 350 y 420 nm, lo cual posibilita su empleo con fuentes de luz LED de amplio espectro (polywave). TPO es una opción ideal para materiales estéticos, ya que tiene una eficacia de curado más alta y disminuye el amarillamiento en las restauraciones (38).

APS (Sistema de Polimerización Avanzado – Advanced Polymerization System): Es una tecnología que combina diferentes tipos de fotoiniciadores para optimizar la conversión del monómero y mejoramiento de características biomecánicas y estéticas del material. Al incorporar distintos fotoiniciadores, no presenta un rango único de absorción, ya que este depende de la formulación específica del fabricante**.** El sistema APS reduce la dependencia exclusiva de la camforquinona, disminuyendo el amarillamiento y mejorando la estabilidad cromática, además de permitir una polimerización más eficiente incluso con variaciones en la intensidad de la luz (32).

2.5 Microdureza

2.5.1 Concepto

La microdureza es una medida de la resistencia de un material a la penetración o deformación local**,** evaluada a escala microscópica. Es especialmente útil en materiales muy pequeños o finos, como esmalte dental, dentina, recubrimientos de resinas o cerámicas, donde las pruebas de dureza convencionales (Rockwell o Brinell) serían demasiado grandes o poco precisas (39).

Dureza Vickers

La prueba de dureza Vickers (HV), originalmente denominada Diamond Pyramid Hardness (DPH), fue introducida en Inglaterra en 1925 con el propósito de evaluar la resistencia superficial de diversos materiales. Este procedimiento comprende dos modalidades de aplicación de carga: el rango de microdureza, que emplea fuerzas entre 10 y 1000 g, y el rango de macrodureza, que utiliza cargas de 1 a 100 kg. En ambos casos se emplea el mismo indentador, lo que permite obtener valores comparables a lo largo de un amplio espectro de durezas. En materiales homogéneos, los valores de dureza Vickers suelen permanecer constantes independientemente de la carga aplicada, siempre que esta sea superior a 200 g. Sin embargo, cuando se utilizan cargas inferiores a dicho umbral, pueden presentarse ligeras variaciones en los resultados, por lo que la comparación entre mediciones debe efectuarse con mayor precaución (39).

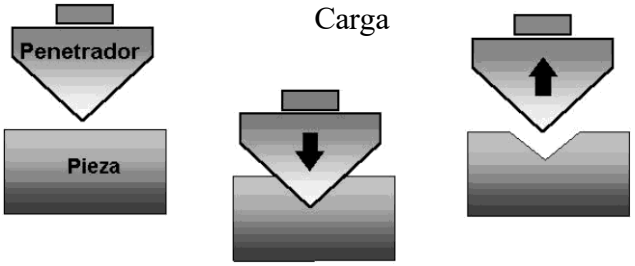
2.5.2 Ensayo Vickers

El método Vickers consiste en aplicar sobre la superficie de la muestra un indentador de diamante con geometría piramidal de base cuadrada y un ángulo de 136° entre caras opuestas. Bajo una carga previamente establecida, el penetrador produce una impronta permanente cuya dimensión es evaluada mediante la medición óptica de las dos diagonales de la huella.

La dureza del material se determina a partir del tamaño de esta indentación, siendo mayor el

valor obtenido cuanto menor sea la deformación producida. Aunque existen tablas estandarizadas para calcular el valor de dureza, los equipos digitales modernos realizan este procedimiento de forma automatizada, reduciendo la posibilidad de errores durante el procesamiento de los datos (39).

La duración de la aplicación de la carga es de 2s a 8s, y esta carga se mantiene durante 10s a 15s (39).



El penetrador se coloca penetrador en la posición del ensayo

Se aplica la carga

Se retira el

El resultado de dureza Vickers HV viene dado por la siguiente fórmula: HV = Constante x Carga aplicada / Area de la huella

$$2F\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Tomado de: ASTM International. *ASTM E384-22: Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials*. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2022

El valor de dureza Vickers es mayor cuanto más dura es la muestra. Existen tablas para realizar el cálculo de manera sencilla, aunque los durómetros digitales realizan este cálculo de manera automática,

Normativa:

Los ensayos Vickers están definidos en las siguientes normas:

- ASTM E384 Micro Vickers (10g a 1kg)

- ASTM E92 Macro Vickers (1kg a 100kg)
- ISO 6507-1,2,3 Micro y Macro Vickers

2.5.3 Aplicaciones

Gracias a la amplitud de cargas disponibles, el ensayo Vickers puede emplearse para caracterizar una gran variedad de materiales, especialmente aleaciones metálicas y otros biomateriales. Su utilización está condicionada principalmente por las dimensiones que admite el equipo de ensayo y no por las características del material evaluado (39)..

Ventajas:

- Una única escala permite evaluar materiales con diferentes niveles de dureza.
- Dispone de múltiples rangos de carga, facilitando su adaptación a diversas aplicaciones experimentales.
- Es un procedimiento mínimamente invasivo, ya que las muestras generalmente conservan su integridad y pueden ser utilizadas posteriormente para otros análisis.

Inconvenientes:

- Requiere una superficie cuidadosamente preparada y pulida para garantizar una lectura precisa de la huella generada.
- La determinación demanda la medición microscópica de la indentación, lo que incrementa el tiempo de ejecución respecto a otros métodos de dureza, pudiendo superar los 30 segundos por muestra, sin considerar el acondicionamiento previo de la superficie (39,40).

2.5.4 Relación entre Fotopolimerización

La microdureza de una resina compuesta depende fundamentalmente del grado de polimerización, el cual a su vez está influenciado por factores relacionados con la fotopolimerización. Estos factores determinan la estructura molecular final y, por ende, la resistencia mecánica superficial del material (40).

Influencia del tipo de fotoiniciador

Los fotoiniciadores son compuestos químicos que, al absorber luz de una longitud de onda específica, generan radicales libres capaces de iniciar la reacción de polimerización de los monómeros metacrílicos presentes en la resina compuesta (40).

Camforquinona (CQ): Es el fotoiniciador más usado clínicamente. Tiene un máximo de absorción entre 468–470 nm. Su efectividad depende de la intensidad de la luz y de la compatibilidad espectral con la lámpara LED o halógena. La CQ puede generar subproductos amarillentos, lo que puede afectar la estética en restauraciones anteriores. demás, requiere la presencia de una amina co-iniciadora para generar radicales libres e iniciar adecuadamente el proceso de polimerización

Ivocerin: Fotoiniciador de última generación basado en derivados de germanio, que permite una elevada conversión de monómero a polímero, favoreciendo propiedades mecánicas como la microdureza. Su principal ventaja radica en su alta eficiencia fotoquímica, estabilidad de color y menor tendencia al amarillamiento en comparación con la camforquinona. Presenta un espectro de absorción aproximado entre 390 y 445 nm, con un máximo de absorción cercano a 408 nm, por lo que requiere lámparas LED de amplio espectro (polywave) para su activación óptim

APS (Advanced Polymerization System): Es un sistema fotoiniciador desarrollado para optimizar la eficiencia de la polimerización mediante la combinación de iniciadores más

reactivos y una menor concentración de camforquinona. Este sistema permite una adecuada conversión de monómeros, favoreciendo propiedades mecánicas como la microdureza y la resistencia al desgaste. Además, al reducir la cantidad de camforquinona, presenta una menor tendencia al amarillamiento y una mejor estabilidad cromática, aspecto especialmente importante en restauraciones estéticas. El sistema APS puede activarse con longitudes de onda comprendidas dentro del espectro emitido por las lámparas LED utilizadas en odontología (40).

APS (Advanced Polymerization System): Es un sistema fotoiniciador desarrollado para optimizar la eficiencia de la polimerización mediante la combinación de iniciadores más reactivos y una menor concentración de camforquinona. Este sistema permite una adecuada conversión de monómeros, favoreciendo propiedades mecánicas como la microdureza y la resistencia al desgaste. Además, al reducir la cantidad de camforquinona, presenta una menor tendencia al amarillamiento y una mejor estabilidad cromática, aspecto especialmente importante en restauraciones estéticas. El sistema APS puede activarse con longitudes de onda comprendidas dentro del espectro emitido por las lámparas LED 40).

TPO (Fenilbisacilfosfina óxido): Su activación requiere longitudes de onda más cortas (aprox. 380–420 nm), siendo útil en resinas altamente estéticas y en situaciones de curado con lámparas LED de alta intensidad (40),

Relación con microdureza: La elección del fotoiniciador afecta la densidad de la red polimérica formada; una activación incompleta genera zonas con menor resistencia y microdureza reducida, especialmente en capas profundas de la resina (40).

Influencia del tiempo y distancia de exposición

Una exposición insuficiente produce una polimerización parcial, dejando monómeros no reaccionados que disminuyen la microdureza y aumentan la susceptibilidad a desgaste y degradación química (41).

La sobreexposición no aumenta significativamente la dureza, pero puede generar calor excesivo, riesgo de daño pulpar y deformación de la resina.

La distancia de fotocurado es crítica: cada milímetro de aumento reduce la intensidad efectiva de luz, disminuyendo la conversión de monómero y la microdureza. Estudios recomiendan mantener la punta de la lámpara a 1–2 mm de la superficie, evitando ángulos que reduzcan la irradiación.

Profundidad de curado: La microdureza disminuye progresivamente con la profundidad de la resina; este fenómeno se conoce como **g**radiente de polimerización y es más pronunciado en resinas con alta carga de relleno o en capas gruesas (41).

2.5.5 Fundamento Físico-Químico de la Fotopolimerización

La fotopolimerización constituye un proceso complejo que integra fenómenos ópticos y reacciones químicas para transformar una resina compuesta desde su estado líquido o pastoso hasta un sólido resistente, generando una red polimérica tridimensional que determina sus propiedades mecánicas y funcionales. Este mecanismo se inicia con la absorción de fotones por los fotoiniciadores presentes en la resina. Los fotoiniciadores radicales se descomponen formando radicales libres, mientras que los sistemas catiónicos producen cationes. Estos intermediarios reactivos atacan los monómeros metacrílicos, promoviendo reacciones en cadena mediante las cuales se enlazan cientos o incluso miles de moléculas, formando largas cadenas poliméricas que constituyen la estructura sólida de la restauración.

La velocidad y extensión de esta reacción dependen de múltiples factores, incluyendo la concentración del fotoiniciador, la intensidad de la luz emitida por la fuente de curado y la temperatura ambiental. Una mayor eficiencia en la formación de la red polimérica genera una densidad elevada de enlaces cruzados, incrementando la microdureza de la resina y su resistencia al desgaste mecánico, propiedades esenciales para restauraciones duraderas en la cavidad bucal (42).

Conversión de monómero a polímero

El porcentaje de conversión de monómero a polímero representa un indicador crítico de la eficacia del proceso de curado. Valores elevados de conversión aseguran que la resina adquiera rigidez, estabilidad dimensional y una microdureza uniforme, factores determinantes para la durabilidad de la restauración. Por el contrario, un bajo grado de conversión genera zonas con enlaces insuficientes, las cuales se vuelven susceptibles a fracturas, microfiltraciones y desgaste prematuro (43).

Diversos factores influyen en la conversión del monómero a polímero: el tipo de resina (microhíbrida, híbrida o flowable), la carga de partículas inorgánicas, el grosor de la capa aplicada, la naturaleza del fotoiniciador, la intensidad de la luz, la duración de la exposición y la distancia entre la lámpara y la superficie de la resina. Una adecuada combinación de estos elementos es determinante para alcanzar una polimerización completa y, por ende, una microdureza óptima (43).

2.5.6 Influencia de las Propiedades Ópticas de la Resina

Las propiedades ópticas de la resina, particularmente su translucidez, juegan un papel primordial en la eficiencia de la fotopolimerización. Una resina con alta translucidez permite que la luz penetre más profundamente en el material, promoviendo la

polimerización de las capas internas y, por consiguiente, aumentando la microdureza en toda la sección de la restauración (44).

Sin embargo, resinas densamente cargadas con partículas inorgánicas o de gran opacidad pueden limitar la penetración de la luz, generando un gradiente de polimerización en el cual la superficie presenta valores de microdureza superiores a los de las capas internas. Esta limitación puede ser compensada mediante ajustes en la composición de la resina, como la selección de fotoiniciadores más eficientes y la optimización del tamaño y la distribución de las partículas de relleno, asegurando así un curado más uniforme y restauraciones más resistentes y estables en el tiempo (44).

2.4 Formulación de Hipótesis

2.4.2 Hipótesis General

H_1: Existen diferencias significativas al comparar el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026

Ho: No existen diferencias significativas al comparar el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026

Hipótesis específicas (H,E.)

H.E N ° 1

H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250 (Camforquinona), la resina Vitra APS (APS) y la resina Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) al ser fotocuradas 20 s a 2 mm de distancia.

Ho: No existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 2 mm de distancia.

H.E. N ° 2

H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 4 mm de distancia.

Ho: No existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 4 mm de distancia.

H.E. N ° 3

H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 2 mm de distancia.

Ho: No existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 2 mm de distancia.

H.E. N ° 4

H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 4 mm de distancia.

Ho: No existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 4 mm de distancia.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Método de la investigación

Hipotético-deductivo, utilizado en las ciencias naturales y sociales, basado en la formulación de hipótesis que se dedujo a partir de teorías previas y que luego se verificaron mediante la observación y experimentación (45).

3.2 Enfoque de la investigación

Cuantitativo, caracterizado por recolectar y analizar numéricamente. El objetivo fue obtener resultados que se puedan medir y cuantificar, y que permitan generalizar los hallazgos a una población más amplia (45).

3.3 Tipo de investigación

Aplicada busca resolución de problemáticas en la práctica y específica. Estuvo dirigida a la aplicación directa de los resultados obtenidos para abordar situaciones reales y concretas (46).

3.4 Diseño de investigación

Experimental es un tipo de investigación en el que se manipularon variables para estudiar su efecto sobre otras variables, controlando factores (46).

