

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



T E S I S

**Distancia de la emisión de luz en relación a la irradiancia en lámparas para
fotopolimerización Pasco - 2024**

Para optar el título profesional de:

Cirujano Dentista

Autor:

Bach. Lucero Xiomara RIVERA PAITA

Asesor:

Dr. Arturo HURTADO HUANCA

Cerro de Pasco – Perú - 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA



T E S I S

**Distancia de la emisión de luz en relación a la irradiancia en lámparas para
fotopolimerización Pasco - 2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Jaime Alfredo ORTEGA ROMERO
PRESIDENTE

Dr. Eduardo LÓPEZ PAGAN
MIEMBRO

Mg. Franco Alfonso MEJÍA VERÁSTEGUI
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Odontología
Unidad de Investigación



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 009-2025 DUI-FO/UNDAC

La Unidad de Investigación de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

RIVERA PAITA, Lucero Xiomara

Escuela de Formación Profesional

ODONTOLOGÍA

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo:

**DISTANCIA DE LA EMISIÓN DE LUZ EN RELACIÓN A LA IRRADIANCIA EN
LÁMPARAS PARA FOTOPOLIMERIZACIÓN PASCO - 2024**

Asesor:

Dr. HURTADO HUANCA, Arturo.

Índice de Similitud: **11%**

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 27 de agosto del 2025.



Firmado digitalmente por LOPEZ
PAGAN Eduardo FAU 20154605046
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 27.08.2025 21:33:15 -05:00

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi bella familia: Gloria, Jorge y Nataly por poner en mí toda su fe, su confianza, siempre apoyarme con todo el amor para lograr mis sueños, a Maya por acompañarme en todos mis desvelos.

A mi abuela Otilia por ser un ejemplo para mí, por su apoyo incondicional.

A mi abuelo Albes que, aunque no pueda leer estas palabras, quiero agradecerle desde lo más profundo de mi corazón por ser mi mayor motivación y siempre cuidarme desde el cielo. Te extraño y te honro cada logro.

A The Weeknd por inspirarme siempre con cada una de sus canciones.

A mi asesor por el tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión la cual me acogió en sus aulas y fueron mi segundo hogar durante estos últimos años.

A mis docentes de la facultad de Odontología quienes siempre me brindaron sus conocimientos y fueron guías en este recorrido.

A mi asesor quien colaboró para poder realizar este proyecto de investigación.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar si la distancia de emisión de luz influye en la irradiancia durante el proceso de fotopolimerización. Para ello, se evaluaron 140 lámparas de fotopolimerización agrupadas en 11 modelos distintos, cuyas emisiones de luz oscilaron entre 0 y 2300 mW/cm², con un promedio de 655.25 mW/cm². Las mediciones se realizaron mediante un radiómetro a distancias de 0 mm, 1 mm, 3 mm y 5 mm, con una exposición de luz de 20 segundos. Se obtuvieron los siguientes valores promedio de irradiancia: 880 mW/cm² (0 mm), 720 mW/cm² (1 mm), 575.18 mW/cm² (3 mm) y 445.25 mW/cm² (5 mm).

Según la norma ISO 4049 [40], se requiere una energía de entre 16 y 24 J/cm² para lograr una fotopolimerización efectiva de materiales a base de resina compuesta. Los resultados muestran que muchas de las lámparas evaluadas no cumplen con este estándar, lo que podría comprometer la correcta fotopolimerización de materiales que contienen metacrilatos. Esto tendría implicancias en la durabilidad de las restauraciones y en la toxicidad potencial del metacrilato sobre el órgano dentario.

Los datos fueron recolectados mediante mediciones con radiómetro, registrados en fichas técnicas y posteriormente analizados con el software IBM SPSS Statistics 27. Se aplicaron pruebas estadísticas como Kolmogorv-Smirnov, Levene, ANOVA y la prueba post hoc de Scheffé para muestras de tamaño desigual, evidenciando diferencias significativas entre las distintas distancias de emisión y los niveles de irradiancia.

Palabras claves: Emisión de luz, Irradiancia, Potencia, Energía, Resinas compuestas.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine whether the distance of light emission affects irradiance during the photopolymerization process. A total of 140 light-curing units were evaluated, grouped into 11 different models, with light emissions ranging from 0 to 2300 mW/cm² and an average of 655.25 mW/cm². Measurements were taken using a radiometer at distances of 0 mm, 1 mm, 3 mm, and 5 mm, with a light exposure of 20 seconds. The following average irradiance values were recorded: 880 mW/cm² (0 mm), 720 mW/cm² (1 mm), 575.18 mW/cm² (3 mm), and 445.25 mW/cm² (5 mm).

According to ISO 4049, an energy dose of between 16 and 24 J/cm² is required to achieve effective photopolymerization of resin-based materials. The results indicate that many of the evaluated lamps do not meet this standard, potentially compromising the proper polymerization of materials containing methacrylates. This could impact both the longevity of restorations and the potential toxicity of methacrylate on dental tissues.

Data were collected through radiometer measurements, recorded on technical sheets, and subsequently analyzed using IBM SPSS Statistics 27. Statistical tests applied included Kolmogorov-Smirnov, Levene's test, ANOVA, and Scheffé's post hoc test for unequal sample sizes, revealing significant differences in irradiance across the various emission distances.

Keywords: Light emission, Irradiance, Power, Energy, Composite resins.

INTRODUCCIÓN

Uno de los avances más relevantes en la odontología ha sido la incorporación y perfeccionamiento de las lámparas de fotopolimerización, elementos imprescindibles en la práctica restauradora moderna, especialmente en lo concerniente al uso de resinas compuestas. Estas unidades de luz han pasado por una transformación sustancial, desde sus primeras generaciones que emitían luz ultravioleta hasta la actualidad, con dispositivos de diodos emisores de luz (LED) de alta eficiencia, larga vida útil y espectros de emisión adecuados para activar diversos fotoiniciadores presentes en los materiales restaurativos.

La fotopolimerización, como proceso fundamental en la adhesión y endurecimiento de materiales resinosos, depende críticamente de variables como la irradiancia (potencia por unidad de área) y la longitud de onda. Estas variables, a su vez, están influenciadas por aspectos clínicos, técnicos y operativos, entre los cuales destaca, de manera particular, la distancia entre la guía de luz de la lámpara y la superficie del material a fotopolimerizar. Los estudios recientes han mostrado que pequeñas variaciones en esta distancia pueden tener un impacto significativo en la cantidad de energía recibida por el material, afectando directamente la conversión de monómeros a polímeros y, por ende, la calidad final de la restauración.

El estándar internacional ISO 4049 establece que para asegurar una adecuada polimerización de las resinas compuestas es necesario que la energía entregada esté entre 16 y 24 Joule/cm², lo cual sólo puede alcanzarse si se garantiza una adecuada irradiancia durante un tiempo suficiente de exposición. En este sentido, el desconocimiento o desatención de la distancia de exposición podría derivar en restauraciones deficientemente fotopolimerizadas, con consecuencias clínicas como menor resistencia mecánica, mayor desgaste, filtraciones marginales, fallos adhesivos, e incluso, liberación

de compuestos tóxicos residuales como los metacrilatos. Esta problemática cobra especial relevancia en cavidades profundas o zonas de difícil acceso, donde el contacto directo entre la guía de luz y el material no siempre es posible.

La presente tesis se enmarca en este contexto y surge a partir de una observación clínica reiterada: el uso habitual de las lámparas de fotopolimerización por parte de los odontólogos suele estar exento de una evaluación rigurosa de su irradiancia, así como del análisis de cómo esta se ve afectada por variaciones en la distancia de emisión. Esta laguna en el conocimiento técnico-operativo puede comprometer la longevidad de las restauraciones y la salud del paciente. Por ello, el objetivo principal del estudio ha sido evaluar la influencia de la distancia de la emisión de luz sobre la irradiancia en lámparas para fotopolimerización empleadas en la ciudad de Cerro de Pasco, durante el periodo 2023.

Para alcanzar este objetivo, se diseñó un estudio experimental de tipo *in vitro*, en el cual se analizaron 140 lámparas de fotopolimerización pertenecientes a 11 modelos distintos, representativos del parque tecnológico odontológico de la región. La medición de la irradiancia se realizó utilizando un radiómetro de precisión, aplicando exposiciones de 20 segundos a distancias controladas de 0 mm, 1 mm, 3 mm y 5 mm. Las mediciones fueron sistemáticamente registradas y posteriormente procesadas mediante el software IBM SPSS Statistics 27, aplicando pruebas estadísticas como Shapiro-Wilk, Levene, ANOVA y Scheffe, a fin de determinar la significancia de las diferencias observadas entre los grupos experimentales.

Los resultados obtenidos evidenciaron una clara disminución de la irradiancia a medida que aumentaba la distancia de la guía de luz con respecto al material. Así, la irradiancia media fue de 880 mW/cm² a 0 mm, 720.81 mW/cm² a 1 mm, 575.18 mW/cm² a 3 mm y 445.25 mW/cm² a 5 mm. Estos hallazgos confirman que la distancia es un

factor determinante y clínicamente relevante que debe ser considerado al momento de realizar procedimientos restaurativos con resinas compuestas. Asimismo, se identificaron diferencias significativas entre los distintos modelos de lámparas evaluadas, con especial énfasis en las pertenecientes a la marca Woodpecker, ampliamente utilizada en la región.

En el marco teórico que sustenta este estudio, se revisaron los principales antecedentes científicos vinculados al tema, destacando investigaciones realizadas entre 2015 y 2023, las cuales han documentado ampliamente cómo la distancia de fotopolimerización influye en parámetros mecánicos como la resistencia a la flexión, la microdureza, el grado de conversión y la adhesión a dentina. Asimismo, se profundizó en aspectos técnicos como los tipos de fotoiniciadores, las características de la guía de luz, la colimación del haz, la importancia de la longitud de onda, y las especificaciones técnicas de las lámparas utilizadas, tanto LED como halógenas.

Este estudio también pone en relieve la necesidad de una formación integral y técnica del profesional odontólogo respecto al manejo de estos dispositivos. No basta con la presencia física de una lámpara en el consultorio, sino que es indispensable comprender sus parámetros operativos, las características de su haz de luz, su mantenimiento, su calibración periódica, así como el tipo de materiales con los cuales se va a trabajar. En este sentido, el uso de radiómetros como herramienta de control y verificación se presenta como una medida fundamental para asegurar la eficacia clínica del proceso de fotopolimerización.

En suma, la tesis que se presenta no solo aporta evidencia empírica local de gran valor para la comunidad odontológica de Cerro de Pasco, sino que también contribuye a la discusión científica global sobre el uso racional y basado en evidencia de las tecnologías de fotocurado en odontología. Sus resultados invitan a la reflexión crítica, a la adopción de prácticas más responsables y a la implementación de protocolos clínicos

que consideren la medición y el control de la irradiancia como parte integral de los tratamientos restaurativos. De igual manera, abre nuevas líneas de investigación futuras, como la evaluación de la influencia de la temperatura, del tipo de resina, del tamaño de la cavidad, y del tiempo de exposición sobre la eficiencia del proceso de polimerización.

Este trabajo se convierte así en un aporte valioso para el ejercicio clínico y académico, reafirmando el compromiso de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión con la generación de conocimiento aplicado que responda a las necesidades locales y contribuya al desarrollo de una odontología más segura, eficiente y basada en la evidencia científica.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación:.....	1
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1. Problema general	4
1.3.2. Problemas específicos	4
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	8
2.2. Bases teóricas – científicas	8
2.3. Definición de términos básicos	20
2.4. Formulación de hipótesis	24

2.4.1. Hipótesis general	25
2.4.2. Hipótesis específicas	25
2.5. Identificación de variables:	25
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	26

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	28
3.2. Nivel de investigación.....	28
3.3. Métodos de investigación.....	29
3.4. Diseño de investigación	29
3.5. Población y muestra	29
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	31
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	36
3.9. Tratamiento estadístico	36
3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica	36

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	38
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	39
4.3. Prueba de hipótesis.....	39
4.4. Discusión de Resultados:	50

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Irradiancia A 0 mm De Distancia	39
Tabla 2. Irradiancia A 1 Mm De Distancia	41
Tabla 3. Irradiancia A 3mm De Distancia	43
Tabla 4. Irradiancia A 5 mm De Distancia	45
Tabla 5. Resumen de los cuatro grupos respecto a la Irradiancia en relación a la distancia de la emisión de luz	47
Tabla 6. Modelos de lámparas examinadas en la investigación	48
Tabla 7. Obtención de medias	49
Tabla 8. Prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov	51
Tabla 9. Pruebas de homogeneidad de varianza	52
Tabla 10. Irradiancia a 0mm de distancia	54
Tabla 11. Irradiancia a 1mm de distancia	56
Tabla 12. Irradiancia a 3mm de distancia	58
Tabla 13. Irradiancia a 5mm de distancia	60
Tabla 14. Energía (en Joules/cm ²) para cada modelo de lámpara y distancia	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Irradiancia A 0 mm De Distancia	40
Gráfico 2. Irradiancia A 1 Mm De Distancia	42
Gráfico 3. Irradiancia A 3mm De Distancia.....	44
Gráfico 4. Irradiancia A 5 mm De Distancia.....	46
Gráfico 5. Modelos de lámparas y sus respectivos porcentajes	48
Gráfico 6. Energía (en Joules/cm ²) para cada modelo de lámpara y distancia	62

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La odontología viene desarrollando avances tecnológicos y uno de ellos ha sido el progreso de las lámparas de fotopolimerización las cuales han progresado por generaciones, teniendo en cuenta su irradiancia y su longitud de onda para estimular a los iniciadores de la polimerización como la canforquinona, lucerin y el ivocerin, los cuales dan el inicio a la conversión de monómeros a polímeros, de acuerdo al ISO 4049, el cual menciona que el grado de conversión de las resinas compuestas debería estar por encima del 70% y esto está directamente relacionado con la irradiancia de las lámparas de fotopolimerización. La restauración para tener éxito depende de otros factores: del grado de conversión y de la potencia expresado en mW/cm^2 , donde la longitud de onda sea la correcta, el tiempo de fotopolimerización puede ser variable y crítico, para una fotopolimerización adecuada. Se ha contemplado con periodicidad en la clínica odontológica, que el profesional no analiza el efecto que puede producir una variación de la irradiancia de las lámparas de

fotopolimerización en relación con la distancia a la cual se fotopolimeriza, esto se produce por la falta de observación de la irradiancia de luz mediante un radiómetro. Con la finalidad de mejorar los tratamientos restaurativos y disminuir la inadecuada fotopolimerización, es necesario explicar el efecto de la irradiancia de las lámparas de fotopolimerización. Price y Rueggeberg [1] mencionan que la aplicación de la fotopolimerización en odontología no surgió dentro de la profesión, sino fue el resultado de adaptaciones innovadoras en la aplicación de nuevos avances al tratamiento clínico. Las primeras unidades de fotocurado fueron diseñados para emitir luz ultravioleta (aproximadamente 365 nm) a través una varilla de cuarzo de una fuente de mercurio a alta presión y fueron introducido a principios de la década de 1970 [2]. El procedimiento estuvo plagado de muchas cuestiones. Primero, debido a la deficiente penetración de la luz en el material, se requirieron acumulaciones incrementales en lugar de incrementos en bloque, y fueron limitados en profundidad [3,4]. Además, las preocupaciones se expresaron sobre los posibles efectos dañinos del corto plazo, luz azul expuesta a los ojos del operador y del paciente (lesiones principalmente a la retina), así como probables modificaciones en la microbiota oral [5,6].