3.41 Corte: Transversal considerando que requiere se haga la medición por única vez según el prcoeso(46).

3.4.2 Nivel: Explicativo, cuyo propósito fue determinar las causas y efectos entre variables, es decir, no solo describir un fenómeno, sino explicar por qué ocurre y cómo se relacionan los factores involucrados (46).

3.5. Población, Muestra y Muestreo

Población:

Fue el total de discos conformados por las resinas compuestas con distintos sistemas fotoiniciadores para el estudio: la resina Filtek™ Z250 (3M)**,** la resina Tetric N Powerfill 2 (Ivoclar Vivadent) **y** la resina Vitra APS (APS)**,** que cumplieron con los criterios de selección del estudio para la medición correspondiente.

Muestra:

Se conformaron 12 grupos experimentales, abarcando todas las combinaciones posibles de las tres resinas (Filtek Z250 – Camphorquinona, Tetric N Powerfill 2 – Ivocerin y Vitra APS – (Advanced Polymerization System), los tiempos de fotocurado (20 y 40 segundos) y las distancias de exposición (2 y 4 mm). Cada grupo estuvo compuesto por 10 discos, totalizando 120 discos evaluados en el estudio.

Resina / Sistema	**Tiempo de fotocurado**	**Distancia**	
		2 mm	**4 mm**
Filtek Z250– CQ	20 s	10 discos	10 discos
Filtek Z250 – CQ	40 s	10 discos	10 discos
Tetric N Powerfill 2 –Ivocerin	20 s	10 discos	10 discos
Tetric N Powerfill 2-Ivocerin	40 s	10 discos	10 discos
Vitra APS – APS	20 s	10 discos	10 discos
Vitra APS – APS	40 s	10 discos	10 discos

Muestreo:

Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, dado que los discos de resina fueron seleccionados en función de disponibilidad y características específicas. Debido a esto, los resultados del estudio no pudieron generalizarse a toda la población de resinas compuestas**,** aunque permiten establecer comparaciones válidas entre los

grupos evaluados. Esta limitación se reconocio en la sección de limitaciones.

Criterio de inclusión:

- Discos de resina de seis por dos milímetros
- Discos sin irregularidad y en buen estado
- Discos que cumplieron con el protocolo de elaboración

Criterios de exclusión

- Discos elaborados con otras resinas
- Discos contaminados
- Discos que tuvieron imperfecciones visibles

3.6 Matriz y operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición	Valores
Sistema fotoiniciador (VI)	Conjunto de compuestos químicos presentes en la resina que, al absorber la luz del fotocurador, generan radicales libres iniciando la polimerización (21).	Tipo de resina compuesta utilizado en cada espécimen, clasificado según el sistema fotoiniciador predominante reportado por el fabricante.	Tipo de fotoiniciador	Tipo de resina/fotoiniciador por muestra	Cualitativa nominal	Camphorquinona (Filtek™ Z250 , 3M) Ivocerin (Tetric N Powerfill 2, Ivoclar Vivadent) - APS (Vitra APS, FGM)
Tiempo de fotocurado (VI)	Intervalo donde tiene lugar la exposición de la resina activando el fotoiniciador y permitir la polimerización (14).	Número de segundos de exposición continua a la luz del fotocurador que recibe cada espécimen, medido con cronómetro.	Duración del fotocurado	Tiempo de exposición por muestra	Cuantitativa de razón	- 20 segundos - 40 segundos
Distancia de fotocurado (VI)	Separación existente entre la punta del fotocurador y superficie del compuesto en la polimerización (26).	Distancia en milímetros entre la punta del fotocurador y el espécimen durante la fotopolimerización, medida con instrumento calibrado.	Distancia de exposición	Distancia aplicada por muestra	Cuantitativa de razón	- 2 mm - 4 mm
Microdureza de resinas compuestas (VD)	Propiedad mecánica que indica la resistencia del material a la penetración bajo una carga determinada (9).	Promedio de los valores de microdureza obtenidos en cada espécimen mediante un microdurómetro (Vickers), aplicando carga y tiempo estandarizados.	Nivel de microdureza superficial	Valor de microdureza (HV) por muestra	Cuantitativa de razón	Valores numéricos en HV registrados para cada grupo experimental

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1 Técnica

La obtención necesaria de la muestra se usó la técnica de la observación. Es un método de recolección de datos utilizado en la investigación, que consistió en observar, de manera sistemática y estructurada, los comportamientos, eventos que transitan de manera natural. La técnica de observación incluyó tanto la inspección visual como la medición instrumentada de microdureza, permitiendo obtener datos cuantitativos y cualitativos de las muestras.

Procedimiento

Preparación del material y de los equipos

Antes de iniciar la fase experimental, se verificó el adecuado funcionamiento de la unidad de fotocurado LED B-Cure (Woodpecker), equipada con cinco diodos LED y un rango de emisión de 385–515 nm, cuya intensidad máxima nominal es de 2000 mW/cm² según las especificaciones del fabricante. Sin embargo, antes de cada sesión experimental se verificó la irradiancia efectiva mediante un radiómetro digital calibrado, registrándose valores promedio de 1200 mW/cm² a 0 mm, 900 mW/cm² a 2 mm y 650 mW/cm² a 4 mm de distancia, evidenciando la disminución de la intensidad lumínica conforme aumentó la distancia entre lámpara y resina.

La lámpara fue verificada antes de cada sesión experimental para garantizar una irradiancia constante durante todo el estudio. Asimismo, la superficie de trabajo se mantuvo limpia y libre de residuos o contaminantes que pudieran comprometer la integridad de las muestras.

Se dispuso de moldes cilíndricos estandarizados de 6 mm de diámetro por 2 mm de altura, que fueron limpiados y acondicionados antes de la preparación de cada disco, garantizando uniformidad y evitando irregularidades que pudieran afectar la microdureza.

Confección de los discos de resina

Para la elaboración de los discos, se siguió un protocolo uniforme para los tres tipos de resina: Filtek™ Z250 Carfonquinona (CQ), Tetric N Powerfill 2 – Ivocerin, y Vitra APS – Advanced Polymerization System (APS). La resina fue colocada dentro de los moldes en incrementos homogéneos, aplicando presión ligera y controlada para prevenir la formación de burbujas. Posteriormente, se colocó sobre cada disco una tir matriz transparente asegurando que la superficie superior quedara lisa y regular, con un espesor uniforme de 2 mm. Las resinas se manipularon a temperatura controlada de 22 ± 1 °C para evitar variaciones en la viscosidad y comportamiento durante el fotocurado.

Asignación de los discos a los tiempos y distancias de fotocurado

Una vez confeccionados, los discos fueron distribuidos aleatoriamente entre los distintos grupos experimentales definidos por los factores de estudio: resina/fotoiniciador, tiempo de fotocurado (20 s y 40 s) y distancia de fotocurado (2 mm y 4 mm). Cada combinación formó un grupo de 10 discos, totalizando 120 muestras, lo que permitió establecer comparaciones precisas y reducir la probabilidad de sesgos sistemáticos en la medición de la microdureza. La asignación aleatoria de los discos a cada grupo experimental se realizó mediante un generador de números aleatorios en Excel, asegurando distribución equilibrada.

Fotopolimerización de las resinas

La fotopolimerización se realizó colocando la lámpara perpendicularmente a la superficie de cada disco y a la distancia determinada para cada subgrupo. Para garantizar la uniformidad de la energía lumínica recibida por cada muestra, se midió la irradiancia con un **r**adiómetro digital calibrado, verificando que cada disco recibiera la cantidad óptima de energía para su fotoiniciador. La lámpara LED se encendió 5 segundos antes de cada fotocurado para garantizar estabilidad de irradiancia durante la exposición. Este procedimiento permitió minimizar diferencias no deseadas y asegurar la comparabilidad entre los distintos grupos de resina y características de exposición.

Conservación y estabilización de las muestras

Tras completar la fotopolimerización, los discos fueron retirados cuidadosamente de los moldes y colocados en recipientes individuales etiquetados, identificando el tipo de resina, tiempo y distancia de fotocurado correspondiente. Las muestras fueron almacenadas en agua destilada a 37 °C, simulando condiciones intraorales, durante un período estandarizado, las muestras se almacenaron 24 horas en agua destilada a 37 °C, cambiando el agua cada 12 horas para mantener condiciones isotónicas, lo que permitió la estabilización de las propiedades mecánicas antes de la medición de microdureza.

Preparación para la medición de microdureza

Antes de la medición, cada disco fue inspeccionado visualmente para asegurar que cumpliera los criterios de inclusión: dimensiones correctas de 6 mm de diámetro por 2 mm de altura, superficie libre de irregularidades y haber seguido el protocolo de

elaboración. Las muestras con defectos visibles, contaminación o cualquier imperfección fueron excluidas. El pulido se realizó con discos abrasivos finos de grano 1200 a velocidad constante de 300 rpm durante 30 segundos por superficie, evitando afectar el espesor del material. Cada disco fue codificado para permitir una medición a ciegas y minimizar sesgos del operador.

Medición de la microdureza

La microdureza se evaluó utilizando un durómetro digital Micro Vickers (Marca LG, Modelo HV-1000, Serie 8975-HV-1000LG), previamente calibrado según el certificado CC-055-2025 emitido por High Technology Laboratory Certificate SAC. Las mediciones se realizaron bajo las condiciones ambientales del laboratorio al momento del ensayo (19,4 °C y 75 % de humedad relativa), registradas durante la calibración del equipo. Estas condiciones correspondieron únicamente a la etapa de medición y fueron diferentes de las empleadas durante la preparación de las muestras, la cual se realizó a una temperatura controlada de 22 ± 1 °C.

En cada disco se efectuaron tres identaciones equidistantes y alejadas de los bordes, aplicando una fuerza constante de hasta 1000 g y un tiempo de penetración estandarizado. Las identaciones se realizaron siguiendo un patrón triangular equidistante, evitando los bordes y zonas previamente identadas, garantizando independencia de cada medida. Los valores obtenidos se promediaron para generar un valor representativo de microdureza por muestra, que sirvió como base para el análisis comparativo entre los distintos sistemas fotoiniciadores, tiempos y distancias de fotocurado. Las mediciones se realizaron en un laboratorio sin vibraciones y con luz ambiental controlada para evitar errores de lectura.

Descripción de instrumentos

Fue una ficha de observación estructurada, buscando registrar y organizar los datos experimentales obtenidos durante la medición de la microdureza de resinas compuestas dentales. Esta ficha permitió sistematizar la información de manera clara y uniforme, facilitando el análisis comparativo entre los distintos grupos de resina, fotoiniciador, tiempos y distancias de fotocurado.

La ficha se estructuro en columnas que incluyeron:

Número de disco: Identifica cada muestra individual, garantizando un seguimiento preciso de todas las mediciones realizadas.

Grupo experimental: Clasifico los discos según el tipo de resina y fotoiniciador, estableciendo los subgrupos correspondientes para análisis estadístico.

Resina: Especifica el tipo de resina compuesta utilizada: Filtek Z250, Tetric N-Powerfill 2 o Vitra APS, asegurando la trazabilidad de los resultados.

Fotoiniciador: Señala el fotoiniciador presente en cada resina: CQ (Carfonquinona), Ivocerin o APS (Advanced Polymerization System), lo que permitió evaluar la influencia del sistema fotoiniciador sobre la microdureza.

Tiempo de fotocurado (s): Registro la duración de la exposición a la lámpara LED para cada disco, diferenciando los tiempos de 20 y 40 segundos.

Mediciones 1, 2 y 3: Espacios destinados a registrar las tres identaciones realizadas en cada disco mediante el durómetro Micro Vickers. Estas mediciones aseguraron la confiabilidad y reproducibilidad de los datos.

- **3.7.2 Validación**

No requirió ser enfrentada a un proceso de validación, debido a que fue utilizada únicamente como un instrumento de registro de datos objetivos y medibles directamente mediante equipos calibrados. Asimismo, no incluyó ítems subjetivos ni

criterios de interpretación por parte del evaluador, sino que se limitó a consignar valores obtenidos de mediciones estandarizadas, como la microdureza, el tiempo y la distancia de fotocurado. Por ello, no fue necesario evaluar su validez de contenido ni de constructo

3.7.3 Confiabilidad

La confiabilidad del estudio se garantizó mediante la calibración previa de los equipos utilizados, específicamente el microdurómetro y el radiómetro, asegurando la precisión y estabilidad de las mediciones. Asimismo, dichos instrumentos fueron operados bajo la supervisión y responsabilidad de un profesional capacitado, lo que permitió minimizar errores sistemáticos y asegurar la reproducibilidad de los resultados obtenidos.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

Se ingreso en una base utilizando herramientas como Excel y SPSS donde se estructuraron de manera que se pudieron realizar análisis posteriores según los fotoiniciadores y los tiempos de curado. Respecto al procesamiento estadístico de la información, se determinaron los estadígrafos descriptivos correspondientes a cada grupo experimental, incluyendo los indicadores de tendencia central, representados por el promedio aritmético, y los estimadores de variabilidad, como la desviación estándar, con el propósito de caracterizar la distribución de los valores de microdureza obtenidos.

Posteriormente, se realizó un análisis con la Prueba de Normalidad de Shapiro –Wilk, obteniendo una distribución normal, y seleccionando la prueba de varianza (ANOVA) de un solo factor para comparar la microdureza entre los diferentes fotoiniciadores y tiempos de curado. Los datos obtenidos se dispusieron mediante cuadros y gráficos,

permitiendo una mejor evaluación de los resultados.

3.9 Aspectos éticos

El estudio siguió las normativas para la manipulación segura de sustancias químicas, especialmente cuando se utilizaron las resinas.

Los resultados fueron reportados de forma honesta y precisa, sin alterar ni manipular los datos.

La metodología estuvo claramente detallada para que otros investigadores pudiesen reproducir el estudio. Esto incluyó la selección de las resinas con sss diferentes sistemas fotoiniciadores, los métodos de preparación de las resinas y las condiciones del ensayo de microdureza.

Se contó con la exoneración del Comité de ética de la universidad.

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados

Tabla 1. Efecto del sistema fotoiniciador tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026

		Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	95% IC	
						Límite inferior	Límite superior
20 seg	Filtek Z250	76.81	2.6561	70.7	80.8	75.567	78.053
	Tetric N-Powerfill 2	44.835	3.7517	38.7	52.1	43.079	46.591
	Vitra APS	72.655	4.9019	62.6	79.9	70.361	74.949
40 seg	Filtek Z250	77	2.5064	71.4	82.6	75.827	78.173
	Tetric N-Powerfill 2	45.07	4.1245	38	56.7	43.14	47
	Vitra APS	68.75	2.989	63.8	75	67.351	70.149
2 mm	Filtek Z250	77.795	2.4093	71.4	82.6	76.667	78.923
	Tetric N-Powerfill 2	47.68	3.3514	43.5	56.7	46.111	49.249
	Vitra APS	72.46	4.3655	63.8	79.9	70.417	74.503
4 mm	Filtek Z250	76.015	2.4256	70.7	79.9	74.88	77.15
	Tetric N-Powerfill 2	42.225	2.0547	38	44.8	41.263	43.187
	Vitra APS	68.945	3.928	62.6	74.7	67.107	70.783

En la tabla 1 se aprecia que la resina Filtek Z250 presenta una media igual a 76.81, la resina Tetric N-Powerfill 2 una media igual 44.835, resina Vitra APS una media igual 72.655; a los 40 segundos la resina Filtek Z250 presenta una media igual a 77, la resina Tetric N-Powerfill 2 una media igual 45.07, resina Vitra APS una media igual 68.75. A los 2 milímetros la resina Filtek Z250 presenta una media igual a 77.795, la resina Tetric N-Powerfill 2 una media igual 47.68, resina Vitra APS una media igual 72.46; a los 4 milímetros la resina Filtek Z250 presenta una media igual a 76.015, la resina Tetric N-Powerfill 2 una media igual 42.225, resina Vitra APS una media igual 68.945.

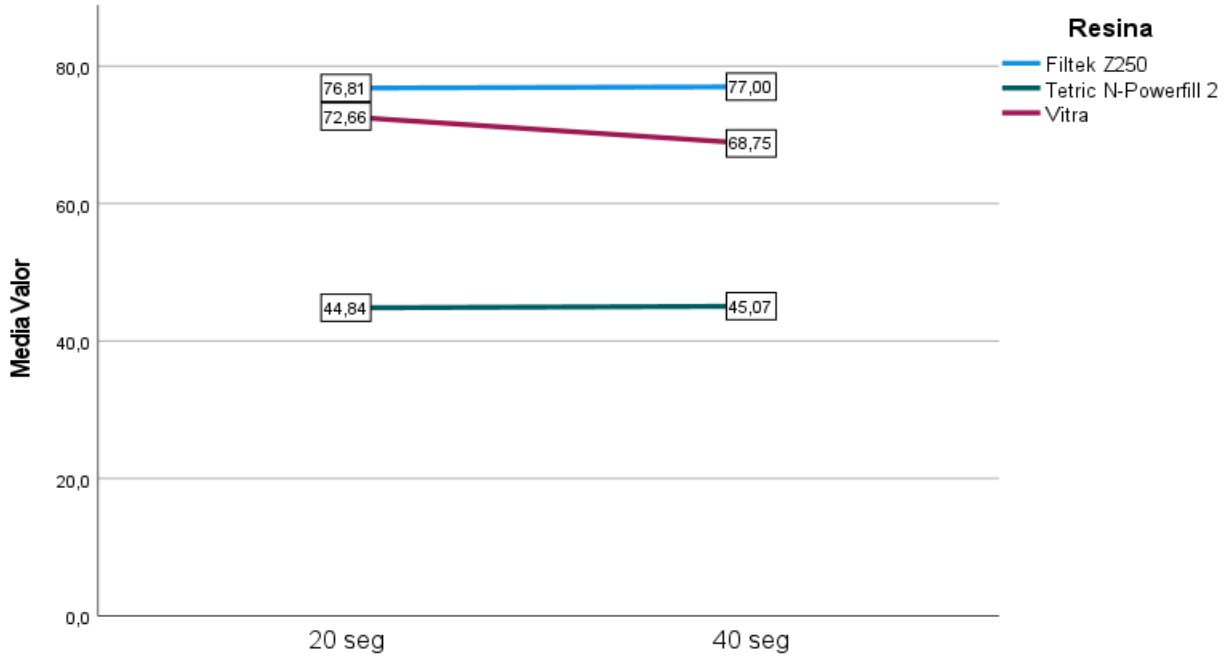


Figura 1. Efecto del sistema fotoiniciador tiempo de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026

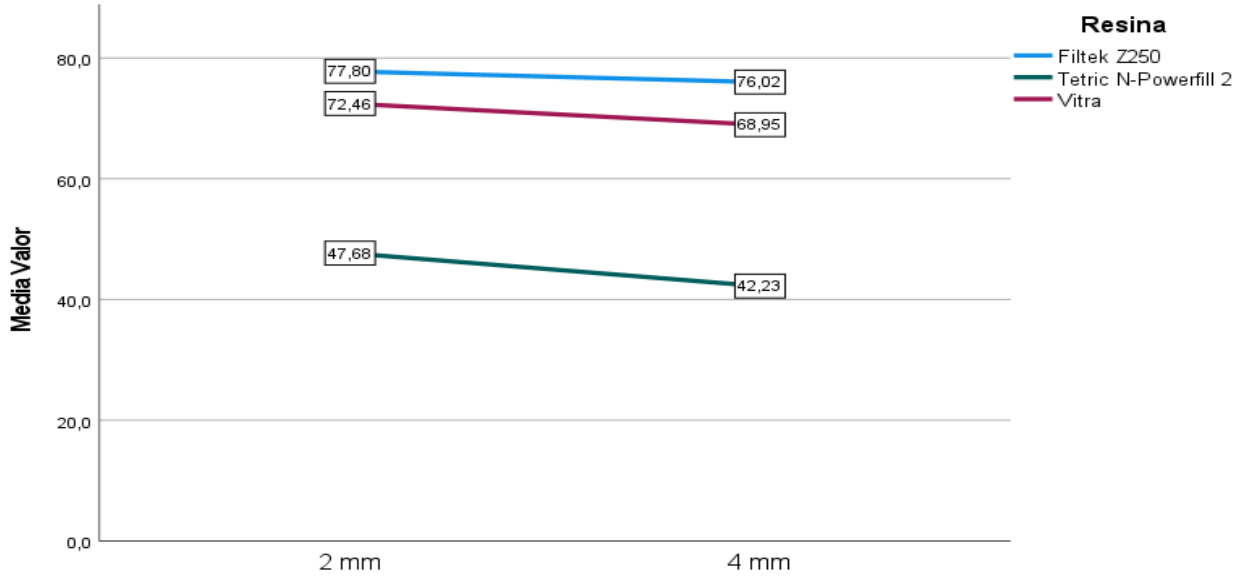


Figura 2. Efecto del sistema fotoiniciador distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2026

Tabla 2. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	95% IC	
					Límite inferior	Límite superior
Filtek Z250	77.77	1.9079	74.8	80.8	76.405	79.135
Tetric N-Powerfill 2	47.54	3.4365	43.5	52.1	45.082	49.998
Vitra APS	75.88	2.0498	72.9	79.9	74.414	77.346

En la tabla 2 se compara la microdureza de Filtek™ Z250 XT, Tetric EvoCeram y SDR™ fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia, la resina Filtek Z250 con media de 77.77, una desviación estándar de 1.9079, resina Tetric N-Powerfill 2 con media de 47.54, una desviación estándar de 3.4365, y la resina Vitra APS con media de 75.88, una desviación estándar de 2.0498.

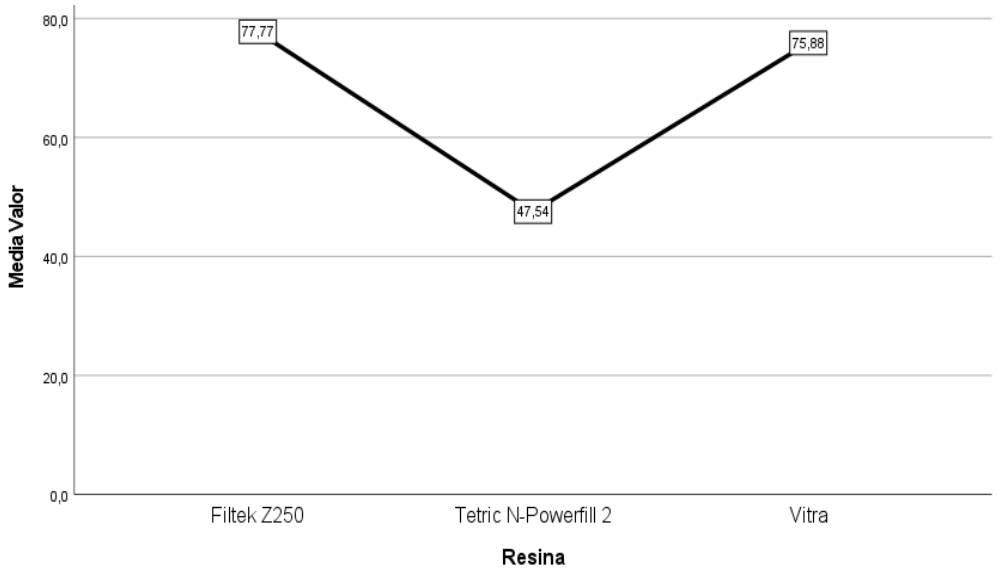


Figura 3. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia

Tabla 3. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	95% IC	
					Límite inferior	Límite superior
Filtek Z250	75.85	3.034	70.7	79.9	73.68	78.02
Tetric N-Powerfill 2	42.13	1.2824	38.7	43.4	41.213	43.047
Vitra APS	69.43	4.8387	62.6	74.7	65.969	72.891

En la tabla 3 se compara la microdureza de Filtek™ Z250 XT, Tetric EvoCeram y SDR™ fotocurada a 20 s a 4 mm de distancia, la resina Filtek Z250 con media de 75.85, una desviación estándar de 3.034, resina Tetric N-Powerfill 2 con media de 42.13, una desviación estándar de 1.2824, y la resina Vitra APS con media de 69.43, una desviación estándar de 4.8387.

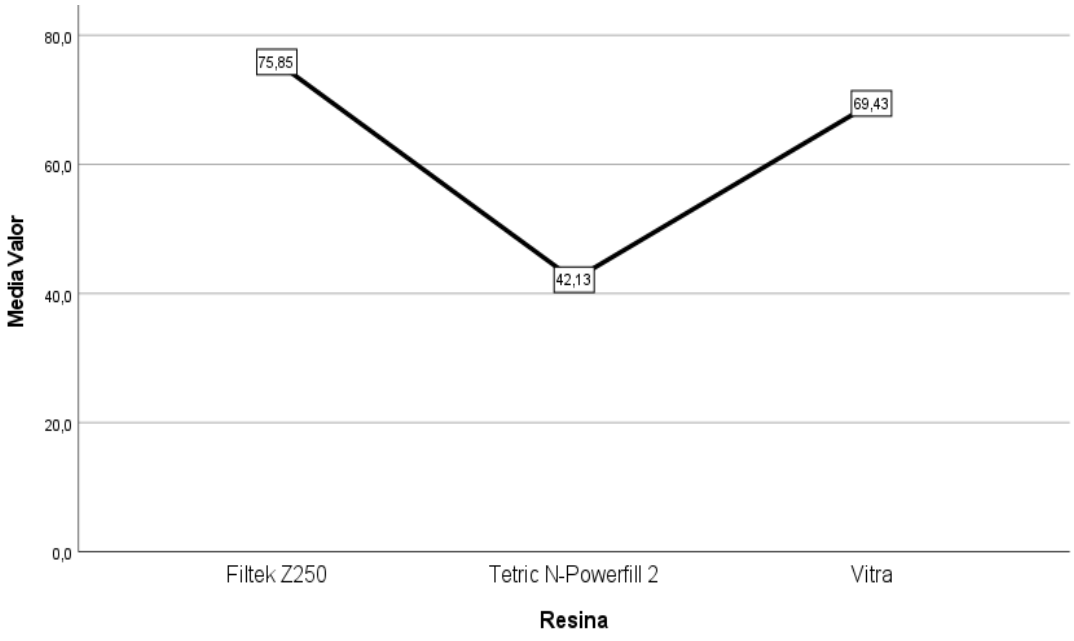


Figura 4. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia

Tabla 4. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	95% IC	
					Límite inferior	Límite superior
Filtek Z250	77.82	2.9348	71.4	82.6	75.721	79.919
Tetric N-Powerfill 2	47.82	3.4438	45	56.7	45.356	50.284
Vitra APS	69.04	3.1683	63.8	75	66.774	71.306

En la tabla 4 se compara la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia, la resina Filtek Z250 con media de 77.82, una desviación estándar de 2.9348, resina Tetric N-Powerfill 2 con media de 47.82, una desviación estándar de 3.4438, y la resina Vitra APS con media de 69.04, una desviación estándar de 3.1683.