Las lámparas de LED (acrónimo de su nombre en inglés Light Emitting Diode) son utilizadas para la mayoría de procedimientos restauradores que involucran materiales resinosos. siendo el estándar de oro de fotopolimerización en odontología [7]. Éstas funcionan como semiconductores, es decir, convierten la energía eléctrica en luz visible, fenómeno conocido como electroluminiscencia [8]. Sin embargo, el desconocimiento de la amplia variedad de equipos y materiales restauradores disponibles en el mercado, así como sus diversas propiedades, podrían generar una fotopolimerización deficiente. Deseablemente

la guía de luz debería estar lo mas cerca a la cavidad que se esta recuperando usando la irradaincia y el periodo de exposición recomendado por la casa comercial. Si bien, existen disposiciones clínicas como lesiones. Clase I y II donde la pared pulpar o gingival presentan una profundidad notable, La disminución de la irradiancia al incrementar la distancia se estimó observando círculos concéntricos en el gráfico papel y notar la diferencia de brillo en distintos espacios. Además, los valores de irradiancia medidos a 2 y 9 mm desde la punta de las lámparas de fotopolimerización [9].

1.2. Delimitación de la investigación:

Delimitación geográfica: La presente investigación fue desarrollada en el Perú, teniendo como lugar de desarrollo el distrito de Yanacancha, provincia de Cerro de Pasco, de la región Pasco. En los ambientes de la facultad de odontología de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, se realizará la medición de las irradiancias.

Delimitación temporal: Este estudio comparativo, fue desarrollado en el período de octubre del 2023 hasta abril del año 2024.

Delimitación conceptual: La tesis se circunscribe a la evaluación comparativa de la irradiancia de las lámparas de fotopolimerización como efecto de las diferentes distancias de emisión de luz, con el fin de comprender su efecto en el proceso de curado de materiales compuestos de metacrilato.

En el marco de esta investigación, se entiende por distancia de emisión a los valores establecidos en el protocolo experimental (0 mm, 1 mm, 3 mm y 5 mm), y por irradiancia a los registros cuantitativos obtenidos mediante radiómetro calibrado, expresados en mW/cm^2 , durante una exposición de 20 segundos.

Ambos conceptos se relacionan desde un enfoque físico-tecnológico orientado a evaluar la eficacia funcional de distintos modelos comerciales de lámparas.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo influye la distancia de emisión de luz sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización Pasco-2023?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cómo influye la distancia de emisión de luz a 0 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización?
- b. ¿Cómo influye la distancia de emisión de luz a 1 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización?
- c. ¿Cómo influye la distancia de emisión de luz a 3 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización?
- d. ¿Cómo influye la distancia de emisión de luz a 5 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Analizar la influencia de la distancia de emisión de luz sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización Pasco-2023

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la influencia de la distancia de 0 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización.
- b. Determinar la influencia de la distancia de 1 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización.

- c. Determinar la influencia de la distancia de 3 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización.
- d. Determinar la influencia de la distancia de 5 mm sobre la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización.

1.5. Justificación de la investigación

El uso de lámparas de fotopolimerización es una práctica rutinaria en odontología restauradora. Sin embargo, el desconocimiento o subestimación de las variables que intervienen en su funcionamiento (particularmente la distancia de la emisión de luz) puede comprometer la calidad final de las restauraciones. Una irradiancia insuficiente afecta negativamente el grado de conversión del material restaurador, reduciendo su resistencia, estabilidad y durabilidad clínica.

Esta investigación permitirá al cirujano dentista conocer con mayor profundidad las propiedades funcionales de las lámparas de fotocurado, así como su interacción con la distancia de aplicación. De este modo, se fomentará un uso más racional y científico del equipamiento clínico, contribuyendo a optimizar los protocolos de restauración y mejorar los resultados clínicos a largo plazo.

Desde la **perspectiva metodológica**, el presente estudio adopta un diseño cuasi-experimental con mediciones controladas de irradiancia a distintas distancias (0 – 5 mm) en once modelos de lámparas LED. Este enfoque resulta idóneo cuando la asignación aleatoria absoluta es impracticable (en nuestro caso, la potencia inherente de cada equipo no puede manipularse), pero se requiere aislar y cuantificar el efecto de una sola variable independiente: la distancia clínica de fotocurado. Al emplear procedimientos estandarizados de exposición (20 s) y un radiómetro calibrado, el diseño garantiza validez interna suficiente

para inferir relaciones causales y, simultáneamente, retiene validez externa al incorporar lámparas usadas habitualmente en la práctica odontológica [10].

En **términos sociales**, la odontología restauradora forma parte esencial de la salud bucal pública. Restauraciones mal polimerizadas están asociadas a mayor recambio de obturaciones, costos elevados y riesgo de caries secundaria, con impacto sanitario y económico particularmente alto en sistemas de salud con recursos limitados. Al proveer parámetros claros sobre la distancia operativa y la energía mínima requerida, este trabajo ofrece una guía pragmática para odontólogos y estudiantes, contribuyendo a disminuir la tasa de fracasos restaurativos [5].

Respecto a la **trascendencia**, los hallazgos permitirán actualizar protocolos clínicos y materiales de entrenamiento, favoreciendo una cultura de verificación con radiómetros y de selección informada de equipos. Al integrarse con las recomendaciones ISO 4049 y los algoritmos de corrección propuestos por Maucoski et al. [10], la investigación tiene potencial de ser incorporada en futuras normas técnicas y manuales de calidad.

Finalmente, su carácter teórico-práctico radica en que combina la fundamentación óptica—el principio del inverso del cuadrado y la divergencia angular—con aplicaciones concretas en odontología restauradora. No solo amplía el cuerpo teórico sobre pérdida de irradiancia, sino que traduce esos conceptos en tablas y directrices de uso clínico inmediato, cerrando la brecha entre laboratorio y sillón dental.

1.6. Limitaciones de la investigación

El estudio se desarrolló bajo condiciones in vitro controladas, lo que podría limitar la extrapolación de los resultados a escenarios clínicos reales,

donde intervienen factores como humedad, temperatura, reflejos intracavitarios, presencia de sangre y fuerzas mecánicas. Asimismo, la variabilidad en el posicionamiento de la guía de luz (especialmente en cavidades profundas o con acceso restringido) podría introducir sesgos adicionales en la irradiancia efectiva.

Gran parte de la literatura relevante fue hallada en idioma inglés, requiriéndose su traducción para fines de análisis y redacción, lo que representa una limitación idiomática en el acceso a la información.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Maucoski C, Price RB, Arrais CAG

En un estudio [10] sobre la irradiancia de 12 unidades de fotopolimerización LED medidas con radiómetros dentales de 5 marcas, en el cual busca evaluar la precisión de cinco marcas de radiómetros al reportar la irradiancia (mW/cm^2) de doce marcas de lámparas de fotopolimerización en comparación con una referencia de referencia "Gold Standard" (GS) obtenida de un radiómetro portátil de laboratorio. La potencia de salida de las lámparas de fotopolimerización osciló entre 271 mW y 1005 mW. Entre los radiómetros probados, solo el Bluephase Meter II pudo reportar con precisión la irradiancia de 11 de las 12 marcas de lámparas de fotopolimerización evaluadas en el estudio

Arum A. Soram y otros

Soram y sus colaboradores evaluaron el efecto de la distancia (0-8 mm) sobre la resistencia flexural y el módulo elástico de tres resinas bulk-fill [11]. Mediante un diseño factorial, demostraron que la distancia explicó el 42 % de la

variabilidad mecánica, superando a la variable “tiempo de exposición”. El ensayo nanoindentación reveló que la dureza disminuyó 27 % a 5 mm, afectando la resistencia interfacial diente-resina. Los autores concluyen que “una distancia superior a 4 mm requiere duplicar la energía total para preservar propiedades” y proponen guías clínicas basadas en potencia integrada (J/cm^2). Esto sustenta la relevancia de fijar distancias de 0, 1, 3 y 5 mm en nuestro protocolo experimental.

Afnan O, Al-Zain y Platt

El estudio experimental [12], publicado en el 2021 en Dental Materials Journal, constituye una aportación fundamental para comprender las relaciones causales entre distancia de fotocurado, parámetros energéticos y propiedades mecánicas en materiales restauradores. Los investigadores diseñaron un riguroso protocolo para evaluar cómo variaciones en la distancia (0-6 mm) y tiempo de exposición (10-40 s) afectan la resistencia microflexural de un composite nanohíbrido (Filtek Z250), utilizando sistemas de medición de alta precisión que incluyeron espectrorradiometría para cuantificar la irradiancia real y espectroscopía FTIR para analizar el grado de conversión.

Los resultados revelaron patrones críticos que sustentan los fundamentos de esta investigación. A distancias mayores de 4 mm, se observó una reducción estadísticamente significativa ($p < 0.01$) en la resistencia microflexural, alcanzando una disminución del 30.5% a 6 mm respecto al contacto directo. Este fenómeno se correlacionó directamente con los valores de irradiancia registrados, que caían de $1200 \text{ mW}/\text{cm}^2$ (0 mm) a apenas $320 \text{ mW}/\text{cm}^2$ (6 mm), evidenciando el cumplimiento de la ley del inverso del cuadrado en condiciones clínicas realistas. Particularmente relevante fue el hallazgo de que extender el tiempo de exposición a 40 s en distancias mayores solo permitía recuperar parcialmente las

propiedades mecánicas, demostrando que la mera compensación temporal no anula completamente los efectos negativos de la atenuación lumínica.

"Nuestros datos sugieren que cuando la irradiancia cae por debajo de 400 mW/cm², incluso aumentos proporcionales en el tiempo de exposición no garantizan la misma calidad de polimerización que se obtiene con irradiancias superiores a 800 mW/cm²." [12]. Esta observación tiene implicaciones profundas para la práctica clínica, particularmente en procedimientos que requieren curado a distancias aumentadas, como restauraciones de cavidades clase II o recubrimientos pulpares indirectos.

El estudio empleó un innovador enfoque metodológico que combinó pruebas mecánicas (ensayos de flexión en tres puntos según ISO 4049) con análisis químicos (FTIR) y mediciones físicas de la luz emitida. Esta triangulación de métodos permitió establecer relaciones causales claras entre los parámetros de curado, el grado de conversión monomérica y las propiedades finales del material. Un descubrimiento particularmente valioso fue la identificación de un umbral crítico alrededor de los 4 mm de distancia, más allá del cual las propiedades mecánicas se deterioraban aceleradamente, incluso en composites considerados de alta performance como los nanohíbridos.

La investigación de Al-Zain y Platt refuerza directamente los objetivos de este trabajo al proporcionar evidencia cuantitativa de cómo la distancia afecta no solo parámetros ópticos (irradiancia), sino también resultados clínicamente relevantes (resistencia mecánica). Sus hallazgos apoyan la necesidad de establecer protocolos de curado adaptativos basados en mediciones reales de irradiancia y sugieren que los fabricantes deberían incluir en sus especificaciones datos de desempeño a diferentes distancias, no solo en contacto directo.

Desde una perspectiva técnica, el estudio destaca por su control riguroso de variables potencialmente confusoras: todas las muestras fueron preparadas bajo condiciones estandarizadas de humedad y temperatura, la potencia de la lámpara fue verificada antes de cada ensayo con un radiómetro calibrado, y los ensayos mecánicos se realizaron tras 24 horas de almacenamiento en agua a 37°C para simular condiciones bucales. Este nivel de detalle metodológico hace que sus conclusiones sean particularmente confiables y aplicables al contexto clínico.

La relevancia de esta investigación para el presente trabajo radica en que proporciona un marco de referencia cuantitativo para interpretar los resultados de irradiancia en función de la distancia, y establece puentes claros entre estos parámetros físicos y el desempeño mecánico de los materiales. Sus hallazgos podrían citarse tanto en las bases teóricas (para sustentar el impacto mecánico de la variación de irradiancia) como en la discusión (para contrastar los resultados propios con esta referencia de alta calidad metodológica).