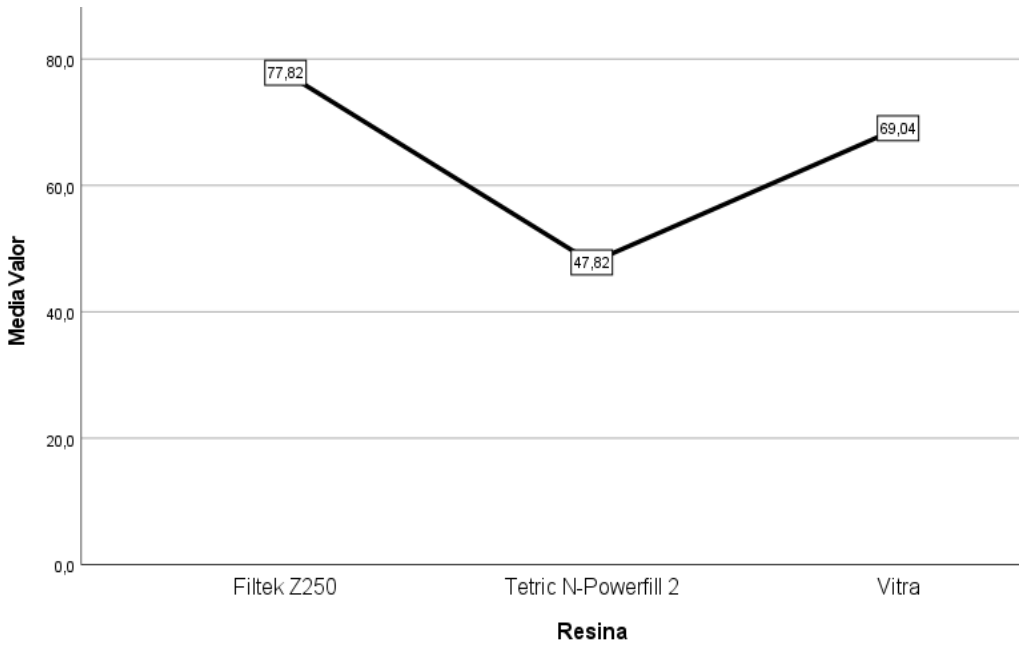


Figura 5. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia

Tabla 5. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 4 mm de distancia

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	95% IC	
					Límite inferior	Límite superior
Filtek Z250	76.18	1.7763	73.9	78.7	74.909	77.451
Tetric N-Powerfill 2	42.32	2.6923	38	44.8	40.394	44.246
Vitra APS	68.46	2.9387	65.1	73.2	66.358	70.562

En la tabla 5 se compara la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 4 mm de distancia, la resina Filtek Z250 con media de 76.18, una desviación estándar de 1.7763, resina Tetric N-Powerfill 2 con media de 42.32, una desviación estándar de 2.6923, y la resina Vitra APS con media de 68.46, una desviación estándar de 2.9387.

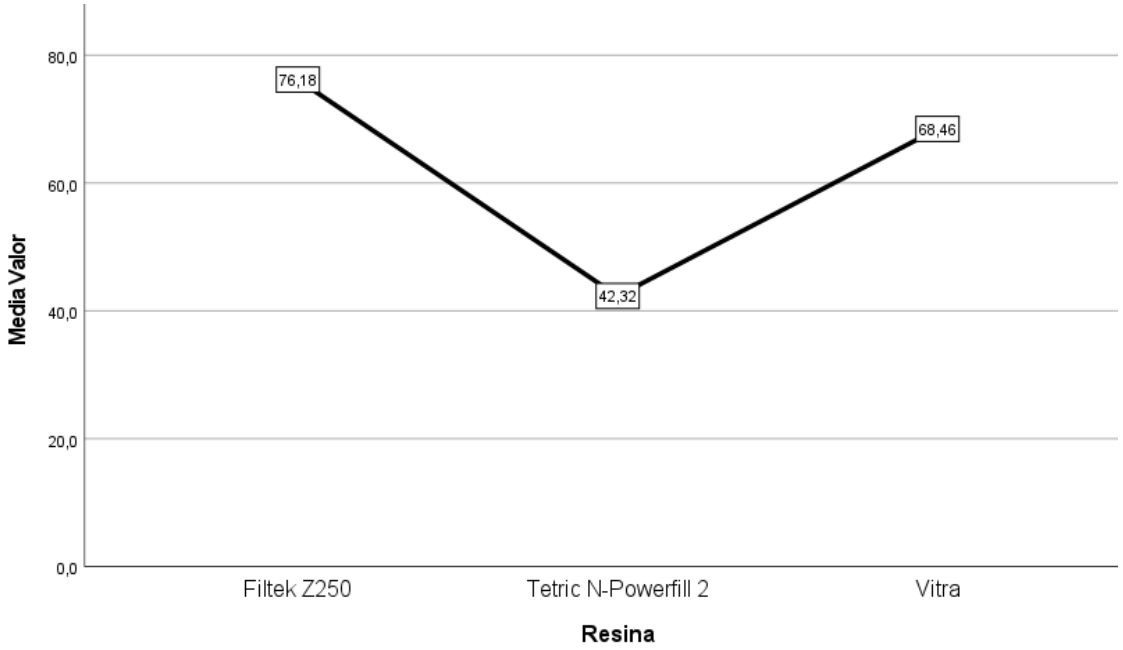


Figura 6. Comparación de la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 40 s a 4 mm de distanci

Prueba de normalidad

Tabla N ° 6: Shapiro –Wilk

	Shapiro –Wilk		
	Estadístico	**gl**	**Sig.**
Filtek Z250	0.974	40	0.467
Tetric N-Powerfill 2	0.949	40	0.069
Vitra APS	0.963	40	0.219

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Shapiro–Wilk mostró que los datos de Filtek Z250, Tetric N-Powerfill 2 y Vitra APS presentaron una distribución normal (p>0.05), permitiendo el uso de pruebas paramétricas. En consecuencia, se asumió el cumplimiento del supuesto de normalidad para los tres grupos, por lo que fue pertinente aplicar pruebas estadísticas paramétricas en el análisis inferencial.

5.2 Contrastación de hipótesis

Prueba de hipótesis general

Significancia: Es de 0.05.

Estadístico de prueba: ANOVA, debido a que los datos de las resinas Filtek Z250, Tetric N-Powerfill 2 y Vitra tienen distribución normal.

Fundamento de decisión

A partir de los resultados obtenidos se determinó el nivel de significancia estadística correspondiente a las comparaciones efectuadas. En relación con el efecto del sistema fotoiniciador según la distancia de fotocurado, a los 2 mm se registró un valor de p=0.000 (p<0.05) y a los 4 mm igualmente se evidenció un valor de p=0.000 (p<0.05). Asimismo, al evaluar el efecto del sistema fotoiniciador de acuerdo con el tiempo de exposición, tanto a

los 20 segundos como a los 40 segundos se observaron valores de p=0.000 (p<0.05). En consecuencia, se corroboró la existencia de diferencias estadísticamente significativas al contrastar el efecto del sistema fotoiniciador, el tiempo de exposición y la distancia de fotocurado sobre la microdureza (Tabla N.° 9).

Tabla N° 7: Efecto del sistema fotoiniciador tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
2 mm	**Entre grupos**	10,329,492	2	5,164,746	429,272	0.000
	Dentro de grupos	685,789	57	12,031		
	Total	11,015,282	59			
4 mm	**Entre grupos**	12,704,716	2	6,352,358	746,331	0.000
	Dentro de grupos	485,153	57	8,511		
	Total	13,189,869	59			
20 seg	**Entre grupos**	12,090,780	2	6,045,390	401,611	0.000
	Dentro de grupos	858,013	57	15,053		
	Total	12,948,793	59			
40 seg	**Entre grupos**	10,988,865	2	5,494,433	511,459	0.000
	Dentro de grupos	612,332	57	10,743		
	Total	11,601,197	59			

Fuente: Elaboración propia

Prueba de H.E. 1

Ha: Existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia.

Ho: No existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia.

Significancia: es de 0.05.

Estadístico de prueba: ANOVA, debido a que los datos de las resinas Filtek Z250, Tetric N-Powerfill 2 y Vitra APS tienen distribución normal.

Fundamento de decisión

Hay diferencias estadísticamente de las resinas Filtek Z250 (camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) respecto a la microdureza fotopolimerizadas durante 20 segundos a una distancia de 2 mm, registrándose un valor de p=0.000 (p<0.05). En consecuencia, se confirmó la presencia de diferencias significativas en la microdureza de Filtek Z250 (camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) bajo las condiciones experimentales de fotocurado de 20 segundos y 2 mm de distancia (Tabla N.° 10).

Tabla N° 8: Microdureza de Filtek Z250 (Camforquinona), Vitra APS (APS) y Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) fotocuradas a 20 s a 2 mm de distancia

ANOVA					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	5735.269	2	2867.634	437.780	0.000
Dentro de grupos	176.861	27	6.550		
Total	5912.130	29			

Fuente: Elaboración propia

Prueba de H.E. 2

Ha: Existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia.

Ho: No existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia.

Significancia: es de 0.05.

Estadístico de prueba: ANOVA, debido a que los datos de las resinas Filtek Z250, Tetric N-Powerfill 2 y Vitra APS.

Fundamento de decisión

A partir de los resultados obtenidos se evidenció la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotopolimerizadas durante 20 segundos a una distancia de 4 mm, registrándose un valor de $p=0.000$ ($p<0.05$). En consecuencia, se confirmó la presencia de diferencias significativas en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 bajo las condiciones experimentales de fotocurado de 20 segundos y una distancia de 4 mm (Tabla N.° 11)

Tabla N° 9: Microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 20 s a 4 mm de distancia

ANOVA					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	6411.816	2	3205.908	280.703	0.000
Dentro de grupos	308.367	27	11.421		
Total	6720.183	29			

Fuente: Elaboración propia

Prueba de H.E. 3

Ha: Existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia.

Ho: No existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia.

Significancia: es de 0.05.

Estadístico de prueba: ANOVA, debido a que los datos de las resinas Filtek Z250, Tetric N-Powerfill 2 y Vitra APS.

Hay diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotopolimerizadas durante 40 segundos a una distancia de 2 mm, registrándose un valor de p=0.000 (p<0.05). En consecuencia, se corroboró la presencia de diferencias significativas en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 bajo las condiciones experimentales de fotocurado de 40 segundos y una distancia de 2 mm (Tabla N.° 12

Tabla N° 10: Microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 2 mm de distancia

ANOVA					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	4757,923	2	2378,961	233,914	0.000
Dentro de grupos	274,596	27	10,170		
Total	5032,519	29			

Fuente: Elaboración propia

Prueba de H.E. 4

Ha: Existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 4 mm de distancia.

Ho: No existe diferencia significativa en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 4 mm de distancia.

Nivel de Significancia: es de 0.05.

Estadístico de prueba: ANOVA, debido a que los datos de las resinas Filtek Z250, Tetric N-Powerfill 2 y Vitra APS.

Fundamento de decisión

A partir de los resultados obtenidos se constató la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotopolimerizadas durante 40 segundos a una distancia de 4 mm, registrándose un valor de p=0.000 (p<0.05). En consecuencia, se confirmó la presencia de diferencias significativas en la microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 bajo las condiciones experimentales de fotocurado de 40 segundos y una distancia de 4 mm (Tabla N.° 13).

Tabla N° 11: Microdureza de Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N Powerfill 2 fotocuradas a 40 s a 4 mm de distancia

ANOVA					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	6297,992	2	3148,996	496,177	0.000
Dentro de grupos	171,356	27	6,347		
Total	6469,348	29			

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Discusión de resultados

Se evidencia que la microdureza de las resinas compuestas presentó diferencias significativas entre las distintas combinaciones del sistema fotoiniciador, el tiempo y la distancia de fotocurado evaluadas (p<0,05) en todas las comparaciones realizadas. De manera global, la resina Filtek Z250 mostró consistentemente los valores más elevados de microdureza, seguida de Vitra APS y, en último lugar, Tetric N-Powerfill 2, lo cual permite inferir que el sistema fotoiniciador basado en canforquinona continúa siendo altamente eficiente bajo condiciones experimentales controladas. Este comportamiento coincide con lo reportado por Cacyavilca (14), quien también observó una mayor microdureza en resinas con canforquinona en comparación con sistemas alternativos, lo

que puede explicarse por la adecuada correspondencia entre el pico de absorción de este fotoiniciador y la emisión de lámparas LED convencionales. En contraste, estos hallazgos difieren parcialmente de lo descrito por Sokołowski et al. (19), quienes reportaron mejores propiedades mecánicas en sistemas con fotoiniciadores modernos como Ivocerin cuando estos son activados con unidades de fotocurado compatibles. En el presente estudio, aunque se empleó una lámpara LED polywave, Tetric N-Powerfill 2 presentó los menores valores de microdureza, lo que sugiere que la eficiencia del fotocurado no depende únicamente del rango espectral de emisión de la lámpara, sino también de la distribución homogénea de la irradiancia y de las características propias del material restaurador. Este planteamiento coincide con Wang et al. (18), quienes demostraron que la homogeneidad del haz luminoso influye directamente en la microdureza alcanzada por las resinas compuestas, incluso cuando la irradiancia nominal es elevada.

Al profundizar en el efecto del tiempo de fotocurado, se observa que el incremento de 20 a 40 segundos no genera variaciones sustanciales en Filtek Z250, lo que sugiere que esta resina alcanza rápidamente un alto grado de conversión, entrando en una fase de estabilización donde la formación adicional de enlaces cruzados es limitada. Este comportamiento coincide con Alanoca Montes (15), quien observó que el incremento de la energía suministrada mediante diferentes potencias de fotopolimerización mejora la dureza superficial hasta alcanzar un punto de estabilización, dependiendo del material restaurador. Desde el punto de vista cinético, esto puede explicarse por el aumento de la viscosidad del sistema durante la reacción, lo que restringe la movilidad de los radicales libres y limita la propagación de la cadena polimérica. En Tetric N-Powerfill 2, el ligero incremento de la microdureza a 40 segundos debe interpretarse con cautela, ya que el presente estudio no evaluó estadísticamente el efecto aislado del tiempo de fotocurado, aunque descriptivamente podría sugerir que este sistema requiere una mayor dosis

energética para alcanzar niveles óptimos de conversión. Siendo coincidente con Keser y Üçüncü (16), quienes indican que la eficiencia de los fotoiniciadores depende no solo de la longitud de onda, sino también de la dosis total de energía suministrada. Por otro lado, la disminución observada en Vitra APS a mayor tiempo podría atribuirse a fenómenos de sobrepolimerización o acumulación de tensiones internas, que afectan la integridad superficial del material, generando microdefectos que reducen la resistencia a la indentación. No obstante, esta explicación constituye una posible interpretación fisicoquímica y requiere ser corroborada mediante estudios que evalúen el grado de conversión y las tensiones de contracción de polimerización.

En cuanto a la distancia de fotocurado, los resultados evidencian de forma contundente que el incremento de 2 mm a 4 mm produce una disminución significativa de la microdureza en todas las resinas evaluadas, siendo este efecto más pronunciado en Tetric N-Powerfill 2. Coincidiendo con Peres et al. (17) y Varshney et al. (20), quienes señalan que la irradiancia disminuye conforme aumenta la distancia debido a la dispersión y divergencia del haz lumínico, reduciendo la energía efectiva que alcanza el material. Desde una perspectiva óptica, la ley del inverso del cuadrado explica que pequeñas variaciones en la distancia pueden generar reducciones importantes en la intensidad lumínica, lo que repercute directamente en el grado de conversión. La relativa estabilidad observada en Filtek Z250 sugiere que este material posee una mayor tolerancia a condiciones subóptimas de irradiación, probablemente debido a la alta eficiencia cuántica de la canforquinona y a una adecuada formulación de la matriz orgánica. Sin embargo, estos resultados difieren parcialmente de Santos Busso et al. (13), quienes no encontraron diferencias significativas al modificar la técnica de fotopolimerización; esta diferencia podría explicarse por el uso de dispositivos que homogenizan la distribución de la luz, reduciendo el impacto de la distancia, así como por variaciones en el diseño experimental.

Asimismo, Wang et al. (18) señalaron que la distribución no homogénea del haz luminoso puede incrementar la pérdida de microdureza conforme aumenta la distancia de fotocurado, incluso utilizando lámparas con elevada irradiancia nominal, lo que respalda los resultados obtenidos en el presente estudio.

En el análisis del primer objetivo específico (20 segundos a 2 mm), se evidencia que Filtek Z250 y Vitra APS presentan valores de microdureza significativamente superiores a Tetric N-Powerfill 2, lo que confirma que, bajo condiciones óptimas de irradiación, los sistemas basados en canforquinona y APS lograron una polimerización más eficiente que el sistema basado en Ivocerin. Este resultado coincide con Cacyavilca (14), quien reportó una mayor microdureza superficial en resinas con canforquinona respecto a sistemas fotoiniciadores alternativos. Asimismo, Keser y Üçüncü (16) señalaron que la eficiencia de los sistemas fotoiniciadores depende de la adecuada compatibilidad entre el espectro de emisión de la lámpara y el espectro de absorción del fotoiniciador, además de la energía total suministrada durante la fotopolimerización. La menor microdureza de Tetric N-Powerfill 2 podría explicarse por una activación menos eficiente del sistema fotoiniciador Ivocerin en las condiciones experimentales utilizadas. Sin embargo, considerando que la irradiancia fue verificada mediante radiómetro y se empleó una lámpara LED polywave, esta diferencia probablemente también esté relacionada con factores propios de la formulación del material, como la composición de la matriz orgánica, el porcentaje y tipo de relleno inorgánico, la concentración del sistema fotoiniciador y la cinética de conversión monómero-polímero. Asimismo, la cercanía de los valores entre Filtek Z250 y Vitra APS sugiere que el sistema APS presenta una eficiencia comparable bajo condiciones óptimas de fotocurado.

En el segundo objetivo específico (20 segundos a 4 mm), se mantiene la misma tendencia observada a 2 mm; sin embargo, se evidencia una disminución generalizada de la microdureza en las tres resinas evaluadas, lo que pone de manifiesto la influencia crítica de la distancia sobre la eficiencia del fotocurado. Este hallazgo coincide con Peres et al. (17), quienes demostraron que el incremento de la distancia disminuye la dureza superficial al reducir la irradiancia efectiva que alcanza el material restaurador. De manera similar, Varshney et al. (20) reportaron que el aumento de la distancia entre la lámpara y la resina disminuye tanto la microdureza como el grado de conversión, independientemente del tipo de unidad de fotocurado utilizada. Por otra parte, Wang et al. (18) señalaron que la distribución heterogénea del haz luminoso incrementa la pérdida de microdureza cuando aumenta la distancia de fotopolimerización, especialmente en materiales con mayor espesor o diferente translucidez. En el presente estudio, la mayor disminución observada en Tetric N-Powerfill 2 sugiere una mayor sensibilidad de este material a la reducción de la energía lumínica efectiva; no obstante, dado que la irradiancia fue controlada durante todo el procedimiento experimental, esta respuesta probablemente refleja características intrínsecas del material más que deficiencias del equipo de fotocurado. Estos hallazgos respaldan la importancia de mantener la punta de la lámpara lo más próxima posible a la superficie restauradora para optimizar la polimerización clínica.

En el tercer objetivo específico (40 segundos a 2 mm), se observa que Filtek Z250 continúa presentando los mayores valores de microdureza, seguida de Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2. Aunque descriptivamente Tetric N-Powerfill 2 mostró un ligero incremento respecto al grupo fotocurado durante 20 segundos, el presente estudio no evaluó estadísticamente el efecto aislado del tiempo dentro de cada resina, por lo que este comportamiento debe interpretarse únicamente como una tendencia observada en los

valores promedio. Este comportamiento coincide con lo descrito por Alanoca Montes (15), quien reportó que el incremento de la energía suministrada durante la fotopolimerización puede favorecer la dureza superficial dependiendo del material restaurador empleado. Asimismo, Keser y Üçüncü (16) señalaron que la respuesta de los distintos sistemas fotoiniciadores depende de la dosis energética recibida y de la compatibilidad entre la longitud de onda emitida por la unidad de fotocurado y el espectro de absorción del fotoiniciador. No obstante, los resultados del presente estudio difieren parcialmente de lo reportado por Solis Condor (11), quien encontró que la temperatura de fotopolimerización influyó significativamente sobre la microdureza. Esta diferencia probablemente se explique porque Solis evaluó un factor experimental distinto (temperatura), además de realizar el estudio en condiciones de gran altitud (4380 m s. n. m.), mientras que la presente investigación analizó el efecto del sistema fotoiniciador, el tiempo y la distancia de fotocurado bajo condiciones ambientales controladas.

Finalmente, en el cuarto objetivo específico (40 segundos a 4 mm), se confirma que Filtek Z250 mantuvo la mayor microdureza, seguida de Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2, observándose nuevamente una disminución de los valores al aumentar la distancia de fotocurado. Este resultado coincide con Peres et al. (17), quienes demostraron que el incremento de la distancia reduce la energía luminosa que alcanza la superficie del material restaurador y, por consiguiente, disminuye la dureza superficial. Asimismo, Varshney et al. (20) concluyeron que el aumento del tiempo de exposición no siempre compensa completamente la pérdida de irradiancia ocasionada por el incremento de la distancia entre la lámpara y la resina, resultado que guarda concordancia con la tendencia observada en la presente investigación. En el caso de Tetric N-Powerfill 2, la menor respuesta obtenida podría relacionarse con características propias de su composición y del sistema fotoiniciador, más que exclusivamente con la irradiancia recibida,

considerando que durante el procedimiento experimental la intensidad luminosa fue controlada mediante radiómetro. Por su parte, Wang et al. (18) señalaron que la distribución heterogénea del haz luminoso adquiere mayor importancia conforme aumenta la distancia de fotocurado, aspecto que puede contribuir a explicar la reducción de la microdureza observada en los tres materiales evaluados. Finalmente, la menor respuesta observada en Vitra APS puede atribuirse a diferencias en la composición de la matriz resinosa, la concentración de fotoiniciadores y la interacción entre los componentes orgánicos e inorgánicos, aunque estos factores no fueron evaluados directamente en el presente estudio y constituyen una posible explicación respaldada por la literatura disponible.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

PRIMERA: Existieron diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas compuestas evaluadas según el sistema fotoiniciador, el tiempo y la distancia de fotocurado ($p<0,05$). La resina Filtek Z250 presentó lmayores valores promedio de microdureza en todas las condiciones experimentales, seguida por Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2.

SEGUNDA: Existieron diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2 fotocuradas durante 20 segundos a una distancia de 2 mm ($p<0,05$), observándose los mayores valores en Filtek Z250, seguida de Vitra APS, mientras que Tetric N-Powerfill 2 presentó la menor microdureza.

TERCERA: Existieron diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2 fotocuradas durante 20 segundos a una distancia de 4 mm ($p<0,05$). Filtek Z250 mantuvo los mayores valores promedio de microdureza, seguida de Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2.

CUARTA: Existieron diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2 fotocuradas durante 40 segundos a una distancia de 2 mm ($p<0,05$), manteniéndose Filtek Z250 como la resina con mayor microdureza, seguida de Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2.

QUINTA: Existieron diferencias estadísticamente significativas en la microdureza de las resinas Filtek Z250, Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2 fotocuradas durante 40 segundos a una distancia de 4 mm ($p<0,05$). En esta condición experimental, Filtek Z250 presentó nuevamente la mayor microdureza, seguida de Vitra APS y Tetric N-Powerfill 2,

confirmando diferencias entre los sistemas fotoiniciadores evaluados.

5.2 Recomendaciones

1.- Considerar el sistema fotoiniciador, el tiempo y la distancia de fotocurado como factores críticos en los procedimientos clínicos, asegurando condiciones óptimas de polimerización para mejorar la microdureza y la longevidad de las restauraciones con resinas compuestas.

2.- Realizar el fotocurado a una distancia mínima posible (aproximadamente 2 mm) durante 20 segundos cuando se empleen resinas como Filtek Z250 o Vitra APS, a fin de garantizar una adecuada microdureza superficial.

3.- Evitar incrementar la distancia de fotocurado a 4 mm, ya que esto reduce significativamente la microdureza de las resinas compuestas; en caso de ser inevitable, se debe optimizar la posición de la lámpara o utilizar dispositivos que mejoren la transmisión de la luz.

4.- Respetar el tiempo de fotocurado indicado por el fabricante para cada sistema fotoiniciador, garantizando una adecuada polimerización y microdureza de las resinas compuestas utilizadas.

5.- Seleccionar adecuadamente la unidad de fotocurado según el sistema fotoiniciador de la resina compuesta y fortalecer en la formación de pregrado y posgrado los conocimientos sobre la relación entre el sistema fotoiniciador, el espectro de emisión de la lámpara, el tiempo y la distancia de fotocurado, con el propósito de optimizar los resultados clínicos.

REFERENCIAS

1.- Kowalska A, Sokolowski J, Gozdek T, Krasowski M, Kopacz K, Bociong K. The Influence of Various Photoinitiators on the Properties of Commercial Dental Composites. Polymers. 2021;13(22):3972. doi:10.3390/polym13223972. Disponible en: https://www.mdpi.com/2073-4360/13/22/3972

2.Kowalska A, Sokolowski J, Gozdek T, Krasowski M, Kopacz K, Bociong K. The Influence of Various Photoinitiators on the Properties of Commercial Dental Composites. Polymers. 2021;13(22):3972. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34833271/

3. Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite. A Review and Future Perspectives. Polymers. 2021;13(3):470. doi:10.3390/polym13030470. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33540697/

4. Salinas Saavedra TA. Evaluación in vitro de la microdureza profunda en resina nanohíbrida usando dos lámparas LED con diferentes tiempos de exposición [tesis para optar el Título de Cirujano Dentista]. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal; 2021. Disponible en: https://repositorio.unfv.edu.pe/items/c4e42b10-2b3e-413d-8acd-d0229f49ce16

5. Rivelli M, Picca M. Conceptos Básicos para la Toma de Decisiones Clínicas Que Impactan en la Calidad de la Fotopolimerización. Rev Fac Odontol Univ Buenos Aires. 2026. doi:10.62172/revfouba.n96.a280. Disponible en: https://revista.odontologia.uba.ar/index.php/rfouba/article/view/280

6. Jakupović S, Čop J, Jevnikar P, et al. Evaluation of the Effect of Different Light-Curing Protocols on Resin Composite Polymer Properties. Polymers (Basel). 2025;17(21):2889. doi:10.3390/polym17212889. Disponible en: https://www.mdpi.com/2073-4360/17/21/2889

7. Arooj Z, AL-Rawas M, Fatalla AA, Johari Y, Mohamad D, Abdullah JY, et al. Impact of photoinitiators types and concentrations on color stability and degree of conversion of light cure resin-based composites: a scoping review. J Neonatal Surg. 2025;14(27S):223-235.

8. Ozciftci G, Çağlayan F, Cengiz S, et al. Degree of conversion and microhardness of different dental composites containing advanced photoinitiators. BMC Oral Health. 2025;25:6886. doi:10.1186/s12903-025-06886-3. Disponible en: https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-025-06886-3

9. Zúñiga Ortiz MC. Eficiencia de fotopolimerización de lámparas LED en relación a la microdureza de resinas compuestas de la Clínica Estomatológica de la Universidad Alas Peruanas, Arequipa 2018 [tesis para optar el Título de Cirujano Dentista]. Arequipa: Universidad Alas Peruanas; 2019.

10. Alarcón Cruzado RA. Evaluación del grado de conversión de una resina compuesta fotoactivada a bajas temperaturas en diferentes protocolos de fotopolimerización [tesis para optar el grado de Maestro en estomatología]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2024.

11.- Solis Condor GN. Microdureza superficial de una resina compuesta fotopolimerizada termoplastificada a diferentes temperaturas a 4380 m s.n.m. in vitro [tesis doctoral]. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal; 2025.