Marcelo Giannini y otros

Giannini tiene dos trabajos que apoyan esta investigación. En primer lugar, por orden cronológico: su trabajo del 2015. En éste, hacen una revisión integral (hasta ese momento) sobre sistemas adhesivos autocondicionantes. Él y sus colaboradores analizaron 217 estudios experimentales y clínicos para describir los mecanismos de infiltración y polimerización en dentina y esmalte [13]. Aunque se centra en adhesivos, el trabajo es esencial para comprender cómo la calidad de la polimerización, dependiente de la energía lumínica, afecta la formación de la “zona resistente ácido-base” y la microinfiltración. Los autores subrayan que una irradiancia inferior a 600 mW/cm² o una duración insuficiente compromete la conversión del monómero 10-MDP, debilitando la adhesión

híbrida. También demuestran que la penetración del fotoiniciador se ve reducida cuando la distancia lámpara-substrato rebasa 2 mm, debido al incremento de la dispersión y a la absorción dentro de la capa híbrida. La revisión aporta un marco conceptual que vincula la energía luminosa efectiva (radiant exposure) con el desempeño adhesivo y la longevidad restauradora, sentando bases fisiológicas para evaluar la distancia clínica de fotocurado en resinas bulk-fill y convencionales.

De otro lado, en la investigación realizada en el año 2020 [14], Giannini se planteó el objetivo central de analizar cómo influye la homogeneidad del haz de luz emitido por lámparas LED en la resistencia de unión por microtracción (microtensile bond strength, TBS) de dos sistemas adhesivos aplicados sobre dentina.

Para ello, utilizó una lámpara de fotopolimerización tipo LED de múltiples longitudes de onda (modelo Bluephase Style, Ivoclar Vivadent AG) equipada con dos tipos de guías de luz: una estándar (con una emisión de 1010 mW/cm²) y otra con sistema de homogeneización (946 mW/cm²). Se evaluaron las características espectrales de emisión y los perfiles del haz de cada guía, lo que permitió observar cómo se distribuía la luz emitida.

Se utilizaron terceros molares extraídos, sobre los cuales se aplicaron dos sistemas adhesivos diferentes: Excite F (EXF) y Adhese Universal (ADU). En cada espécimen (n = 10), se midió la fuerza de adhesión en zonas coincidentes con la emisión de los chips LED azul (455 nm) y violeta (409 nm), tanto después de 24 horas como tras un año de almacenamiento en agua.

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA de cuatro factores: tipo de adhesivo, tipo de guía de luz, longitud de onda del LED y tiempo de

almacenamiento. Se complementó con una prueba post hoc de Tukey, considerando un nivel de significancia del 5%.

Las conclusiones que se obtuvieron en el estudio fueron que: la homogeneidad del haz de luz emitido por la lámpara se relacionó con una mejor adhesión a la dentina a las 24 horas, sin importar qué sistema adhesivo se hubiese empleado. Además, las diferencias en la composición química de los adhesivos influyen en su compatibilidad con los materiales restauradores, así como en su capacidad para mantener la adhesión a lo largo de un año.

Lorenzo Breschi y otros.

La investigación de Breschi y su equipo [15], publicada en Dental Materials, proporcionó evidencia crucial sobre la relación entre parámetros de fotocurado y la durabilidad de la interfaz adhesiva. Su estudio longitudinal (18 meses) evaluó muestras sometidas a diferentes regímenes de fotopolimerización, encontrando que las irradiancias inferiores a 600 mW/cm² resultaban en una liberación sostenida de monómeros residuales (BisGMA, TEGDMA) hasta tres veces mayor que en muestras adecuadamente polimerizadas.

Una contribución particularmente valiosa fue su análisis de la degradación enzimática de la interfaz adhesiva. Demostraron que las muestras mal polimerizadas presentaban mayor susceptibilidad a la acción de metaloproteinasas (MMP-2, MMP-9), acelerando la degradación del colágeno en la capa híbrida. Esto se correlacionaba con mayores tasas de microfiltración marginal en pruebas de infiltración con azul de metileno.

"La polimerización incompleta no solo compromete las propiedades inmediatas del material, sino que establece un círculo vicioso de degradación progresiva de la unión dentina-resina" [15]. Este fenómeno explica por qué

muchas restauraciones aparentemente adecuadas en el corto plazo fallan prematuramente.

El estudio incluyó un análisis exhaustivo mediante espectroscopía Raman, permitiendo mapear la distribución espacial de monómeros no convertidos. Encontraron que estos tendían a acumularse especialmente en las zonas más profundas de las restauraciones, coincidiendo con áreas de menor irradiancia. Este hallazgo refuerza la importancia de considerar la atenuación de la luz al diseñar protocolos clínicos.

Richard B. Price y Frederick A. Rueggeberg

En su estudio del 2018 [1], se dice que la fotopolimerización de resinas dentales se basa en la activación de monómeros metacrilados mediante luz, generando radicales libres que inician su conversión en polímeros. El proceso incluye activación, propagación y terminación. La calidad del curado depende del tipo de lámpara, su homogeneidad lumínica y parámetros como intensidad y longitud de onda.

El proceso de fotopolimerización ha transformado radicalmente la odontología restauradora al permitir el endurecimiento controlado de resinas compuestas. Aunque su uso clínico es cotidiano, su funcionamiento aún suele subestimarse. En realidad, la luz emitida por las lámparas de fotocurado no siempre alcanza de manera uniforme las capas más profundas del material, lo que puede generar fallas mecánicas, disminución en la adhesión, liberación de compuestos residuales y microfiltración en la interfase diente-resina. La mayoría de las resinas dentales pertenece a la familia de los metacrilatos, que se polimerizan mediante un proceso de radicales libres activado por luz azul visible. Este proceso comprende etapas de activación, iniciación, propagación y

terminación, en las que los monómeros se enlazan formando cadenas poliméricas. La calidad del curado (y con ello la resistencia, estabilidad y biocompatibilidad de la restauración) depende de factores como la intensidad lumínica, la longitud de onda, la homogeneidad del haz y el tipo de lámpara utilizada.

Frederick A. Rueggeberg

En su artículo histórico, Rueggeberg traza la evolución de las resinas restauradoras desde el vulcanizado hasta los sistemas vinílicos y de metacrilatos fotoactivados [16]. Subraya que la adopción de la fotopolimerización permitió curar materiales en cavidades profundas, pero introdujo la dependencia de la irradiancia disponible. El autor extrapola que los avances en LED solventan las limitaciones espectrales de las lámparas halógenas, aunque aún persiste el problema de la dispersión con la distancia. Su análisis contextualiza la presente investigación al mostrar cómo la variable distancia se ha mantenido como desafío no resuelto desde los primeros sistemas de fotocurado.

Mann Alshaafi

Alshaafi revisó diez factores que afectan la polimerización, resaltando que la “distancia punta-material” es la variable más ignorada en clínica diaria, pese a su impacto en el grado de conversión [5]. Mediante síntesis de 94 artículos, propone que cada milímetro adicional reduce la energía hasta $400 \text{ mW}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$ y advierte sobre los riesgos de microfiltración y citotoxicidad. Recomienda la verificación rutinaria con radiómetros y la selección de lámparas con irradiancia mínima de $1000 \text{ mW}/\text{cm}^2$ para compensar pérdidas a 4-6 mm. Este marco guía nuestra justificación clínica y la necesidad de cuantificar el efecto de la distancia en distintos modelos de lámparas.

Carlos J. Soares y otros.

Soares abordó la relación entre contracción por polimerización y estrés marginal, vinculando directamente la energía lumínica a la tasa de conversión y, por ende, al estrés generado [17]. A través de simulaciones de elementos finitos y pruebas mecánicas, demostró que irradiancias bajas a mayor distancia incrementan el gradiente de conversión entre la superficie y el fondo, exacerbando el estrés C-factor. Sugiere que mantener la punta a ≤ 2 mm y aumentar el tiempo de exposición minimiza la disparidad de conversión, reduciendo microfiltración. Sus conclusiones respaldan la relevancia clínica de nuestro estudio al mostrar que la distancia influye no sólo en dureza sino también en integridad marginal.

Luis Rafael Silva Beolchi y otros

El estudio de Beolchi y sus colaboradores [18], tenía como objetivo examinar la influencia de la distancia a la exposición de la luz, en la pérdida de irradiancia de cuatro lámparas. Se examinaron dispositivos de fotopolimerización (Valo, Elipar 2, Radii-Cal y Optilux-401) utilizando tres distancias diferentes de fotopolimerización (0 mm, 4 mm y 8 mm). Se midió la irradiancia de todos los dispositivos, utilizando un simulador MARC. Se realizaron diez mediciones por dispositivo en cada distancia. Se calculó el tiempo de fotopolimerización para alcanzar 16 J/cm² de energía. Los datos fueron analizados estadísticamente con análisis de varianza unidireccional y método de Tukey pruebas ($p < 0,05$). La distancia de emisión de luz interfirió significativamente con la pérdida de irradiancia para todos los dispositivos de luz de polimerización, con la distancia más lejana generando la menor irradiancia y en consecuencia el mayor tiempo para lograr una energía de 16 J/cm² ($p < 0,01$). Las lámparas mostraron que Valo,

en modo de potencia extra, mostró los mejores resultados. en todas las distancias, seguido por Valo en modo de alta potencia, Valo en modo estándar modo, lámpara halógena Elipar 2, Radii-Cal y Optilux-401 ($p < 0,01$). Estos hallazgos indican que todas las lámparas de polimerización indujeron una pérdida significativa de irradiancia y energía total cuando la luz se emitió más lejos de la guía lumica. El dispositivo Valo en modo de potencia extra mostró la más alta irradiancia y el menor tiempo para alcanzar una energía de 16 J/cm^2 en todas las distancias de curado.

Erik Asmussen

Asmussen, pionero en el estudio del estrés de contracción, identificó que las resinas con mayor porcentaje de Bis-GMA presentan mayor estrés al polimerizar, impacto amplificado cuando la irradiancia se dispersa por mayor distancia [19]. Su investigación usó dilatometría para correlacionar la composición, el modo de polimerización y el estrés, concluyendo que irradiancias subóptimas generan conversiones superficiales insuficientes que dejan la parte interna sin curar, fenómeno exacerbado cuando la luz se aplica a distancia. Aunque datada, sigue siendo referencia obligada para entender la interacción entre composición y parámetros de fotocurado.

El estudio mencionado, midió la contracción de polimerización de un compuesto de resina curado a tres niveles de irradiancia, cada uno alcanzado en seis niveles diferentes de irradiancia. La contracción de polimerización del composite se registró mediante el método de la disco deflector ($n = 5$) durante 1 h después del inicio de la irradiación. Las irradiancias de 50, 100, 200, 400, 800 y 1.000 mW cm^2 , medidas en un radiómetro dental, fueron obtenidos por variación

de la distancia y el voltaje de suministro de una unidad de fotopolimerización comercial.

Aunque el estudio de Asmussen es de 1985, sigue siendo una referencia obligatoria en el análisis de las propiedades físicas de los materiales restauradores. El autor investigó cómo el tipo de resina, su composición química y el método de polimerización afectan la magnitud del estrés de contracción y la dureza final. En sus experimentos se utilizó una fuente de luz halógena y se variaron las distancias de curado para determinar su influencia en la conversión de monómeros. Los resultados mostraron que la irradiancia disminuye significativamente con el aumento de distancia, reduciendo la conversión en capas profundas y afectando la resistencia mecánica general. Asmussen también documentó que los incrementos en el tiempo de exposición no logran compensar totalmente la pérdida de energía lumínica asociada a distancias mayores. Este estudio, aunque realizado hace décadas, establece un precedente científico sólido sobre la relevancia de la distancia en los procesos de fotopolimerización, y aporta fundamentos experimentales que aún son vigentes en investigaciones modernas

Nicoleta Ilie & Katrin Stark

Ilie y Stark estudiaron la polimerización ultrarrápida (3-5 s) con lámparas de alta potencia ($>3\,000\text{ mW/cm}^2$), observando que la profundidad de curado se reduce cuando se incrementa la distancia a 4 mm, pese a la alta irradiancia inicial [20]. También reportaron elevaciones térmicas $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en dentina superficial, subrayando la necesidad de balancear potencia y distancia para evitar sobrecalentamiento. Sus hallazgos impulsan la discusión sobre protocolos “turbo”, sugiriendo prolongar la exposición o acercar la punta para garantizar $\geq 24\text{ J/cm}^2$ sin comprometer la temperatura pulpar.

Tobias T. Tauböck y otros

Tauböck evaluó el impacto de la fotopolimerización de alta intensidad (2850 mW/cm², 3 s) sobre la cinética de contracción y estrés en comparativa con protocolos convencionales (1100 mW/cm², 20 s) [21]. Con celdas de linómetro y análisis de estrés, mostró que la distancia agrava el aumento súbito del estrés en los primeros 10 s pos-curado. Proponiendo un modelo viscoelástico, concluyó que distancias mayores a 4 mm neutralizan las ventajas de los protocolos rápidos y pueden requerir doble exposición. Este estudio es relevante para valorar la interacción entre potencia extrema y distancia clínica.

Allan F. Lima y otros

Lima investigó cómo el diámetro de la punta y la distancia modifican la irradiancia efectiva usando un espectroradiómetro en 18 lámparas LED [22]. Describió que puntas de 7 mm conservan un 15 % más de irradiancia a 4 mm que las de 12 mm debido a una mayor colimación. Propuso coeficientes de corrección específicos para distintas combinaciones de punta y distancia, útiles para estandarizar protocolos clínicos. Sus datos respaldan la inclusión de lámparas con guías de diámetros variados en nuestro muestreo y justifican la medición a múltiples distancias. mdpi.com

Samille B. Miranda y otros

Miranda y colaboradores exploraron el efecto de la fotopolimerización ultrarrápida (3 s, 4000 mW/cm²) sobre la temperatura transdentinal y la viabilidad celular en modelos in vitro [23]. Hallaron incrementos térmicos de 15 °C cuando la lámpara se colocó a 1 mm y una reducción significativa de la viabilidad odontoblástica. Sin embargo, al separar la punta 5 mm la temperatura bajó a 9 °C, pero la energía integrada descendió por debajo del umbral de 24 J/cm²,

comprometiendo la microdureza. Este estudio ilustra el dilema clínico entre distancia, seguridad térmica y grado de conversión, sustentando la necesidad de cuantificar la irradiancia a 0-5 mm para optimizar ambos parámetros.