12.- Alanoca Montes JA. Influencia de las distintas potencias de fotopolimerización de una lámpara LED de alta gama sobre la dureza superficial de dos resinas compuestas indicadas para restauraciones directas en el sector posterior, Arequipa 2024 [tesis para título profesional de Cirujano Dentista]. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2025. Disponible en: https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/8cdcae3c-83ec-44f2-b72b-bb151b041a29?utm_source=chatgpt.com

13.- Santos-Busso AN, Larios-Quijada LE, Hernández-Espino R, Huertas Mogollon GA. Comparación de la microdureza de resina compuesta con técnica índice convencional y modificada con cubeta impresa en dos tiempos de fotopolimerizado. Rev Estomatol Herediana. 2024;34(1):7-16

14.- Cacyavilca Hilari SK. Comparación de la microdureza superficial de resinas compuestas fotopolimerizables 3M Filtek Z250 XT y FGM Vittra APS. Arequipa, Perú: Universidad Continental; 2023

15.- Medina GAC, Silva VMJ. Comparar la microdureza superficial de tres resinas compuestas tipo Bulk Fill mediante un estudio in vitro [tesis para optar el título de Cirujano Dentista]. Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Estomatología; 2022. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/102153/Medina_GAC-Silva_VMJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

16.-Keser S, Üçüncü N. Effect of different photoinitiator systems and light-curing wavelengths on surface hardness and color stability of resin composites. *Polymers (Basel).* 2025;17:in press. Disponible en: https://www.mdpi.com/journal/polymers

17.- Peres TS, Porto TS, Leite DCB, et al. Influence of monowave and polywave LED light-curing units on Knoop hardness of resin composites containing different photoinitiators. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry.* 2024;16(5):e512-e520. Disponible en: https://www.jcedjournal.com

18.- Wang L, Ku H, Kim D, Park SH. Effect of shade and thickness on the microhardness of resin-based composite specimens considering curing light beam's inhomogeneity. *BMC Oral Health*. 2024;24:865. Disponible en: https://doi.org/10.1186/s12903-024-04647-2

19.- Sokołowski G, Szczepaniak J, Bociong K, et al. Mechanical and optical properties of dental resin composites containing different photoinitiator systems. *Materials (Basel).* 2023;16(18):6334. Disponible en: https://www.mdpi.com/1996-1944/16/18/6334

20.- Varshney S, Thomas MS, Mallikarjuna AV, et al. Effect of monowave and polywave LED curing units on microhardness and degree of conversion of resin composites: an in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry.* 2022;25(6):609-615. Disponible en: https://journals.lww.com/jcd

21. German MJ. Developments in resin-based composites. Br Dent J. 2022;232(9):638–643. Di doi.org/10.1038/s41415-022-4240-8

22. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. J Dent Res. 2015 Sep;94(9):1179-86. doi: 10.1177/0022034515594786

23. Alomran WK, Nizami MZI, Xu HHK, Sun J. Evolution of Dental Resin Adhesives-A Comprehensive Review. J Funct Biomater. 2025;16(3):104. Published 2025 Mar 14. doi:10.3390/jfb16030104

24. Hong G, Yang J, Jin X, et al. Mechanical Properties of Nanohybrid Resin Composites Containing Various Mass Fractions of Modified Zirconia Particles. Int J Nanomedicine. 2020;15:9891-9907. doi:10.2147/IJN.S283742

25. Wu Z, Sun K, Wang W, Xue Q, Tonin BSH, Watts DC, Fu J, Wang H. Characterization of dental light-curing resin composites incorporating multiple modified low-shrink monomers. Dent Mater. 2024 Aug;40(8):1244-1251. doi: 10.1016/j.dental.2024.05.031.

26. Watts DC. Light-curing dental resin-based composites: How it works and how you can make it work. Front Dent Med. 2023;4:1108316.. doi:10.3389/fdmed.2023.1108316

27. Ren Z, Chen H, Wang R, Zhu M. Comparative Assessments of Dental Resin Composites: A Focus on Dense Microhybrid Materials. ACS Biomater Sci Eng. 2024 Jun

10;10(6):3718-3726. doi: 10.1021/acsbiomaterials.4c00403. Epu

28. Păstrav M, Păstrav O, Chisnoiu AM, Chisnoiu RM, Cuc S, Petean I, Saroși C, Feștilă D. Propiedades de los compuestos dentales nanohíbridos: un estudio comparativo in vitro. Biomedicinas . 2024; 12(1):243. https://doi.org/10.3390/biomedicines12010243

29. Naz F, Anwar MA, Qasim M, et al. Clinical Evaluation of Composite Restorations Using the Fédération Dentaire Internationale (FDI) Criteria: A Retrospective Cross-Sectional Study at University Dental Hospital, The University of Lahore, Pakistan. Cureus. 2025;17(5):e83582. doi:10.7759/cureus.83582

30. Ñaupari-Villasante R, Carpio-Salvatierra B, de Freitas A, de Paris Matos T, Nuñez A, Tarden C, Barceleiro MO, Reis A, Loguercio A. Influence of different viscosity and chemical composition of flowable composite resins: A 48-month split-mouth double-blind randomized clinical trial. Dent Mater. 2024;40(11):1798-1807. doi: 10.1016/j.dental.2024.07.034.

31. Zhang J, Yang Y, Chen Y, Chen X, Li A, Wang J, Shen D, Zheng S. A review of new generation of dental restorative resin composites with antibacterial, remineralizing and self-healing capabilities. Discov Nano. 2024; 19(1):189. doi: 10.1186/s11671-024-04151-0

32. Francois P, Izart M, Fasham T, et al. Proposal of a Modular Classification System for Direct Dental Resin Composites Based on Clinical Applications. Polymers (Basel). 2025;17(5):564. doi:10.3390/polym17050564

33. Tapety CM, Carneiro YK, Chagas YM, Souza LC, Souza NO, Valadas LA. Degree of Conversion and Mechanical Properties of a Commercial Composite with an Advanced Polymerization System. Acta Odontol Latinoam. 2023 Aug 31;36(2):112-119. doi: 10.54589/aol.36/2/112.

34. Loguercio AD, Carpio-Salvatierra B, Ñaupari-Villasante R, Wendlinger M, Armas-Vega A, Cavagnaro S, León A, Aliaga-Galvez R, Gutiérrez MF. Clinical evaluation of a new chemically-cured bulk-fill composite in posterior restorations: 6-month multicenter double-blind randomized clinical trial. J Dent. 2024 Oct;149:105246. doi: 10.1016/j.jdent.2024.105246.

35. Watts DC. Light-curing dental resin-based composites: How it works and how you can make it work. Front Dent Med. 2023;4:1108316. doi:10.3389/fdmed.2023.1108316

36. Pyszka I, Skowroński Ł, Jędrzejewska B. Study on New Dental Materials Containing Quinoxaline-Based Photoinitiators in Terms of Exothermicity of the Photopolymerization Process. Int J Mol Sci. 2023; 24(3):2752. doi: 10.3390/ijms24032752.

37. Wendland RJ, Conway MT, Worthington KS. Evaluating the polymerization effectiveness and biocompatibility of bio-sourced, visible light-based photoinitiator systems. J Biomed Mater Res A. 2024;112(10):1662-1674. doi: 10.1002/jbm.a.37715.

38. Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite-A Review and Future Perspectives. Polymers (Basel). 2021;13(3):470. doi:10.3390/polym13030470

39. Estrada-Villarroel L, Castro-Ramirez L, Alvino-Vales M, Tolmos-Valdivia R, Yarasca-Berrocal E, Huamani-Echaccaya J, Cayo-Rojas C. Surface microhardness of three Bulk Fill resin composites previously exposed to five carbonated beverages at different times: an in vitro study. BMC Oral Health. 2025;25(1):1635. doi: 10.1186/s12903-025-07055-2.

40. Giannini M, Castro EF, Sahadi BO, Albuquerque RC, Rueggeberg FA. Composite monomer conversion and microhardness using short curing times. Braz Dent J. 2025 Dec 8;36:e256598. doi: 10.1590/0103-644020256598.

41. Duratbegović D, Pervan N, Jakupović S, Kobašlija S. The Effects of Intensity, Exposure Time, and Distance of Polymerization Light on Vickers Microhardness and Temperature Rise of Conventional Resin-Based Composite. Polymers (Basel). 2024;16(22):3175. doi: 10.3390/polym16223175.

42. Alayed A, Silikas N, Watts DC. The effect of photoinitiator systems on resin-based composite containing ZnO-nanoparticles. Dent Mater. 2025 Feb;41(2):220-228. doi: 10.1016/j.dental.2024.12.002.

43. Gonçalves F, de Araújo MAC, Cosimato PL, Sanches LKF, Silva LT, Roschel JN, Pimentel AC, Boaro LC. Comparative analysis of conversion and crosslinking degree in bulk-fill, monochromatic, and ORMOCER composites. J Dent. 2025;154: 105582. doi: 10.1016/j.jdent.2025.105582.

44. Fidalgo-Pereira R, Carvalho Ó, Catarino SO, Henriques B, Torres O, Braem A, Souza JCM. Effect of inorganic fillers on the light transmission through traditional or flowable resin-matrix composites for restorative dentistry. Clin Oral Investig. 2023;27(9):5679-5693. doi: 10.1007/s00784-023-05189-7.

45. Hernández, R. (2020) Metodología de la investigación. Metodología de la Investigación. México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V. Quinta edición

46. Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú; 2023. Pag 53

ANEXOS

Anexo N ° 1: Matriz de consistência

Título: "Efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025"				
Formulación del Problema	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables**	**Diseño metodológico**
Problema General ¿Cuál es el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025? **Problemas Específicos** 1.¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250 (Camforquinona), la resina Vitra APS (APS) y la resina Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) al ser fotocuradas 20 s a 2 mm de distancia? 2.¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 4 mm de distancia? 3.¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser	**Objetivo General** Determinar el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025. **Objetivos Específicos** 1. Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250 (Camforquinona), la resina Vitra APS (APS) y la resina Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) al ser fotocuradas 20 s a 2 mm de distancia. 2.Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 4 mm de distancia. 3.Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill	Hipótesis General H_1: Existen diferencias significativas al comparar el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025 Ho: No existen diferencias significativas al comparar el efecto del sistema fotoiniciador, tiempo y distancia de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025 Hipótesis especificas Hipótesis específica N ° 1 H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250 (Camforquinona), la resina Vitra APS (APS) y la resina Tetric N Powerfill 2 (Ivocerin) al ser fotocuradas 20 s a 2 mm de distancia. Hipótesis específica N ° 2	**Variable 1:** sistema fotoiniciador **Variable 2:** **t**iempo **Variable 2:** distancia de fotocurado	**Método**: Hipotético deductivo **Tipo de Investigación** Aplicada **Diseño de la** **Investigación** Experimental, longitudinal, explicativo **Población** **Muestra:** **Muestreo**: Será el muestreo aleatorio simple, donde todos tendrán posibilidades de su selección.

fotocuradas 40 s a 2 mm de distancia? 4.¿Existen diferencias en la microdureza entre la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 4 mm de distancia?	2 al ser fotocuradas 40 s a 2 mm de distancia. 4. Comparar la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 4 mm de distancia.	H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 20 s a 4 mm de distancia. Hipótesis específica N ° 3 H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 2 mm de distancia. Hipótesis específica N ° 4 H1: Existen diferencias significativas en la microdureza de la resina Filtek Z250, la resina Vitra APS y la resina Tetric N Powerfill 2 al ser fotocuradas 40 s a 4 mm de distancia.		

Anexo N ° 2 Instrumento

Nº Disco	Grupo	Resina	Fotoiniciador	Tiempo de fotocurado (s)	Medición 1	Medición 2	Medición 3
1	I	Filtek Z250 XT	CQ	20	___	___	___
2	I	Filtek Z250 XT	CQ	20	___	___	___
3	I	Filtek Z250 XT	CQ	20	___	___	___
4	I	Filtek Z250 XT	CQ	20	___	___	___
5	I	Filtek Z250 XT	CQ	20	___	___	___
6	I	Filtek Z250 XT	CQ	40	___	___	___
7	I	Filtek Z250 XT	CQ	40	___	___	___
8	I	Filtek Z250 XT	CQ	40	___	___	___
9	I	Filtek Z250 XT	CQ	40	___	___	___
10	I	Filtek Z250 XT	CQ	40	___	___	___
11	II	Tetric N-Powerfill 2	Ivocerin	20	___	___	___
12	II	Tetric N-Powerfill 2	Ivocerin	20	___	___	___

Anexo N ° 3 Confiabilidad del instrumento

HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°	CC-055-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	08-09-2025

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DURÓMETRO MICROVICKERS

1. DATOS DEL SOLICITANTE

Razon Social : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC.
Ruc : 20565244877
Dirección : Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

2. DATOS DEL INSTRUMENTO

DUROMETRO DE MICROVICKER DIGITAL

Marca	:	LG
Modelo	:	HV-1000
Serie	:	8975
Fuerza de prueba máx	:	1000g
Tipo	:	Digital
Procedencia	:	Corea
Ubicación	:	Area de Dureza y Calibraciones I

3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibracion se realizó por medición indirecta y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad internacional.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de calibración: 01 de Setiembre del 2025
Lugar de Calibración: HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC
Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho

5. CONDICIONES DE ENSAYO

	Inicial	Final
Temperatura	19.4 °C	19.4 °C
Humedad Relativa	75 %HR	75 %HR

6. PATRONES DE REFERENCIA

Patrón	Valor / Clase	Marca	Identificación	Certificado de Calibración
Termohigrómetro	-30 a 60°C / 0 a 100,0 % H.R.	ELITECH	ILMT-3698	TH25-0775
Bloque patrón	413 HV/HV0.2	LG TESTER	V1610-90	8975-HV-1000LG
Bloque patrón	744 HV/HV1	LG TESTER	V1610-124	8975-HV-1000LG

Este certificado de calibración documenta la trazabilida a los patrones nacionales de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las caracteristicas del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.

El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.

HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIAL
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°	CC-055-2025	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	08-09-2025

7. RESULTADOS DE CALIBRACION

ERROR DE INDICACIÓN

Condiciones Ambientales:			
Inicial	19.4	Final	19.4

Valor Patrón	Indicación	Corrección	Incertidumbre	Unidades
413	412.1	0.9	0.98	HV
744	745.5	-1.5	0.89	HV

ERROR DE REPETIBILIDAD

Condiciones Ambientales:			
Inicial	19.4	Final	19.4

Valor Patrón (HV)	Indicación (HV)	Corrección (HV)
413	412.1	0.9
413	414.8	-1.8
413	413.4	-0.4
413	412.1	0.9
413	412.9	0.1

8. OBSERVACIONES

- La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estandar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".

9. CONCLUSIONES

- De las mediciones realizadas se concluye que el instrumento se encuentra calibrado debido a que los valores medidos estan dentro del rango normal de operación.

HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
CIP: 193364
INGENIERO MECÁNICO
Jefe de Laboratorio

HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 025

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LCL - 006 - 2025

Expediente	: 0288-26
Solicitante	: HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Dirección	: JR. NEPENTAS NRO. 384 URB. SAN SILVESTRE LIMA - LIMA - SAN JUAN DE LURIGANCHO
Instrumento	: PIE DE REY
Marca	: MITUTOYO
Modelo	: CD-8"ASX
Número de Serie	: B23082834
Código de Identificación	: IML-001
Procedencia	: JAPON
Intervalo de Indicación	: 0 mm a 200 mm
Resolución	: 0,01 mm
Tipo	: DIGITAL
Lugar de Calibración	: LABORATORIO DE LONGITUD DE MCV SAC
Fecha de Calibración	: 2026-08-07

MCV Equipos y Servicios S.A.C. no se hace responsable de los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

El usuario es responsable de la recalibración del instrumento a intervalos adecuados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de MCV Equipos y Servicios S.A.C.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Método de Calibración Empleado

Comparación Directa. Según el procedimiento de Calibración de Pie de Rey. PC-012 del SNM/INDECOPI, Quinta Edición Junio 2012.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada son trazables a los Patrones Nacionales e Internacionales, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloques patrón Grado 0	LLA-086-2024 / INACAL-DM
Varilla Cilíndrica	LLA-432-2024 / INACAL-DM
Anillo Patron	LLA-478- 2024 / INACAL-DM

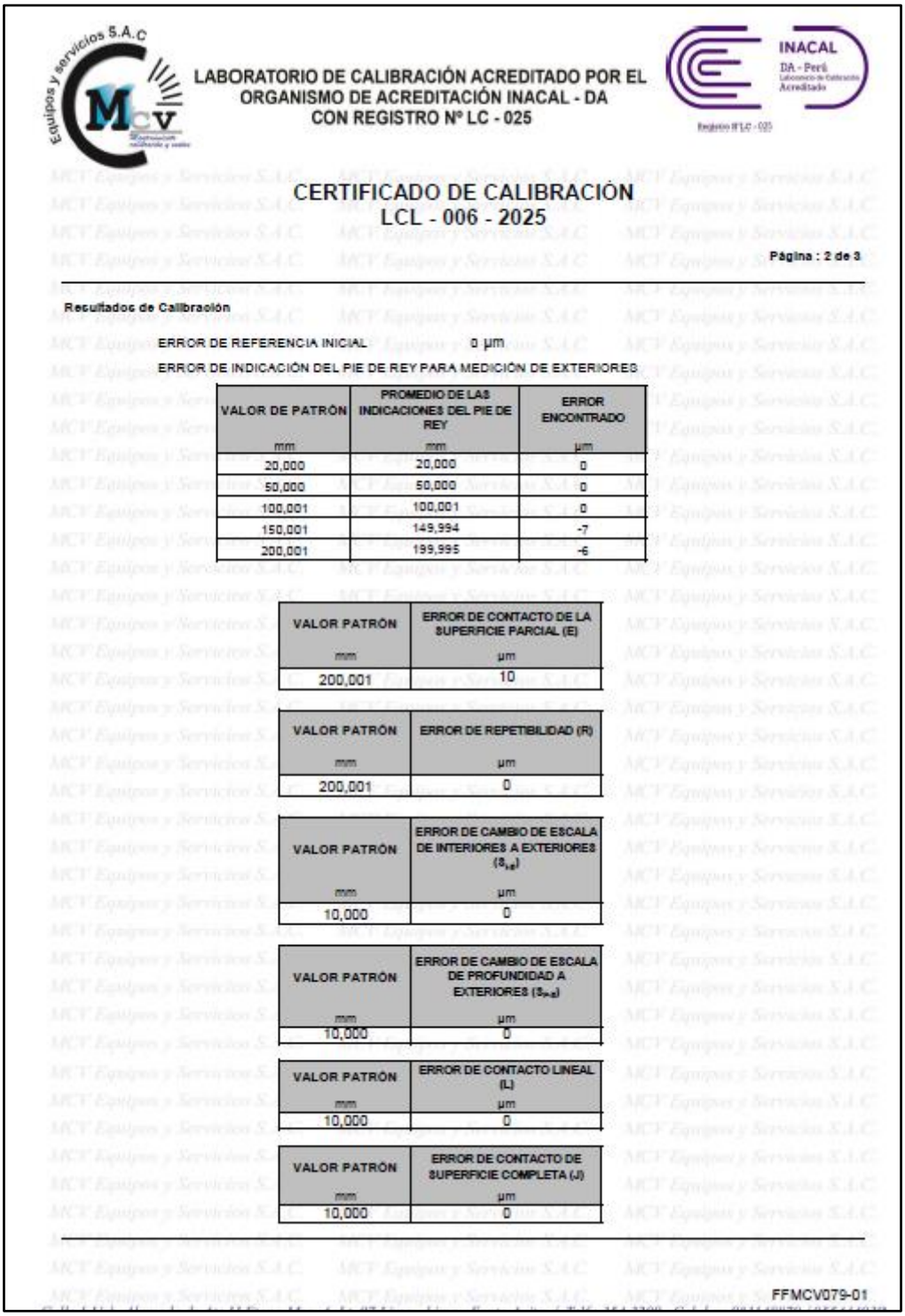
Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,3 °C	20,6 °C

Fecha de Emisión
2026-08-08

IVÁN QUISPE DÁVILA
Laboratorio de Longitud de MCV S.A.C.
2025-08-08 11:01-05:00

FFMCV079-01



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC - 025

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N° LC - 025

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LCL - 006 - 2025

Resultados de Calibración

ERROR DE REFERENCIA INICIAL 0 µm

ERROR DE INDICACIÓN DEL PIE DE REY PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

VALOR DE PATRÓN mm	PROMEDIO DE LAS INDICACIONES DEL PIE DE REY mm	ERROR ENCONTRADO µm
20,000	20,000	0
50,000	50,000	0
100,001	100,001	0
150,001	149,994	-7
200,001	199,995	-6

VALOR PATRÓN mm	ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL (E) µm
200,001	10

VALOR PATRÓN mm	ERROR DE REPETIBILIDAD (R) µm
200,001	0

VALOR PATRÓN mm	ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE INTERIORES A EXTERIORES (δ_{i-e}) µm
10,000	0

VALOR PATRÓN mm	ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE PROFUNDIDAD A EXTERIORES (δ_{p-e}) µm
10,000	0

VALOR PATRÓN mm	ERROR DE CONTACTO LINEAL (L) µm
10,000	0

VALOR PATRÓN mm	ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA (J) µm
10,000	0

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 025

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N° LC - 025

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LCL - 006 - 2025

VALOR PATRÓN	ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN PARA MEDICIÓN DE INTERIORES (K)
mm	µm
4,999	10

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN : $[(\ 10{,}00^{\ 2} + 0{,}00819^{\ 2}\ L^{2}\ )]^{1/2}$ µm

L : INDICACIÓN EXPRESADO EN MILÍMETROS

La incertidumbre U para 200 mm es 11 µm

Error de indicación del pie de rey para medición de interiores = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de interiores a exteriores (SI-E)

Error de indicación del pie de rey para medición de profundidad = Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de profundidad a exteriores (SP-E)

El error máximo permisible (emp) de pie de rey con alcance 200 mm de resolución 0,01 mm es ± 0,02 según fabricante



Incertidumbre

La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura (k = 2) de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autodhesiva que indica el estado "CALIBRADO"

Antes de la calibración no se realizó ningun tipo de ajuste.

Fin del Certificado de Calibración

Calle 1 Urb. Alameda de Ate II Etapa Mza. A Lt. 07 Lima - Lima - Santa Anita / Telf.: 354 3209 Celular: 981148879 / 955444939
E-mail: ventas1@mcvcalibraciones.com.pe / ventas@mcvcalibraciones.com.pe **WEB SITE: www.mcvcalibraciones.com.pe**

Anexo N ° 4 Aprobación del Comité de Ética

Universidad Norbert Wiener

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA E INTEGRIDAD CIENTÍFICA

APROBACIÓN DE ENMIENDA

Lima, 27 de abril de 2026.

Autor Responsable:
MARTÍN ESPETEA CHOQQUE

Exp. Nº: 3857-2025

De mi consideración:

El Comité Institucional de Ética e Integridad Científica (CIEIC) de la Universidad Privada Norbert Wiener, tras evaluar la solicitud presentada, APRUEBA LA ENMIENDA del proyecto, originalmente titulado "EFECTO DEL SISTEMA FOTOINICIADOR Y DEL TIEMPO DE FOTOCURADO EN LA MICRODUREZA DE RESINAS COMPUESTAS IN VITRO.LIMA 2025" y aprobado por el CIEIC el 30/12/2026 Versión N.° 1. El detalle de la enmienda se consigna en la sección "Cambios aprobados"; de ser el caso, se incorpora el nuevo título.

Autor(es):
MARTÍN ESPETEA CHOQQUE

Cambios aprobados:

Se aprueba la modificación del título ahora será: "EFECTO DEL SISTEMA FOTOINICIADOR, TIEMPO Y DISTANCIA DE FOTOCURADO EN LA MICRODUREZA DE RESINAS COMPUESTAS IN VITRO, LIMA 2026". Dicha información también estará contemplada en cada fragmento del proyecto.

Alcance de la aprobación:

La aprobación de enmienda confirma que las modificaciones cumplen con las buenas prácticas éticas y no alteran el balance riesgo/beneficio, la idoneidad del equipo de investigación ni la confidencialidad de los datos previamente evaluados.

Obligaciones del investigador

- Esta aprobación no amplía ni modifica la vigencia otorgada en la constancia de aprobación inicial del proyecto; esta se mantiene en todo lo no modificado por la enmienda. Asimismo, los cambios rigen desde la fecha de emisión.
- Para fines administrativos o académicos, debe presentar ambos documentos: la constancia de aprobación del proyecto y la constancia de aprobación de enmienda. Cualquier cambio adicional requiere nueva evaluación del CIEIC.

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

Atentamente,

Mg. Angelica Karina Minaya Galarreta
Presidente
Comité Institucional de Ética e Integridad Científica

Anexo N ° 5 Carta de aprobación de la institución para la recolección de datos



HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

034-2026

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DE LABORATORIO

Es grato dirigirme a Ud. Y saludarle a nombre del Laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Así mismo comunicarle la aceptación para el desarrollo del proyecto de investigación denominado "**EFECTO DEL SISTEMA FOTOINICIADOR Y DEL TIEMPO DE FOTOCURADO EN LA MICRODUREZA DE RESINAS COMPUESTAS IN VITRO, LIMA 2025**"; el cuál será realizado por el Sr.:

- Espetea Choqque, Martín 44284514

Escuela Académica Profesional de Odontología, de la Universidad Privada Norbert Wiener.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados

Lima, 02 de Marzo del 2026

Ing. Robert Nick Eusebio Teheran
Jefe de Laboratorio

997 123 584 / 949 059 602
laboratoriomec@ensayoshtl.pe
Jr. Nepentas 364, San Juan de Lurigancho - Lima

Anexo N ° 6 Constancia de ejecución



HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

CONSTANCIA DE EJECUCIÓN
048-2026

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DE LABORATORIO

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo a nombre del laboratorio HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.
Asimismo, comunicarle la ejecución del proyecto de investigación denominado: "**EFECTO DEL SISTEMA FOTOINICIADOR Y DEL TIEMPO DE FOTOCURADO EN LA MICRODUREZA DE RESINAS COMPUESTAS IN VITRO, LIMA 2025**", que realizó el Sr:

- Espetea Choqque, Martín 44284514

Escuela Académica Profesional de Odontología, de la Universidad Privada Norbert Wiener.