2.2. Bases teóricas – científicas

Irradiancia mW/cm²

La irradiancia es una medida de la potencia de radiación que incide sobre el área de la circunferencia de la guía de luz y se expresa en mW/cm². En la medida que la irradiación sea mayor se estimulara una mayor cantidad de canforoquinonas (CQ) u otro fotoactivador que incluya la resina compuesta.

En caso de que la irradiancia de la luz esté deficiente en los niveles adecuados, presentará una cantidad de fotones escasos para atravesar las partes más profundas de la restauración, lo cual trae como resultado de coartar el activador presente en esa region, creando así una fotopolimerización superficial deficiente [29].

Cuando las lámparas de fotopolimerización presentan niveles reducidos de irradiancia (menores a 300 mW/cm²), es posible compensar dicha deficiencia incrementando el tiempo de exposición de la luz [30]. Sin embargo, diversos estudios señalan que, para garantizar una fotopolimerización adecuada, la irradiancia mínima recomendada debería superar los 300 mW/cm².

En una investigación de Carrillo y Monroy [31], se señala que una irradiancia superior a 300 mW/cm² permite una fotopolimerización eficiente de las resinas compuestas. Cuando se emplean unidades con potencias entre 200 y 300 mW/cm², es indispensable aumentar el tiempo de exposición para lograr un efecto catalizador equivalente. En contraste, potencias inferiores a 200 mW/cm² resultan no solo ineficaces, sino también potencialmente perjudiciales debido a

una mayor emisión de radiación ultravioleta tipo C, considerada la más nociva para la salud visual. Este tipo de emisión es característica de equipos halógenos antiguos, los cuales, a pesar de sus limitaciones, aún pueden encontrarse en la práctica odontológica cotidiana.

Una investigación de Rueggeberg, Myers, & Caughman [32] recomienda una irradiancia mínima de 400 mW/cm².

Otra investigación, la de Alquria, Al Gady, Khabeer & Ali [33] menciona que, al aplicar una técnica de fotopolimerización continuo de luz debe presentar una irradiancia entre 300 y 600 mW/cm² como mínimo aceptado. Por su parte, Abalos, Jimenez, Hernández, & Jimenez, recomiendan [34] una irradiancia entre 300-800 mW/cm².

Fotoiniciadores

Los iniciadores son moléculas vigentes en las resinas compuestas fotopolimerizables, éstos son excitados por la energía luminica brindada por las unidades de fotopolimerización, activando así la producción de los radicales libres [35].

- **Canforquinonas (CQ)**

Las CQ son el fotoiniciador más comúnmente encontrado en los materiales fotopolimerizables, éstas se activan de manera más efectiva cuando se exponen a una luz cuya longitud de onda sea de 468 nm o cercana; las lámparas de fotopolimerización tradicionales tienen un promedio de longitud de onda de entre 450 y 500 nm, lo cual las hace idóneas para activar las CQ [17].

- **Trimethylbenzoyl-diphenylphosphine (TPO)**

Estas lucerinas han surgido como alternativa a la CQ, tienen un rango de activación en una longitud de onda de entre 375 y 410 nm [25].

- **Phenyl-propanedione (PPD)**

Este iniciador necesita un valor de longitud de onda de 400-410 nm para ser activado ciertamente [17].

- **Ivocerin**

Es otro fotoiniciador reciente, confrontado con la Canforquinona, Ivocerin promete un mayor índice de absorción en el rango visible de luz, una fotoreactividad notablemente mayor y una magnífica estabilidad de color. Teniendo estas cualidades, Ivocerin ha permitido el desarrollo de resinas compuestas estéticas como por ejemplo Tetric EvoCeram® Bulk Fill y Tetric EvoFlow® Bulk Fill. Estas resinas compuestas conceden un fondo de fotopolimerización de hasta cuatro milímetros y alcanzan ser fotopolimerizadas con todas las lámparas comercializadas con una dispensación de luz por 10 segundos [49].

Fotopolimerización

El mecanismo de fotopolimerización se basa en el uso de fotones luminosos que se encargan de vehiculizar la energía, utilizando fotoactivadores que por efecto de la radiación producen radicales libres, capaces de actuar sobre el monómero y desencadenar la reacción [48].

Fibra óptica

El tamaño de la fibra óptica de las lámparas de fotopolimerización es otro factor a tener en cuenta, ya que, si éste es muy pequeño y la restauración es grande, podrían quedar zonas sin polimerizar; para contrarrestar esto se requeriría

una exposición a la luz dividida por zonas, lo cual aumentaría el tiempo necesario. Además, la acumulación de residuos y posibles daños o roturas en la salida de la luz pueden generar pérdidas significativas de niveles de irradiancia [25].

Longitud de onda

La longitud de onda es la distancia existente entre dos puntos, cada uno de ellos ubicado en el mismo lugar del ciclo continuo de repetición de la onda, ésta se mide en nanómetros (nm) y dependiendo de este espectro es el color de luz irradiado [36].

Colimación de luz

Se denomina luz colimada a la luz cuyos rayos son paralelos entre sí, lo que se puede lograr de diferentes formas, siendo la más sencilla hacerla incidir en un espejo cóncavo desde una fuente situada en el foco [50].

Lámparas LED

Las lámparas de uso odontológico para fotopolimerización o lámparas de fotocurado (LCU), son los aparatos de uso más común, utilizados en las clínicas dentales para robustecer o polimerizar materiales restauradores y también como agentes aceleradores para el blanqueamiento dental [37]. Dichas lámparas, son unidades emisoras de luz que, al cumplir con ciertos parámetros, polimerizan diferentes biomateriales fotosensibles. Esta fuente de luz, activa los componentes de los materiales odontológicos, haciendo que los monómeros al enlazarse, se conviertan en polímeros, logrando así la obtención de materiales similares y biocompatibles con la naturaleza del diente.

Lámparas halógenas

A mediados de los años ochenta aparecen las lámparas QTH, siendo éstas las predilectas hasta mediados de los noventa; con respecto a estos dispositivos,

no se presentaron muchos avances puesto que los esfuerzos para la mejora de la polimerización se centraron en avances de la composición de los materiales [38].

Radiómetro

Es el instrumento que permite medir la irradiancia de las LCU, el objetivo de estos es proporcionar un método sencillo para evaluar el rendimiento de la luz emitida por la unidad, para que el odontólogo pueda establecer si la salida de luz ha presentado cambios considerables y, de ser así, se tomen las medidas necesarias para contrarrestarlo [39].

2.3. Definición de términos básicos

Resina compuesta

Material restaurador directo constituido por una matriz orgánica de monómeros dimetacrilatos (p. ej., Bis-GMA, UDMA) y un relleno inorgánico silanizado; se fotopolimeriza para obtener resistencia mecánica y estética [41].

Guía de luz

Barra o fibra óptica desmontable que conduce el haz desde el cuerpo de la lámpara hasta la cavidad; su diseño (diámetro, angulación) modula la irradiancia que llega al material [42].

Longitud de onda (pico)

Longitud de onda a la que el espectro de emisión posee su máxima potencia; para LED dentales suele situarse alrededor de 460 nm y debe coincidir con la absorción del fotoiniciador [43].

Densidad de potencia (Irradiancia, mW/cm²)

Potencia radiante recibida por unidad de superficie; describe cuánta energía (mW) incide sobre cada cm² del material durante la exposición [44].

Distancia de emisión

Separación entre la punta/guía de luz y la superficie del material; al aumentar, la irradiancia y la eficacia de curado disminuyen por divergencia del haz [45].

Tiempo de fotopolimerización (s)

Duración de la exposición lumínica aplicada para inducir la conversión del monómero; depende de irradiancia, espesor y tipo de resina [46].

mW/cm²

Unidad de irradiancia: milivatios de potencia por centímetro cuadrado [47].

J/cm²

Unidad de exposición radiante (fluencia); corresponde a la energía total recibida por cm² e iguala irradiancia × tiempo [44].

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Hi: La distancia de la emisión de luz influye directamente en la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización Pasco-2023.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La distancia de la emisión de la luz a 0 milímetros influye directamente en la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización Pasco-2023.
- b. La distancia de la emisión de la luz a 1 milímetro influye directamente en la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización Pasco-2023.

- c. La distancia de la emisión de la luz a 3 milímetros influye directamente en la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización Pasco-2023.
- d. La distancia de la emisión de la luz a 5 milímetros influye directamente en la irradiancia de las lámparas para fotopolimerización Pasco-2023.

2.5. Identificación de variables:

Variable Independiente

La distancia de emisión de luz

Indicador: Metro

Escala: Razon-Continua

Tipo: Cuantitativo

Instrumento: Regla milimetrada

Variable dependiente

Irradiancia en lámparas

Indicador: Irradiancia expresado en mW/cm^2

Escala: Razón continua

Tipo: Cuantitativa

Instrumento: Radiómetro

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Ver cuadro siguiente:

Variable Independiente	Definición de conceptos	Definición operativa	Tipo de variable	Indicador	Escala de Medición
La distancia de emisión de luz	Se denomina distancia de emisión de luz al espacio que hay entre la guía de luz y la superficie a fotopolimerizar.	Se utiliza para ver como las condiciones de la emisión de luz tienen que ver con la distancia de emisión y como varían.	Cuantitativa	Metros	Razón
Variable Dependiente	Definición de conceptos	Definición operativa	Tipo de variable	Indicador	Escala de Medición
Irradiancia de las lámparas de fotopolimerización	Energía entregada por la lámpara de fotopolimerización que es cociente de la potencia entre el área de la guía de luz	Mostrará la irradiancia de las lámparas	Cuantitativa	mW/cm ²	Razón

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es **aplicada**, cuantitativa y explicativa, porque parte de principios físicos-químicos consolidados y persigue generar pautas clínicas concretas para optimizar la fotopolimerización. El diseño es cuasi-experimental in vitro de corte transversal, dado que la variable independiente (distancia punta-material: 0 mm, 1 mm, 3 mm y 5 mm) se manipula de modo controlado, pero los dispositivos evaluados (once modelos comerciales de lámparas LED) no pueden asignarse aleatoriamente ni modificarse en su potencia inherente. Este enfoque permite aislar la influencia de la distancia sobre la irradiancia y, simultáneamente, conservar validez externa al trabajar con equipos de uso rutinario en la práctica odontológica.

3.2. Nivel de investigación

El estudio tuvo un nivel cuantitativo explicativa.

3.3. Métodos de investigación

Hipotético deductivo: A partir del marco teórico (principio del inverso del cuadrado, dispersión angular y requisitos energéticos ISO 4049) se formula la hipótesis de que el aumento progresivo de la distancia *punta-material* reduce significativamente la irradiancia efectiva. La verificación empírica comprende:

- **Observación:** registro estandarizado de la potencia de salida en cuatro distancias.
- **Formulación de hipótesis:** planteamiento de la relación causal distancia-irradiancia.
- **Experimentación controlada:** medición repetida ($n = 10$) por distancia y modelo de lámpara.
- **Análisis estadístico:** contraste de medias (ANOVA), detección de diferencias inter-grupos (Scheffé) y cálculo de tamaño del efecto.
- **Conclusión deductiva:** aceptación o rechazo de las hipótesis con base en los niveles de significancia establecidos.

Análisis y síntesis: Descomposición de los resultados en patrones específicos de cada lámpara y posterior integración para formular directrices clínicas generales sobre la distancia óptima de fotocurado.

3.4. Diseño de investigación

Experimental in vitro o cuasiexperimental

G1.....X.....O1

G1: Grupo de Investigación

X: Tratamiento, estímulo o condición experimental

O: Medición de los elementos del grupo

3.5. Población y muestra

Población:

En la presente investigación se consideraron las lámparas de fotopolimerización más comúnmente empleadas por los odontólogos de la ciudad de Cerro de Pasco, totalizando 393 unidades. Esta cifra corresponde al número de profesionales colegiados en dicha localidad, lo que permitió una cobertura representativa del equipamiento utilizado en la práctica clínica odontológica regional.

Muestra:

En la presente investigación, la muestra se determinó por el tipo de muestreo probabilístico para muestras finitas. El tamaño muestral, de 140 lámparas de fotopolimerización, se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$N = \frac{p \cdot q \cdot Z^2 \cdot N}{e \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Unidad de investigación

El cuerpo de prueba lo constituirá la lámpara de fotopolimerización

Criterios de inclusión

- Lámparas de fotopolimerización de uso cotidiano en el consultorio dental.
- Diez (10) lámparas LED y una (1) lámparas halógenas en uso.
- Lámparas con guías de luz conservadas.

Criterios de exclusión

- Lámparas de otro tipo de fotopolimerización
- Lámparas en desuso o con fracturas
- Lámparas de arcos de plasma-laser

Nivel de confianza

Se trabajó con un nivel de confianza del 95% y nivel de significancia de 0.05

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Los datos para el desarrollo de la presente investigación fueron obtenidos mediante la técnica de la observación y la experimentación.

Las irradiancias para las distancias de 0, 1, 3 y 5 mm fueron obtenidos mediante la dispensación de la luz de las lámparas de fotopolimerización sobre el sensor del radiómetro, el cual reveló las irradiancias respectivas, las que fueron consignadas en la ficha de recolección de datos, para su posterior análisis mediante el software IBM SPSS Statistics 27

Instrumentos.

- Se utilizó un radiómetro de la marca Woodpecker modelo LM-1 para detectar longitud de onda en una rango de 400 a 500 nm y una intensidad de 0 a 3500 mW/cm² en las lámparas de fotopolimerización.
- Se utilizaron 10 modelos de lámparas LED y un modelo de lámpara halógena, para ser testeadas con el radiómetro. Las especificaciones de éstas son las siguientes:

Optilight Gnatus

- Potencia de entrada: máxima 8 VA
- Batería: Li-ion 3,7 V 2200 mAh
- Longitud de Onda: 420 480nm
- Potencia de la luz: ≥ 1200 mW/cm²
- Programas: Continuo, Rampa y Pulsación

- Tiempos de operación programables: 10, 15 y 20 segundos
- Señal sonora: BIP a cada 5 segundos
- Alimentación: 100-240 VAC 50/60Hz

RTA Minis de Woodpecker

- Inalámbrica.
- Intensidad de luz de 1000 mW/cm² - 1200 mW/cm².
- Longitud de onda de 420 – 480 nm (nanómetros).
- Tiempo programable: 5s, 10s, 20s.
- Ligera y ergonómica.

Super LED Light

- Capacidad de la batería 1400 mAh.
- Voltaje de la batería de litio: 4.2 V
- Temperatura adecuada de trabajo: 5°C-50°C
- Humedad relativa: Menor a 80%
- Longitud de onda: 420-480 nm.
- Intensidad de luz: 1200-2000 mW/cm²
- Embalaje: 240 x 150 x 70 mm
- Peso: 470 gr
- Voltaje de entrada: 110V-240 VAC, 50-60 Hz
- Voltaje de salida: d.c 3.7 V

X Cure Woodpecker

- Intensidad: Según programa.
- Bajo: 200 – 400 mW/cm²
- Medio: 1.000 – 1.200 mW/cm²
- Alto: 2.300 – 2.500 mW/cm²

- Longitud de onda: 385 – 515 nm (Luz azul) Amplio rango
- Peso: 750 gr.
- Dimensiones: 276 x 28mm x 30mm
- Batería: de gran capacidad
- Suministro incluye: 2 fibras ópticas biseladas

Optilux Max de Gnatus

- Alimentación: 100-240 VAC 50/60Hz
- Potencia de entrada: máxima 8 VA
- Batería: Li-ion 3,7 V – 2200 mAh
- Longitud de Onda: 420 – 480nm
- Potencia de la luz: $\geq 1200 \text{ mW/cm}^2$
- Programas: Continuo, Rampa y Pulsación
- Tiempos de operación programables: 10, 15 y 20 segundos
- Señal sonora: BIP a cada 5 segundos
- Peso Neto: 0,39 Kg
- Peso Bruto: 0,98 Kg

One Cure de Woodpecker

- Material del cuerpo: Plástico
- Voltaje de entrada: AC100V – 240V~50Hz/60Hz
- Intensidad de Luz: $5W \geq 2000 \text{mw} / \text{cm}^2$
- Longitud de Onda: 385~515nm
- Efecto Solidificación: 3s/ >2mm de resina
- Medidas: 262.5mm×45mm×28.5mm
- Peso: 208g

I Led II de Woodpecker

- Material del cuerpo: Plástico
- Material de la fibra: Metálica de 10mm cóncava
- Voltaje de entrada: 100V – 240V~50Hz/60Hz
- Intensidad de Luz: $10W \geq 3000mw / cm^2$
- Longitud de Onda: 385~515nm
- Efecto Solidificación: 1s/ 2mm de resina
- Dimensiones: 25mm x 25mm x 240mm
- Peso 278g

I Led I Woodpecker

- Fotocurado en 1 segundo. Hasta 2 mm de profundidad.
- Batería de Litio de 3.7V / 1400 mAh.
- Punta rotatoria a 360 grados.
- Longitud de onda de 420-480 Nm.
- Ultraligera, peso 278 gr.
- Potencia uniforme hasta 2500 mW/cm² .
- Modo Normal: 1000 - 1200 mW/cm² .
- Modo Turbo: 2300 - 2500 mW/cm² .

LED D de Woodpecker

- Cabezal rotatorio intercambiable.
- Ultraliviana (143 gr.).
- Medidas: 32 mm. X 37 mm. X 264 mm.
- Batería reemplazable.
- 3 modos de operación: full, rampa y pulsos.
- 8 intervalos de trabajo: 5', 10', 15', 20', 25', 30', 35' y 40'.

- Memoria automática.
- Sin ventilador ruidoso.
- Autonomía de carga: 200 intervalos de 10'.
- Batería recargable de ion de litio sin carga, funciona conectada al tomacorriente.
- Potencia 850/1000 mW/cm

LED H de Woodpecker

- Material del cuerpo: Metálico
- Material de la fibra: Fibra de vidrio
- Voltaje de entrada: 100V – 240V~50Hz/60Hz
- Intensidad de Luz: $5W \geq 1000\text{mw} / \text{cm}^2 - 1200\text{mw} / \text{cm}^2$
- Longitud de Onda: 385~515nm
- Tamaño $\Phi 25\text{mm} \times 252\text{mm}$
- Peso: 178g

LED F de Woodpecker

- Lámpara inalámbrica de fotocurado silenciosa y ligera (143 gr), fácil de manejar.
- Display LCD a color.
- Radiómetro incorporado.
- Pantalla OLED para poder conseguir una visibilidad desde todos los ángulos.
- Contiene un ventilador interno para evitar el calor.
- Batería de litio recargable. Eficaz transformación de la electricidad en luz.
- La lámpara se puede utilizar más de 250 veces en cada carga.
- Posibilidad de reemplazar la batería.

- Salida estable de la intensidad de la luz, el efecto de la polimerización no se afecta por la disminución de la energía de la batería.
- La lámpara LED F de Woodpecker tiene tres modos de trabajo con memoria automática y difentes criterios de intensidad de luz.
- Longitud de onda 420-480 nm.
- Alta potencia: 1000 mW/cm² .
- Cargador con rango de voltaje 100-240v AC 50/60Hz.

Los datos fueron recopilados en fichas. En ellas se anotaron todos los resultados del proceso de la medición de la irradiancia en mW/cm². Todos los datos fueron codificados para ser ingresados en el software que se utilizó para el tratamiento y análisis de los datos.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Validación-Calibracion: No se realiza la validación porque no es una encuesta. Se realiza el procedimiento de calibración del instrumento utilizado para la investigación (Radiometro de la marca Woodpecker modelo X-cure),que fue realizado por el laboratorio HTL, Laboratorio especializados en ensayos mecánicos de materiales-Especializado en calibraciones con el informe de calibracion IEO-0135-2025.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Los datos coleccionados se ingresaron al software IBM SPSS Statistics 27.
- Se revisaron los datos para examinar datos faltantes o incoherentes.
- Se realizó el análisis de datos para las variables de estudio

3.9. Tratamiento estadístico

Los datos se clasificaron con la finalidad de agrupar y ordenar para el análisis de datos.

El análisis incluyó la prueba estadística de Kolmogorov-Smirlov, con la finalidad de saber si cumple con la distribución normal. Luego, se realizó la prueba de ANOVA para determinar el comportamiento de las medias. A continuación, se utilizó la prueba de Scheffe para saber si las diferencias de las medias de las diferentes muestras son significativas. Para realizar el análisis estadístico, se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 27.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistémica

El diseño de investigación empleada es analítica, con un enfoque cuantitativo, subrayando que los principios éticos son fundamental para asegurar el bienestar del paciente y el respeto por los derechos humanos. El primer deber moral que asume el investigador es “hacer el bien” a sus pacientes, específicamente en el área de la salud bucal. Estos principios de autonomía, Principio de la Justicia, Principios de la Actitud Humanitaria. Pero no olvidemos que debemos brindar la mejor calidad de servicios que sea posible, esto implica que el profesional se mantenga actualizado en sus conocimientos mediante la educación científica continua.

La investigación comparó las irradiancias de las diferentes lámparas de fotopolimerización y determinó cómo afecta la distancia de exposición de la luz en la irradiancia de las lámparas. Dicho estudio, se realizó respetando los protocolos de bioseguridad del área preclínica de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, en el cual se realizaron las mediciones de las diversas lámparas de fotopolimerización.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Luego de obtener la muestra de las lámparas, se realizó la medición de la irradiancia con un radiómetro de la casa comercial Woodpecker. La distancia a la cual se dispensó la luz por un tiempo de 20 segundos, está determinada por el espesor de láminas porta objetos de espesor de 1 mm, a través de las cuales se expuso la luz de la respectiva lámpara. Para registrar los resultados que marcó el radiómetro, se utilizó una ficha de registro. Luego, se ingresó en una base de datos del software IBM SPSS Statistics 27, con la finalidad de realizar el análisis estadístico y obtener resultados que fueron interpretados para su discusión respectiva.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Distancia de la emisión de luz en relación a la irradiancia en lámparas para fotopolimerización

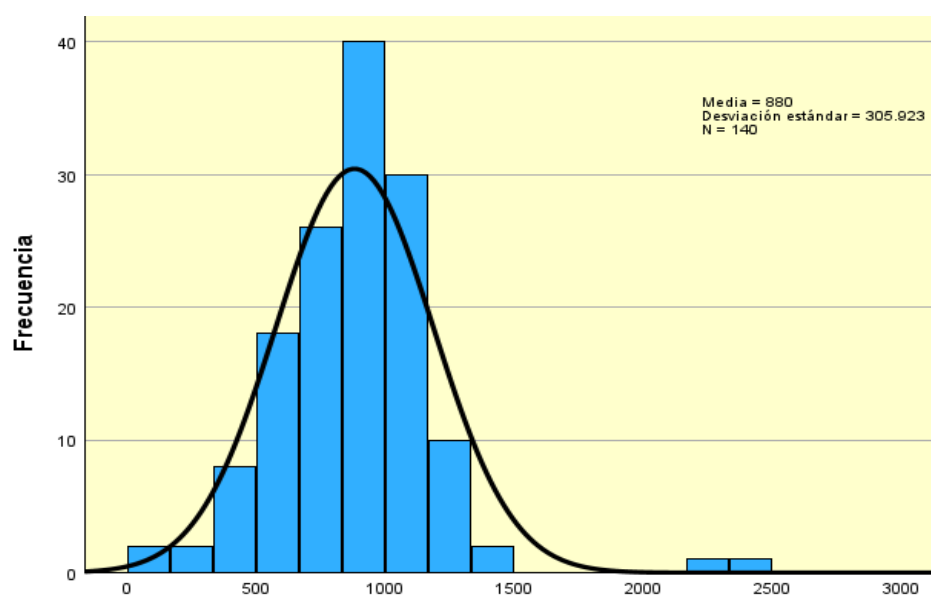
Tabla 1. Irradiancia A 0 mm De Distancia

N	Válido	140
	Perdidos	0
Media		880.00
Mediana		890.00
Moda		1050 ^a
Desv. Estándar		305.923
Varianza		93588.849
Asimetría		1.448
Error estándar de asimetría		.205
Curtosis		7.727
Error estándar de curtosis		.407
Rango		2390
Mínimo		110
Máximo		2500
Suma		123200
tiles	Percentiles	
	25	680.00
	50	890.00
	75	1050.00

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

La **TABLA 1** muestra la irradiancia a 0 mm de distancia. En ésta, se evidencia una media de 880 mW/cm² con rangos de 110 mW/cm² como mínimo y de 2500 mW/cm² como máximo y presenta una desviación estándar de 305.923 mW/cm²

Gráfico 1. Irradiancia A 0 mm De Distancia



Irradiancia (mW/cm^2) a 0 mm de distancia

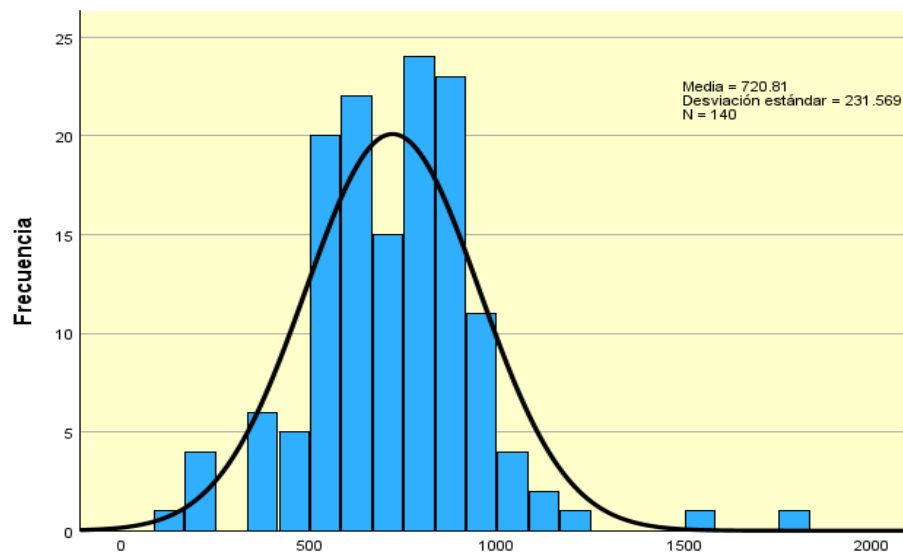
El **GRÁFICO 1** representa una distribución de frecuencia de la irradiancia a 0 mm, el cual presenta una moda de 1050 mW/cm^2 . Podemos observar la curva de Gauss, que tiene la forma de campana sobre el eje horizontal, evidenciando que los datos de la distribución se encuentran en torno al valor central que es de 890 mW/cm^2 , lo cual evidencia una distribución normal aparente.