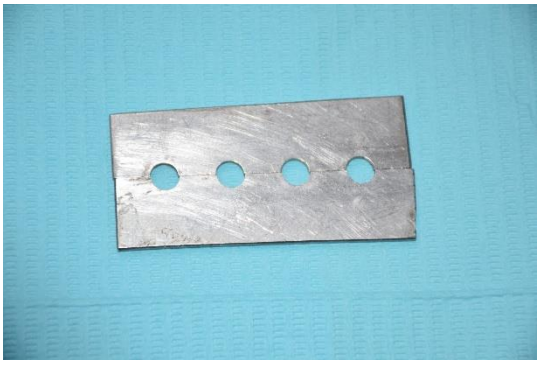
Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados

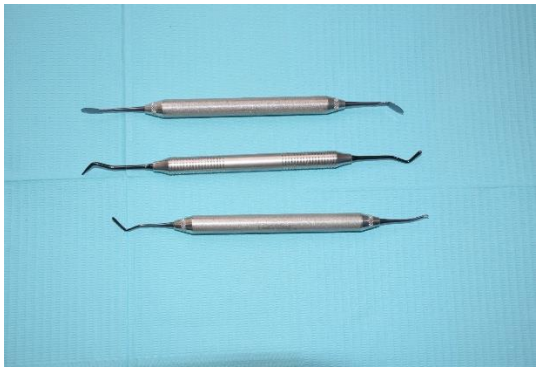
Lima, 06 de Marzo del 2026

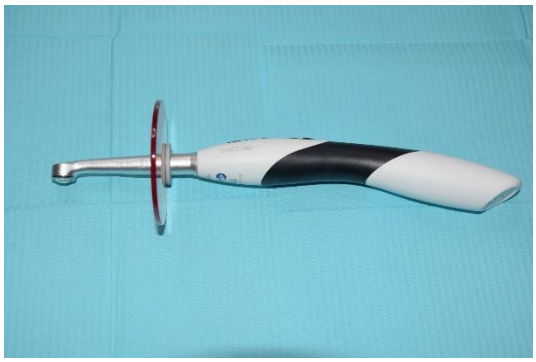
Ing. Robert Nick Eusebio Teheran
Jefe de Laboratorio

997 123 584 / 949 059 602
laboratoriomec@ensayoshtl.pe
Jr. Nepentas 364, San Juan de Lurigancho - Lima

Anexo N ° 8 Fotos del procedimiento








Materiles y equipos usados para el experimento



Proceso de preparación de los discos de resina

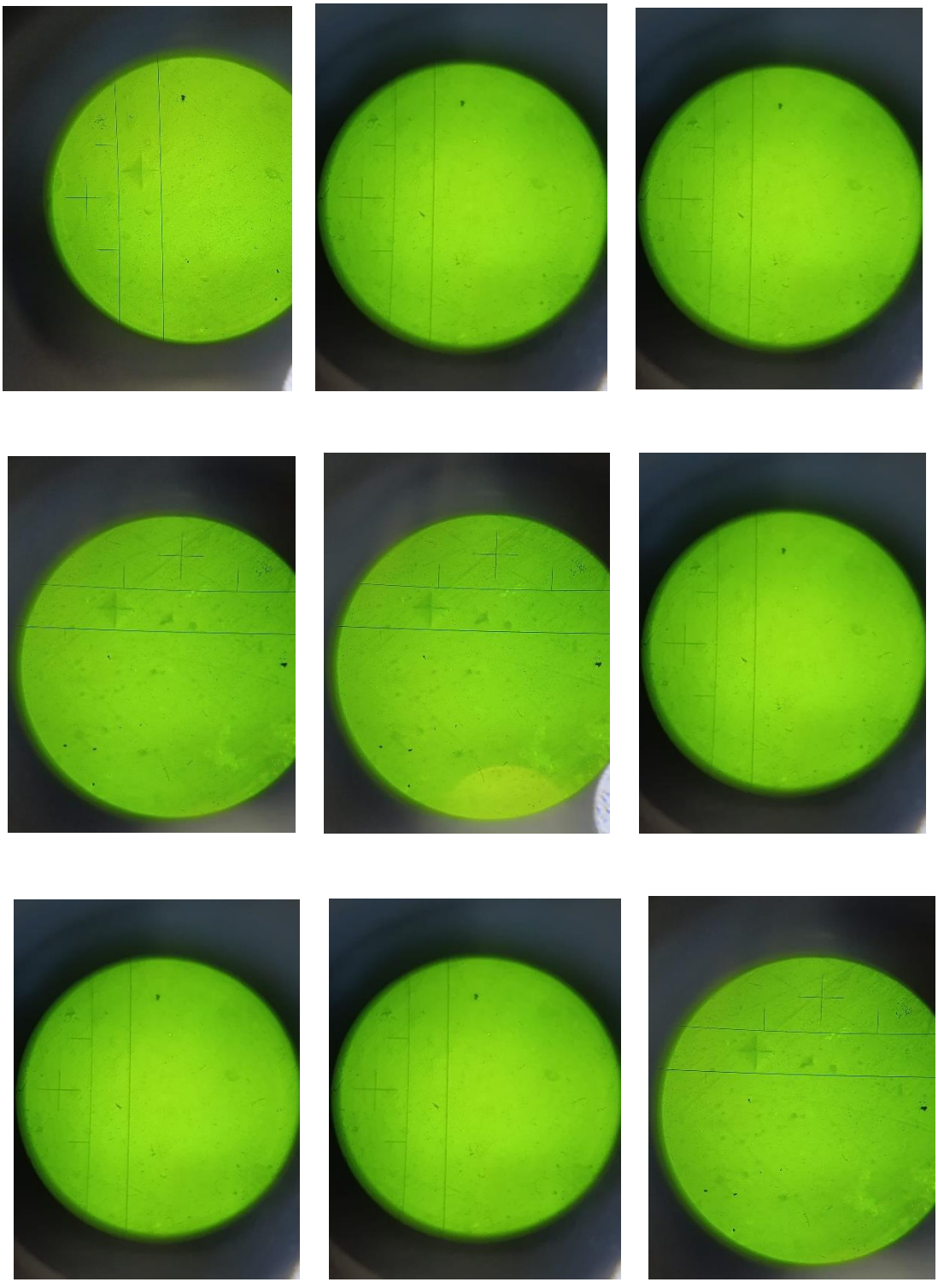








Observación de las mediciones



Lectura de las muestras



Mediciones con microdurómetro

Anexo N ° 8 Base de datos

HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 6

INFORME DE ENSAYO	IEO-060-2026	Revision N° 01	Fecha de emision:	04-03-2026

ENSAYO DE MICRODUREZA VICKERS EN RESINAS ODONTOLÓGICAS

1. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombre de tesis	:	"Efecto del sistema fotoiniciador y del tiempo de fotocurado en la microdureza de resinas compuestas in vitro, Lima 2025"
Nombres y Apellidos	:	Martin Espetas Choqque
D.N.I.	:	44284514
Dirección	:	Av. 25 de Diciembre Mz M2 Lote 10, Villa Maria del Triunfo - Lima

2. EQUIPOS UTILIZADOS

Instrumento	Marca	Aproximación	Calibración
Microdurómetro Vickers Electrónico	LG - HV-1000	1 µm - 40X	CC-055-2025
Vernier Digital	Mitutoyo - 200 mm	0.01mm	LCL-006-2025

Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

3. IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Muestras de resinas odontológicas

Cantidad	:	Ciento veinte (120) muestras
*Material	:	Discos de resina odontologicas
*Grupo 1	:	G1-1 Filtek Z250 2mm 20s G1-2 Filtek Z250 4mm 20s G1-3 Filtek Z250 2mm 40s G1-4 Filtek Z250 4mm 40s
*Grupo 2	:	G2-5 Tetric N-Powerfill 2 2mm 20s G2-6 Tetric N-Powerfill 2 4mm 20s G2-7 Tetric N-Powerfill 2 2mm 40s G2-8 Tetric N-Powerfill 2 4mm 40s
*Grupo 3	:	G3-9 Vitra 2mm 20s G3-10 Vitra 4mm 20s G3-11 Vitra 2mm 40s G3-12 Vitra 4mm 40s

*Información proporcionado por el solicitante.

HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de la información proporcionada por el cliente que podría afectar la validez de los resultados reportados en el presente informe de ensayo.

4. DATOS DE ENSAYO

Fecha de Recepción de muestras	03 de Marzo del 2026
Analista asignado	RET
Condiciones de la muestra	--
Fecha de Ensayo	04 de Marzo del 2026
Lugar de Ensayo	HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. Jr. Nepentas 364 Urb. San Silvestre, San Juan de Lurigancho, Lima.

Las muestras son sometidas a ensayo en el estado en que son recepcionadas y los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de calidad de la entidad que lo produce.

5. CONDICIONES DE ENSAYO

	Inicial	Final
Temperatura	26.8 °C	26.7 °C
Humedad Relativa	57.0 %HR	57.0 %HR

El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.

6. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO

El ensayo se realizó bajo la siguiente Norma:

NORMA	DESCRIPCION	CAPITULO/NUMERAL
ASTME384-17	Método de prueba estándar para la dureza de materiales por microindentación	--

UEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

INFORME DE ENSAYO	IEO-060-2026	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	04-03-2026

G1-1 Filtek Z250 2mm 20s

Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	77.9	77.9	77.3	77.7
2		78.6	81.1	79.9	79.9
3		77.9	76.9	77.2	77.3
4		77.5	75.0	78.6	77.0
5		76.7	77.9	76.1	76.9
6		80.5	82.0	79.9	80.8
7		77.7	78.5	79.7	78.6
8		75.6	73.9	76.6	75.4
9		74.6	76.1	73.8	74.8
10		79.6	79.6	78.7	79.3

G1-2 Filtek Z250 4mm 20s

Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	69.6	71.5	70.9	70.7
2		77.9	78.1	77.3	77.8
3		72.5	70.8	71.2	71.5
4		80.2	78.3	77.6	78.7
5		75.2	75.7	76.3	75.7
6		80.3	80.1	79.3	79.9
7		78.3	78.3	78.9	78.5
8		76.3	75.0	76.8	76.0
9		76.7	73.9	73.9	74.8
10		75.2	77.1	72.4	74.9

G1-3 Filtek Z250 2mm 40s

Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	77.5	77.1	75.8	76.8
2		78.0	76.7	76.1	76.9
3		83.5	81.4	82.9	82.6
4		80.2	81.3	80.2	80.6
5		75.6	78.1	77.0	76.9
6		66.8	74.0	73.4	71.4
7		75.5	77.8	78.1	77.1
8		79.3	78.8	79.5	79.2
9		78.3	79.0	78.0	78.4
10		79.9	78.3	76.7	78.3

UEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

INFORME DE ENSAYO	IEO-060-2026	Revision Nº 01	Fecha de emision:	04-03-2026

G2-7 Tetric N-Powerfill 2 2mm 40s

Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	57.9	53.9	58.4	56.7
2		46.8	46.3	46.0	46.4
3		49.9	46.8	48.3	48.3
4		51.9	47.3	48.8	49.3
5		45.2	44.9	45.0	45.0
6		47.8	49.5	48.4	48.6
7		46.3	46.3	45.1	45.9
8		46.3	48.0	46.3	46.9
9		45.9	46.0	45.2	45.7
10		46.0	46.8	43.3	45.4

G2-8 Tetric N-Powerfill 2 4mm 40s

Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	42.3	44.3	44.9	43.8
2		37.8	40.2	36.1	38.0
3		39.2	37.0	37.8	38.0
4		44.3	39.8	35.3	39.8
5		44.5	44.3	43.8	44.2
6		45.0	40.9	46.1	44.0
7		45.3	45.8	43.0	44.7
8		45.7	44.3	44.3	44.8
9		42.8	41.0	43.8	42.5
10		43.8	42.7	43.8	43.4

G3-9 Vitra 2mm 20s

Especimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	78.8	74.6	77.1	76.8
2		74.6	72.5	74.6	73.9
3		75.6	77.8	73.9	75.8
4		76.7	77.9	75.1	76.6
5		75.6	75.6	77.5	76.2
6		77.9	76.5	76.0	76.8
7		71.5	73.4	73.9	72.9
8		80.2	80.2	79.3	79.9
9		72.5	75.1	72.5	73.4
10		76.7	75.6	77.3	76.5

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

INFORME DE ENSAYO	IEO-060-2026	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	04-03-2026

G3-10 Vitra 4mm 20s					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	61.3	66.8	62.5	63.5
2		68.1	64.2	64.2	65.5
3		71.5	66.8	67.4	68.6
4		75.3	70.8	74.1	73.4
5		75.4	73.2	75.4	74.7
6		75.6	71.0	72.1	72.9
7		73.5	74.3	73.0	73.6
8		61.3	63.3	63.1	62.6
9		63.3	67.5	65.1	65.3
10		73.6	73.5	75.4	74.2

G3-11 Vitra 2mm 40s					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	65.2	68.3	64.2	65.9
2		63.3	65.9	62.3	63.8
3		72.5	70.5	71.1	71.4
4		67.7	76.7	70.0	71.5
5		66.8	71.5	68.3	68.9
6		67.7	82.6	74.6	75.0
7		71.5	68.1	71.0	70.2
8		60.9	70.5	70.5	67.3
9		71.5	69.3	63.3	68.0
10		69.6	66.7	68.8	68.4

G3-12 Vitra 4mm 40s					
Espécimen	Carga de Ensayo g (N)	Punto 1 Hv (Kg/mm2)	Punto 2 Hv (Kg/mm2)	Punto 3 Hv (Kg/mm2)	Promedio Hv (Kg/mm2)
1	50 (0.49033)	69.0	66.1	65.8	67.0
2		70.6	72.8	69.9	71.1
3		65.9	68.6	65.9	66.8
4		68.6	65.1	67.7	67.1
5		70.5	76.6	72.4	73.2
6		70.2	70.2	71.8	70.7
7		72.5	72.8	70.1	71.8
8		64.6	65.5	65.6	65.2
9		65.3	67.1	67.3	66.6
10		65.9	63.4	65.9	65.1

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

INFORME DE ENSAYO	IEO-060-2026	Revisión N° 01	Fecha de emisión:	04-03-2026

ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN
CIP: 193364
INGENIERO MECÁNICO
Jefe de Laboratorio

HTL
HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE

FIN DEL DOCUMENTO

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

11% Fuentes de Internet
2% Publicaciones
11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Internet
repositorio.uwiener.edu.pe 3%

2 Internet
hdl.handle.net 1%

3 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2022-07-18 1%

4 Internet
repositorio.ucsm.edu.pe <1%

5 Trabajos entregados
Universidad Wiener on 2026-05-06 <1%

6 Trabajos entregados
D.A. de Estomatología on 2026-05-12 <1%

7 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2026-06-08 <1%

8 Internet
vdocuments.es <1%

9 Internet
repositorio.upla.edu.pe <1%

10 Trabajos entregados
Universidad Wiener on 2026-07-07 <1%

11 Internet
www.researchgate.net <1%