Tabla 2. Irradiancia A 1 Mm De Distancia

N	Válido	140
	Perdidos	0
Media		720.81
Mediana		710.00
Moda		550
Desv. estándar		231.569
Varianza		53624.301
Asimetría		.627
Error estándar de asimetría		.205
Curtosis		3.317
Error estándar de curtosis		.407
Rango		1660
Mínimo		140
Máximo		1800
Suma		100913
Percentiles	25	570.00
	50	710.00
	75	870.00

La **TABLA 2** muestra la irradiancia a 1 mm de distancia el cual evidencia una media de 720.81 mW/cm² con rangos de 140 mW/cm² como mínimo y de 1800 mW/cm² ,presenta una desviación estándar de 231.569 mW/cm²

Gráfico 2. Irradiancia A 1 Mm De Distancia



Irradiancia (mW/cm²) a 1 mm de distancia

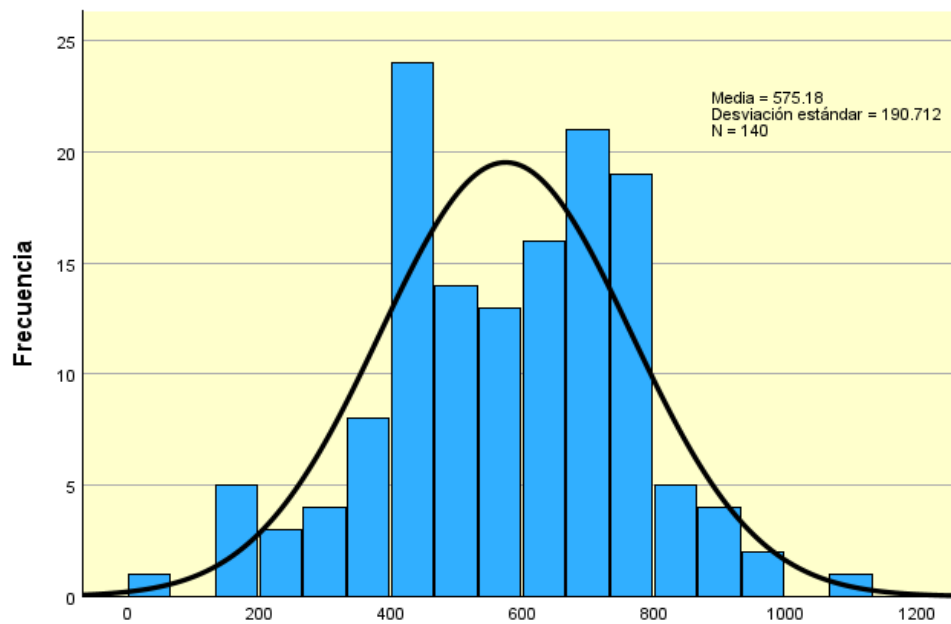
El **GRÁFICO 2** Representa una distribución de frecuencia de la irradiancia a 1 mm el cual presenta una moda de 550 mW/cm² , podemos observar la curva de gauss que tiene la forma de campana sobre el eje horizontal, evidenciando que los datos de la distribución se encuentran en el entorno al valor central que es de 710 mW/cm² , la cual evidencia una distribución normal aparente.

Tabla 3. Irradiancia A 3mm De Distancia

N	Válid		140
	o	Perdid	0
os			
Media			575.18
Mediana			560.00
Moda			750
Desv. estándar			190.712
Varianza			36371.011
Asimetría			-.172
Error estándar de asimetría			.205
Curtosis			-.067
Error estándar de curtosis			.407
Rango			1075
Mínimo			0
Máximo			1075
Suma			80525
ntiles	Perce	25	430.00
		50	560.00
		75	717.50

La **TABLA 3** Muestra la irradiancia a 3 mm de distancia el cual evidencia una media de 575.18 mW/cm² con rangos de 0 mW/cm² como mínimo y de 1075 mW/cm² ,presenta una desviación estándar de 190.712 mW/cm²

Gráfico 3. Irradiancia A 3mm De Distancia



Irradiancia (mW/cm^2) a 3 mm de distancia

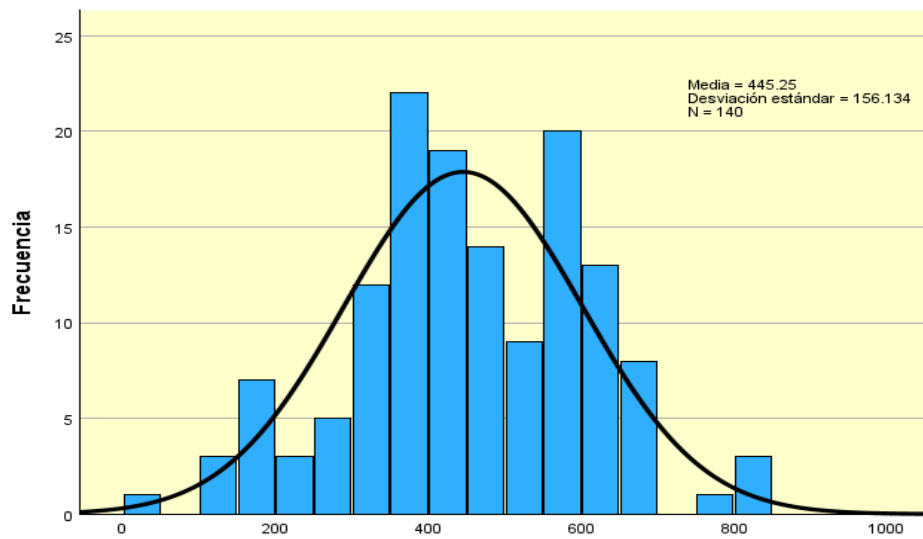
El GRÁFICO 3 Representa una distribución de frecuencia de la densidad de potencia a 3 mm el cual presenta una moda de 750 Mw/cm , podemos observar la curva de gauss que tiene la forma de campana sobre el eje horizontal, evidenciando que los datos de la distribución se encuentran en el entorno al valor central que es de 575.18 mW/cm^2 , la cual evidencia una distribución normal aparente

Tabla 4. Irradiancia A 5 mm De Distancia

N		Válid	140
o			
		Perdid	0
os			
Media			445.25
Mediana			430.00
Moda			350
Desv. Estándar			156.134
Varianza			24377.815
Asimetría			-.130
Error estándar de asimetría			.205
Curtosis			-.078
Error estándar de curtosis			.407
Rango			825
Mínimo			0
Máximo			825
Suma			62335
ntiles	Perce	25	350.00
		50	430.00
		75	560.00

La **TABLA 4** muestra la irradiancia a 5 mm de distancia el cual evidencia una media de 445.25 mW/cm² con rangos de 0 mW/cm² como mínimo y de 825 mW/cm², presenta una desviación estándar de 156.134 mW/cm²

Gráfico 4. Irradiancia A 5 mm De Distancia



Irradiancia (mW/cm^2) a 5 mm de distancia

El GRÁFICO 4 Representa una distribución de frecuencia de la irradiancia a 5 mm el cual presenta una moda de 350 mW/cm^2 , podemos observar la curva de gauss que tiene la forma de campana sobre el eje horizontal, evidenciando que los datos de la distribución se encuentran en el entorno al valor central que es de 445.25 mW/cm^2 , la cual evidencia una distribución normal aparente

Tabla 5. Resumen de los cuatro grupos respecto a la Irradiancia en relación a la distancia de la emisión de luz

		Estadísticos			
		Densidad de potencia a 0mm de distancia	Densidad de potencia a 1mm de distancia	Densidad de potencia a 3mm de distancia	Densidad de potencia a 5mm de distancia
N	Válido	140	140	140	140
	Perdidos	0	0	0	0
Media		880.00	720.81	575.18	445.25
Mediana		890.00	710.00	560.00	430.00
Moda		1050 ^a	550	750	350
Desv. estándar		305.923	231.569	190.712	156.134
Varianza		93588.849	53624.301	36371.011	24377.815
Asimetría		1.448	.627	-.172	-.130
Error estándar de asimetría		.205	.205	.205	.205
Curtosis		7.727	3.317	-.067	-.078
Error estándar de curtosis		.407	.407	.407	.407
Rango		2390	1660	1075	825
Mínimo		110	140	0	0
Máximo		2500	1800	1075	825
Suma		123200	100913	80525	62335
Percentiles	25	680.00	570.00	430.00	350.00
	50	890.00	710.00	560.00	430.00
	75	1050.00	870.00	717.50	560.00

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

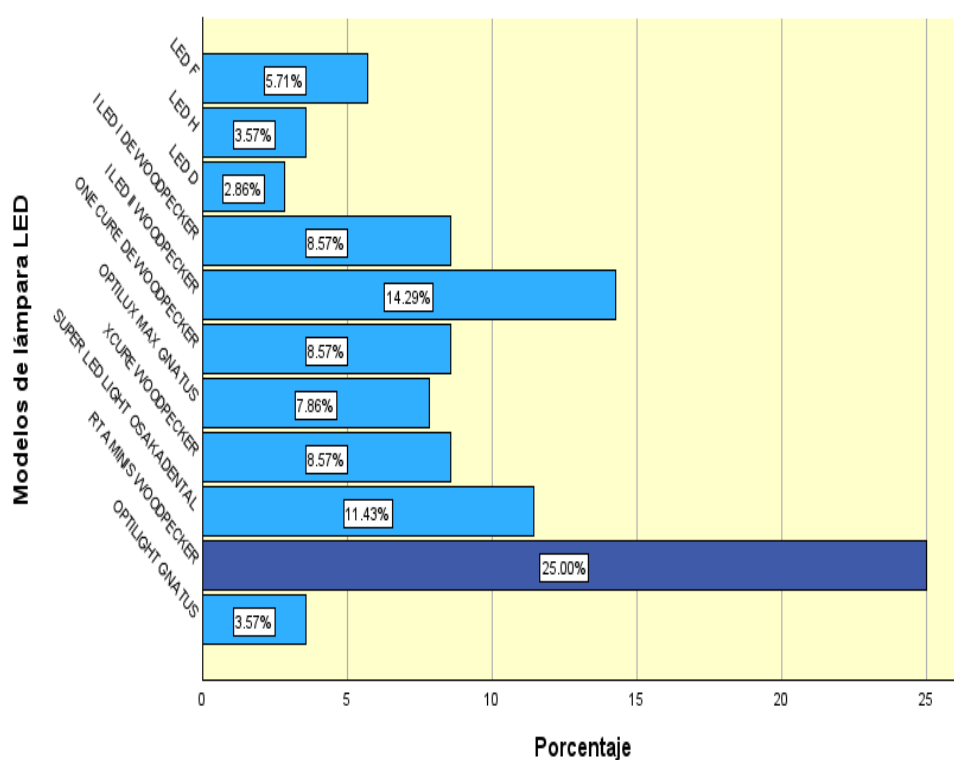
La TABLA 5 Presenta el resumen de la irradiancia de los cuatro grupos en relación con la distancia de la emisión de luz, lo que se puede observar y llama la atención son las medias respectivas de los grupos evaluados, las cuales numéricamente presentan una diferencia significativa. Para 0 mm es de 880 mW/cm², para 1mm es de 720.81 mW/cm², para 3mm es de 575.18 mW/cm² y para 5mm es de 445.25 mW/cm², las cuales serán probadas por la estadística correspondiente si las diferencias de las medias son significativas y guardan una relación de la distancia a la exposición de la luz.

Tabla 6. Modelos de lámparas examinadas en la investigación

Modelos de lámpara LED					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	OPTILIGHT GNATUS	5	3.6	3.6	3.6
	RTA MINIS WOODPECKER	35	25.0	25.0	28.6
	SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	16	11.4	11.4	40.0
	XCURE WOODPECKER	12	8.6	8.6	48.6
	OPTILUX MAX GNATUS	11	7.9	7.9	56.4
	ONE CURE DE WOODPECKER	12	8.6	8.6	65.0
	I LED II WOODPECKER	20	14.3	14.3	79.3
	I LED I DE WOODPECKER	12	8.6	8.6	87.9
	LED D	4	2.9	2.9	90.7
	LED H	5	3.6	3.6	94.3
	LED F	8	5.7	5.7	100.0
	Total	140	100.0	100.0	

Modelos de lámparas y sus respectivos porcentajes

Gráfico 5. Modelos de lámparas y sus respectivos porcentajes



El **GRÁFICO 5** muestra un diagrama de barras con los respectivos porcentajes de los 11 modelos de lámparas de mayor preferencia por los odontólogos de Cerro de Pasco, siendo el de mayor preferencia el **RTA Minis de Woodpecker** con un 25.00%, seguido por **I LED II de Woodpecker** con un 14.29%. También se puede observar la preferencia de utilizar lámparas de la marca Woodpecker de procedencia China, las cuales representan el 90% del total de modelos mencionados en la TABLA 6.

Tabla 7. Obtención de medias

Modelo de lámpara LED			Densidad de potencia a 0mm de distancia	Densidad de potencia a 1mm de distancia	Densidad de potencia a 3mm de distancia	Densidad de potencia a 5mm de distancia
OPTILIGHT GNATUS	N	Válido	5	5	5	5
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	473.00	340.00	232.00	156.00
RTA MINIS WOODPECKER	N	Válido	35	35	35	35
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	687.43	555.29	430.71	325.29
SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	N	Válido	16	16	16	16
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	996.56	766.88	640.63	525.94
XCURE WOODPECKER	N	Válido	12	12	12	12
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	1225.00	997.50	770.83	606.67
OPTILUX MAX GNATUS	N	Válido	11	11	11	11
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	733.18	688.45	563.64	442.27
ONE CURE DE WOODPECKER	N	Válido	12	12	12	12
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	863.75	695.00	530.42	395.00
I LED II WOODPECKER	N	Válido	20	20	20	20
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	1029.50	847.50	682.00	517.50
I LED I DE WOODPECKER	N	Válido	12	12	12	12
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	821.67	674.17	549.17	417.08
LED D	N	Válido	4	4	4	4
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	996.25	850.00	710.00	570.00
LED H	N	Válido	5	5	5	5
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	885.00	756.00	598.00	484.00
LED F	N	Válido	8	8	8	8
		Perdidos	0	0	0	0
		Media	1105.00	925.63	770.63	601.88

La **TABLA 7** presenta los valores obtenidos de las respectivas medias con respecto a las distancias de exposición de la luz. En la tabla, las irradiancias figuran como “Densidad de potencia”.

4.3. Prueba de hipótesis

Análisis para comprobar la distribución normal

Paso 1. Formulación de las hipótesis

- H_0 : Los datos siguen una distribución normal.
- H_1 : Los datos no siguen una distribución normal

Paso 2. Nivel de Significancia

- N.C: 95%
- Alfa: 0.05

Paso 3

Prueba de normalidad de Kolmogorov smirnov

- Si $n > 50$ se aplica Kolmogorov smirnov
- Si $n < 50$ se aplica Shapiro Wilk

Paso 4

- Si $p \text{ valor} < 0.05$ se rechaza H_0
- Si $p \text{ valor} > 0.05$ se acepta H_0

Decisión

Acepto la hipótesis nula porque el p valor es mayor que 0.05 (alfa) lo cual se interpreta que los datos cumplen con una distribución normal de acuerdo con la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov, que se utilizó porque el tamaño de la muestra es mayor de 50, esto permitirá que se pueda utilizar una prueba paramétrica para su comparación.

Tabla 8. Prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov

				Densidad de potencia a 0mm de distancia	Densidad de potencia a 1mm de distancia	Densidad de potencia a 3mm de distancia	Densidad de potencia a 5mm de distancia
Modelo de lámpara LED							
OPTILIGHT GNATUS	N			5	5	5	5
	Parámetros normales ^{a,b}	Media		473.00	340.00	232.00	156.00
		Desv. estándar		294.355	216.910	176.833	127.789
	Máximas diferencias extremas	Absoluta		.262	.326	.237	.241
		Positivo		.262	.326	.237	.241
		Negativo		-.136	-.234	-.229	-.169
	Estadístico de prueba			.262	.326	.237	.241
	Sig. asin. (bilateral) ^c			.200 ^d	.090	.200 ^d	.200 ^d
	Sig. Monte Carlo (bilateral) ^e	Sig.		.315	.080	.466	.442
		Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	.303	.073	.453	.429
			Límite superior	.327	.087	.479	.455
RTA MINIS WOODPECKER	N			35	35	35	35
	Parámetros normales ^{a,b}	Media		687.43	555.29	430.71	325.29
		Desv. estándar		207.043	158.597	140.483	110.400
	Máximas diferencias extremas	Absoluta		.143	.130	.161	.138
		Positivo		.143	.103	.161	.126
		Negativo		-.079	-.130	-.157	-.138
	Estadístico de prueba			.143	.130	.161	.138
	Sig. asin. (bilateral) ^c			.068	.139	.022	.089
	Sig. Monte Carlo (bilateral) ^e	Sig.		.065	.130	.019	.089
		Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	.059	.122	.016	.081
			Límite superior	.072	.139	.023	.096
SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	N			16	16	16	16
	Parámetros normales ^{a,b}	Media		996.56	766.88	640.63	525.94
		Desv. estándar		170.897	130.549	117.812	102.749
	Máximas diferencias extremas	Absoluta		.149	.195	.240	.218
		Positivo		.091	.137	.177	.137
		Negativo		-.149	-.195	-.240	-.218
	Estadístico de prueba			.149	.195	.240	.218
	Sig. asin. (bilateral) ^c			.200 ^d	.104	.015	.041
	Sig. Monte Carlo (bilateral) ^e	Sig.		.439	.104	.016	.042
		Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	.426	.097	.013	.037
			Límite superior	.452	.112	.020	.047
XCURE WOODPECKER	N			12	12	12	12
	Parámetros normales ^{a,b}	Media		1225.00	997.50	770.83	606.67
		Desv. estándar		425.051	286.051	150.919	120.384
	Máximas diferencias extremas	Absoluta		.333	.261	.098	.162
		Positivo		.333	.261	.098	.162
		Negativo		-.189	-.161	-.072	-.113
	Estadístico de prueba			.333	.261	.098	.162
	Sig. asin. (bilateral) ^c			<.001	.024	.200 ^d	.200 ^d
	Sig. Monte Carlo (bilateral) ^e	Sig.		<.001	.025	.989	.508
		Intervalo de confianza al 99%	Límite inferior	.000	.021	.986	.495
			Límite superior	.002	.029	.991	.521
OPTILUX MAX GNATUS	N			11	11	11	11
		Media		733.18	688.45	563.64	442.27

Tabla 9. Pruebas de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Densidad de potencia a 0mm de distancia	Se basa en la media	.563	10	129	.842
	Se basa en la mediana	.318	10	129	.975
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.318	10	63.511	.974
	Se basa en la media recortada	.450	10	129	.918
Densidad de potencia a 1mm de distancia	Se basa en la media	.725	10	129	.699
	Se basa en la mediana	.517	10	129	.876
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.517	10	82.369	.874
	Se basa en la media recortada	.651	10	129	.767
Densidad de potencia a 3mm de distancia	Se basa en la media	.542	10	129	.857
	Se basa en la mediana	.427	10	129	.931
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.427	10	107.692	.931
	Se basa en la media recortada	.519	10	129	.874
Densidad de potencia a 5mm de distancia	Se basa en la media	.348	10	129	.966
	Se basa en la mediana	.208	10	129	.995
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.208	10	109.410	.995
	Se basa en la media recortada	.347	10	129	.966

Análisis para comprobar la homogeneidad de la varianza

Paso 1

- Ho: Los datos cumplen con la homogeneidad de varianza.
- H1: Los datos no cumplen con la homogeneidad de varianza

Paso 2. Nivel de Significancia

- N.C: 95%
- Alfa: 0.05

Paso 3

- Prueba de homogeneidad de varianza de Levene

Paso 4

- Si p valor < 0.05 se rechaza Ho
- Si p valor > 0.05 se acepta Ho

Decisión

Acepto la hipótesis nula porque el p valor es mayor que 0.05 (alfa) lo cual se interpreta que los datos cumplen con la homogeneidad de varianza de acuerdo con la prueba estadística de Levene, esto permitirá utilizar una prueba paramétrica para su comparación.

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Densidad de potencia a 0mm de distancia	Entre grupos	4959165.188	10	495916.519	7.947	<.001
	Dentro de grupos	8049684.812	129	62400.657		
	Total	13008850.000	139			
Densidad de potencia a 1mm de distancia	Entre grupos	3411830.631	10	341183.063	10.889	<.001
	Dentro de grupos	4041947.162	129	31332.924		
	Total	7453777.793	139			
Densidad de potencia a 3mm de distancia	Entre grupos	2489956.972	10	248995.697	12.520	<.001
	Dentro de grupos	2565613.563	129	19888.477		
	Total	5055570.536	139			
Densidad de potencia a 5mm de distancia	Entre grupos	1749188.529	10	174918.853	13.765	<.001
	Dentro de grupos	1639327.721	129	12707.967		
	Total	3388516.250	139			

Análisis para comparar si las medias del grupo son iguales

Paso 1

- Ho: Las medias de los grupos son iguales.
- H1: Las medias de los grupos son diferentes

Paso 2. Nivel de Significancia

- N.C: 95%
- Alfa: 0.05

Paso 3

- Prueba de Anova
- Prueba de Scheffe

Paso 4

- Si p valor < 0.05 se rechaza Ho

- Si $p \text{ valor} > 0.05$ se acepta H_0

Decisión

Rechazo la hipótesis nula porque el p valor es menor que 0.05 (alfa) lo cual se interpreta que las medias de los grupos analizados son diferentes significativamente de acuerdo al análisis estadístico aplicado ANOVA

Análisis para comparar la significancia de las medias intergrupos (Prueba post hoc de Scheffe)

Tabla 10. Irradiancia a 0mm de distancia

Scheffe ^{a,b}		Subconjunto para alfa = 0.05		
Modelo de lámpara LED	N	1	2	3
OPTILIGHT GNATUS	5	4 73,00		
RTA MINIS WOODPECKER	3 5	6 87,43	6 87,43	
OPTILUX MAX GNATUS	1 1	7 33,18	7 33,18	7 33,18
I LED I DE WOODPECKER	1 2	8 21,67	8 21,67	8 21,67
ONE CURE DE WOODPECKER	1 2	8 63,75	8 63,75	8 63,75
LED H	5	8 85,00	8 85,00	8 85,00
LED D	4		9 96,25	9 96,25
SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	1 6		9 96,56	9 96,56
I LED II WOODPECKER	2 0		1 029,50	1 029,50
LED F	8		1 105,00	1 105,00
XCURE WOODPECKER	1 2			1 225,00
Sig.		303 ,	283 ,	88 ,0

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,751.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

La **TABLA 8** muestra los subconjuntos de irradiancia para una distancia de 0mm. Para el subconjunto 1, se observa que no hay diferencias con las 6 primeras lámparas de la tabla por tener un valor de **p** (Sig.) igual a 0.303 que está por arriba del valor de 0.05, por tal motivo se acepta la hipótesis nula que menciona que no hay diferencias.

Para el subconjunto 2, se observa que tampoco hay diferencias con nueve lámparas de la tabla, ya que presenta un valor de **p** de 0.283 que está por arriba de 0.05. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula que se menciona.

Para el subconjunto 3, se observa que tampoco hay diferencias con nueve lámparas de la tabla, ya que presenta un valor de **p** de 0.88 que también está por arriba del 0.05. En consecuencia, se acepta la hipótesis nula que menciona que no hay diferencias con respecto a sus medias.

En la tabla, las casillas vacías indican la presencia de diferencias (con respecto a las medias) entre las lámparas y los subconjuntos relacionados.

Tabla 11. Irradiancia a 1mm de distancia

Scheffe ^{a,b}		Subconjunto para alfa = 0.05		
Modelo de lámpara LED	N	1	2	3
OPTILIGHT GNATUS	5	3 40,00		
RTA MINIS WOODPECKER	5	3 55,29	5 55,29	
I LED I DE WOODPECKER	2	1 74,17	6 74,17	6 74,17
OPTILUX MAX GNATUS	1	1 88,45	6 88,45	6 88,45
ONE CURE DE WOODPECKER	2	1 95,00	6 95,00	6 95,00
LED H	5		7 56,00	7 56,00
SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	6	1	7 66,88	7 66,88
I LED II WOODPECKER	0	2	8 47,50	8 47,50
LED D	4		8 50,00	8 50,00
LED F	8			9 25,63
XCURE WOODPECKER	2	1		9 97,50
Sig.		,074	,289	,162

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,751.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

La **TABLA 9** muestra los subconjuntos de irradiancia para una distancia a 1mm. Para el subconjunto 1, se observa que no hay diferencias con las 5 primeras lámparas de la tabla por tener un valor de **p** igual a 0.074 que está por arriba del valor de 0.05, por tal motivo se acepta la hipótesis nula que menciona que no hay diferencias.

Para el subconjunto 2 se observa un valor de **p** de 0.289, que está por arriba de 0.05, en consecuencia, se acepta la hipótesis nula, que menciona que no hay diferencias.

Para el subconjunto 3 presenta un valor de **p** de 0.162, que también está por arriba del 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que menciona que no hay diferencias.

Las casillas vacías indican la presencia de diferencias (con respecto a las medias) entre las lámparas y los subconjuntos relacionados.

Tabla 12. Irradiancia a 3mm de distancia

Scheffe ^{a,b}		Subconjunto para alfa = 0.05		
Modelo de lámpara LED	N	1	2	3
OPTILIGHT GNATUS	5	2 32,00		
RTA MINIS WOODPECKER	3 5	4 30,71	4 30,71	
ONE CURE DE WOODPECKER	1 2		5 30,42	5 30,42
I LED I DE WOODPECKER	1 2		5 49,17	5 49,17
OPTILUX MAX GNATUS	1 1		5 63,64	5 63,64
LED H	5		5 98,00	5 98,00
SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	1 6		6 40,63	6 40,63
I LED II WOODPECKER	2 0		6 82,00	6 82,00
LED D	4		7 10,00	7 10,00
LED F	8			7 70,63
XCURE WOODPECKER	1 2			7 70,83
Sig.		,564	,084	,253

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,751.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

La **TABLA 10** muestra los subconjuntos de irradiancia a 3 mm.

Para el subconjunto 1, observamos que no hay diferencias con las 2 primeras lámparas de la tabla, por tener un valor de **p** de 0.564 que está por arriba del valor de 0.05, por tal motivo se acepta la hipótesis nula que menciona que no hay diferencias.

Para el subconjunto 2 se observa un valor de **p** de 0.084, que está por arriba de 0.05, por tal motivo se acepta la hipótesis nula, que menciona que no hay diferencias.

Para el subconjunto 3 observamos un valor de **p** de 0.253, que también está por arriba del 0.05. En consecuencia, aceptamos la hipótesis nula, que menciona que no hay diferencias.

Las casillas vacías indican la presencia de diferencias (con respecto a las medias) entre las lámparas y los subconjuntos relacionados.

Tabla 13. Irradiancia a 5mm de distancia

Scheffe ^{a,b}		Subconjunto para alfa = 0.05			
Modelo de lámpara LED	N	1	2	3	
OPTILIGHT GNATUS	5	1 56,00			
RTA MINIS WOODPECKER	3 5	3 25,29	3 25,29		
ONE CURE DE WOODPECKER	1 2		3 95,00	39 5,00	
I LED I DE WOODPECKER	1 2		4 17,08	41 7,08	
OPTILUX MAX GNATUS	1 1		4 42,27	44 2,27	
LED H	5		4 84,00	48 4,00	
I LED II WOODPECKER	2 0		5 17,50	51 7,50	
SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	1 6		5 25,94	52 5,94	
LED D	4			57 0,00	
LED F	8			60 1,88	
XCURE WOODPECKER	1 2			60 6,67	
Sig.		458 ,	194 ,	31 ,1	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8,751.

La **TABLA 11** muestra los subconjuntos de irradiancia a 5 mm.

Para el subconjunto 1, se observa que no hay diferencias con las 2 primeras lámparas de la tabla por tener un valor de **p** de 0.458 que está por arriba

del valor de 0.05 por tal motivo se acepta la hipótesis nula que menciona que no hay diferencias.

Para el subconjunto 2 se observa un valor de **p** de 0.194 que está por arriba de 0.05. En consecuencia, aceptamos la hipótesis nula, que menciona que no hay diferencias.

Para el subconjunto 3 observamos un valor de **p** de 0.131, que también está por arriba del 0.05. Por tal motivo aceptamos la hipótesis nula, que menciona que no hay diferencias.

Las casillas vacías indican la presencia de diferencias (con respecto a las medias) entre las lámparas y los subconjuntos relacionados.

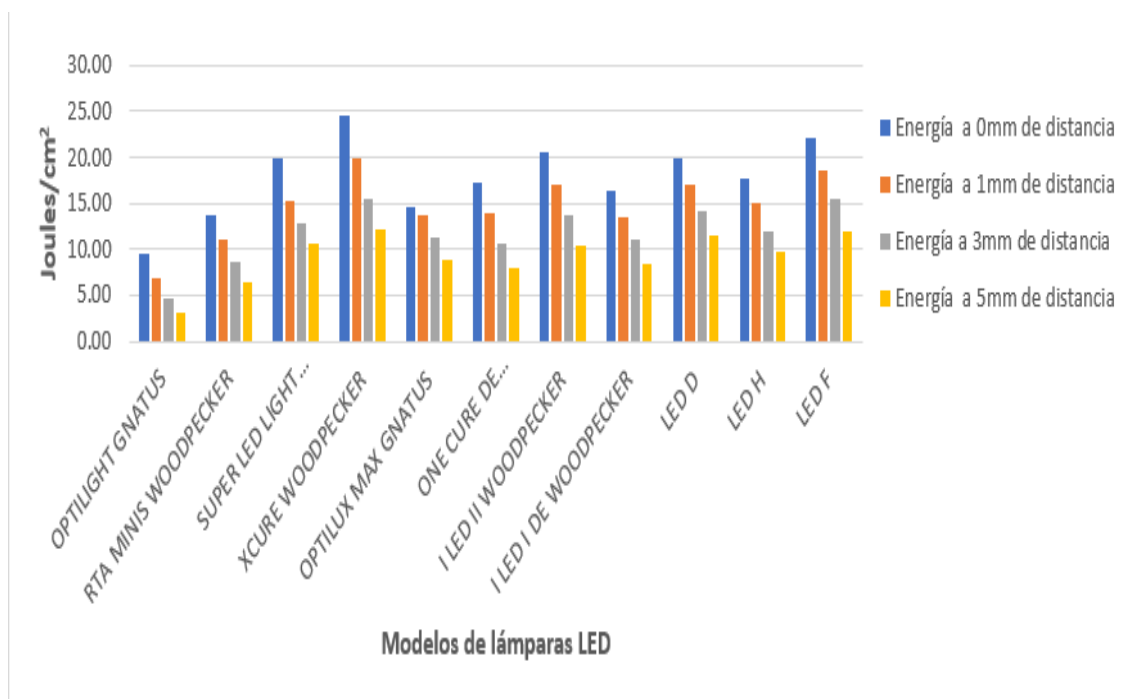
Tabla 14. *Energía (en Joules/cm²) para cada modelo de lámpara y distancia*

Modelo de lámpara LED	Energía a 0mm de distancia	Energía a 1mm de distancia	Energía a 3mm de distancia	Energía a 5mm de distancia
OPTILIGHT GNATUS	9.46	6.80	4.64	3.12
RTA MINIS WOODPECKER	13.75	11.11	8.61	6.51
SUPER LED LIGHT OSAKADENTAL	19.93	15.34	12.81	10.52
XCURE WOODPECKER	24.50	19.95	15.42	12.13
OPTILUX MAX GNATUS	14.66	13.77	11.27	8.85
ONE CURE DE WOODPECKER	17.28	13.90	10.61	7.90
I LED II WOODPECKER	20.59	16.95	13.64	10.35
I LED I DE WOODPECKER	16.43	13.48	10.98	8.34
LED D	19.93	17.00	14.20	11.40
LED H	17.7	15.12	11.96	9.68
LED F	22.10	18.51	15.41	12.04
Medias de la energía (Joules/cm²)	17.85	14.72	11.78	9.17

La **TABLA 12** presenta el resumen de las energías (en J/cm²) a diferentes distancias (0 mm, 1 mm, 3 mm, 5 mm) de los diferentes modelos que prefieren los odontólogos de Cerro de Pasco. Para la medida de 0mm se ha obtenido una media de 17.85 J/cm²; para una distancia de 1 mm, la media es de 14.72 J/cm²;

para la distancia de 3 mm, la media obtenida es de 11.78 J/cm²; y para la distancia de 5 mm, la media es de 9.17 J/cm².

Gráfico 6. *Energía (en Joules/cm²) para cada modelo de lámpara y distancia*



El **GRÁFICO 6** muestra un diagrama de barras con las respectivas medias de la energía en J/cm² de los 11 modelos de lámparas de mayor preferencia por los odontólogos de Cerro de Pasco.

Se observa que el de mayor energía en J/cm² a 0mm es la lámpara XCURE de Woodpecker con un valor de 24.5 J/cm² y la de menor energía es el modelo Optilight de Gnatus con un valor de 9.46 J/cm².

Para la distancia de 1mm, la de mayor energía en J/cm² también es la lámpara XCURE de Woodpecker con un valor de 19.95 J/cm² y la de menor energía es el modelo Optilight de Gnatus con un valor de 6.8 J/cm².

Para la distancia de 3 mm, la lámpara XCURE de Woodpecker, también es la de mayor energía, con un valor de 15.42 J/cm². La de menor energía es el modelo Optilight de Gnatus con un valor de 4.64 J/cm². Para esta distancia,

también se observa que la lámpara LED F con un valor de 15.41 J/cm² está entre las de más alta energía.

Para la distancia de 5 mm, la lámpara XCURE de Woodpecker es la de mayor energía, con un valor de 12.14 J/cm². La de menor energía es el modelo Optilight de Gnatus con un valor de 3.12 J/cm²

4.4. Discusión de resultados:

Los resultados encontrados en la medición de irradiancia de las lámparas de fotopolimerización que son mas utilizadas por los odontólogos de Cerro de Pasco que en su totalidad son 11 modelos de mayor preferencia, Optilight Gnatus, RTA Minis de Woodpecker, Super LED Light, X Cure Woodpecker, Optilux Max de Gnatus, One Cure de Woodpecker, I Led II de Woodpecker, I Led I Woodpecker, Led D de Woodpecker, Led H de Woodpecker, Led F de Woodpecker. En la investigación realizada encontramos una media de 880 mW/cm² para una distancia de 0mm, para una distancia de 1 mm encontramos una media de 720 mW/cm², también para una distancia de 3 mm encontramos una media de 575 mW/cm² y por ultimo encontramos una media para una distancia de 5 mm de 445 mW/cm². La norma ISO 10650 de 2015 menciona que para medir la potencia de las lámparas de polimerización dental recomienda utilizar un medidor de potencia para medir la potencia radiante y dividir esta potencia entre el área de la punta para obtener un valor promedio de irradiancia de la lámpara de polimerización, la norma iso 10650 del 2018 refiere que el promedio de irradiancia es de 1822 mW/cm² [24].

Se menciona que el objetivo debe ser suministrar la energía suficiente y segura para polimerizar la resina adecuadamente sin sobrecalentar el diente ni los tejidos blandos adyacentes, lámparas que ofrecen una irradiancia >2000 mW/cm²

y que afirman tiempos de polimerización inferiores a 10 segundos deben utilizarse con precaución. Generalmente se recomiendan tiempos de polimerización más largos, de 10 a 20 segundos, con un rango de irradiación de 1000 a 1500 mW/cm². [25]. Por ejemplo, si dos lámparas de polimerización emiten la misma potencia radiante, pero una tiene un diámetro de punta de 7 mm y la otra de 10 mm, la punta de menor diámetro tendrá la mitad del área (0,38 cm²) de la mayor (0,79 cm²). Esta disminución en el área de la punta duplicará la irradiancia en la punta, aunque ambas lámparas emitan la misma potencia radiante. Estos diámetros de punta tan pequeños se observan a menudo en lámparas de polimerización económicas que solo necesitan emitir una potencia radiante baja desde una punta pequeña para proporcionar una irradiancia aparentemente aceptablemente alta. Tener presente que la mayoría de los estudios de laboratorio solo evalúan la capacidad de la lámpara de fotopolimerización cuando polimeriza la resina que está directamente debajo de la región central de 4 mm de diámetro, no en los bordes, lo cual hace notar que el efecto de la luz es heterogeneo [26,28]. Se ha sugerido que cada incremento de 2 mm de espesor de resina compuesta debe recibir aproximadamente 16 J/cm² de energía para fotopolimerizar adecuadamente [27,28]. En la investigación realizada el 2023 por Maucoski sobre irradiancia de 12 lámparas de fotopolimerización medidas con radiómetros dentales de 5 marcas, que midió lámparas de fotopolimerización con emisiones de entre 271 y 1005 w de potencia, también presentó irradiancias entre 667 y 1260 mW/cm². En la investigación realizada encontramos también la energía entregada por unidad de área en J/cm². Las medias respectivas para 0 mm de distancia fueron de 17.85 J/cm², para la distancia de 1 mm su media fue de 14.82 J/cm², correspondiente a 3 mm de distancia la media fue de 11.78 J/cm² y

finalmente para 5 mm de distancia la media fue de 9.17 J/cm^2 . En investigaciones anteriores donde también midieron la energía entregada en J/cm^2 , referencia valores para 0mm con una media de energía de 20.55 J/cm^2 , para una distancia de 4 mm mencionan una media de 10.89 J/cm^2 y para una distancia de 8 mm mencionan una energía entregada de 5.66 J/cm^2 respectivamente [18], lo cual al evaluar resultados y poder contrastarlos evidenciamos que hay correspondencia en los valores obtenidos, esto nos hace pensar que la energía que se está entregando para la fotopolimerización es deficiente el cual se evidenciaría en la longevidad de las restauraciones, tener presente que la distancia juega un papel importante en este proceso de fotopolimerización. En la investigación realizada por Price y colegas [26], se muestran resultados con medias de irradiancia para distancia de 1 mm de 1923 mW/cm^2 , para una distancia de 3mm presentó una media de 1610 mW/cm^2 y para una distancia de 5 mm su media fue de 1173 mW/cm^2 , las lámparas testeadas fueron Fusion, Bluephase 16i, Demi y Flash lite magna. La investigación sobre cambios en la irradiancia y la densidad de energía en relación con diferentes distancias de fotopolimerización menciona que el Optilux 401 a una distancia de 0 mm presenta una irradiancia de 482.10 mW/cm^2 , a la distancia de 4mm presenta una irradiancia de 345.95 mW/cm^2 y finalmente a la distancia de 8 mm presenta 169.43 mW/cm^2 . La otra lámpara testada el Raddi-cal, la cual presentó una irradiancia a 0mm de 1412 mW/cm^2 , a 4mm presentó 532 mW/cm^2 y para 8mm fue de 229.78 mW/cm^2 , la otra lámpara que fue testada fue la Elipar 2 que respectivamente presentó irradiancia a 0mm de 1692 mW/cm^2 , para la distancia de 4mm la irradiancia fue de 787.5 mW/cm^2 y para la distancia de 8mm la irradiancia fue de 343.45 mW/cm^2 al observar estos valores nos damos cuenta que la distancia tiene que ver con la irradiancia, lo cual si la irradiancia

son bajas como lo obtenido en la investigación compromete la fotopolimerización de las resinas compuestas y de los productos que presenten en su composición derivados de los metacrilatos, en consecuencia para alcanzar los 16 ó 24 J/cm² se tendría que exponer mayor tiempo para alcanzar lo requerido lo cual podría afectar la salud pulpar, donde alcanzar estos 16J/cm es la irradiancia por el tiempo de exposición. Cabe destacar que todas las lámparas de fotopolimerización perdieron potencia a medida que aumentaba la distancia entre la punta de la guía de luz y el radiómetro [18]. Las lámparas de fotopolimerización más modernas, desarrolladas y traídas al mercado en los últimos años, presentan irradiancias superiores a los 1000 mW/cm², esto permite una mejor fotopolimerización a la vez que se disminuye el tiempo de exposición requerido por las restauraciones el tiempo de fotopolimerización requerido por las lámparas de fotopolimerización del presente estudio debe ser relativamente alto para entregar dosis de exposición radiante adecuada, por lo tanto, se deberían llevar a cabo investigaciones sobre posibles efectos adversos que esto pueda producir, como ejemplo el aumento de la temperatura y la contracción de la restauración.

CONCLUSIONES

1. Conclusión para el objetivo general.

La presente investigación confirma, con un respaldo estadístico sólido (ANOVA, $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,68$), que **la distancia entre la guía de luz de la lámpara y la superficie del material restaurador influye de manera directa, inversa y clínicamente relevante sobre la irradiancia y, por extensión, sobre la energía total entregada durante el fotocurado**. Es por este hecho, que se da por válida la hipótesis de trabajo y se alcanza el objetivo general, que, precisamente fue, analizar dicha influencia. La evidencia empírica demuestra que cada milímetro adicional separa de forma notoria la potencia efectiva y compromete el cumplimiento del umbral energético establecido por la ISO 4049 (16–24 J/cm²), parámetro indispensable para asegurar la adecuada conversión de monómeros y la longevidad de las restauraciones.

2. Conclusión para el primer objetivo específico.

Para una distancia de 0 mm (*a contacto*), las 140 lámparas evaluadas (pertenecientes a 11 modelos comerciales) alcanzaron una **irradiancia media de 880 mW/cm²** y una **energía de 17,85 J/cm²**. Estas cifras no solo superan holgadamente el mínimo requerido por la ISO 4049, sino que permiten que **el 72 % de los modelos cumplan la norma**. En tal sentido, se concluye que el fotocurado en contacto asegura, en la mayoría de los equipos disponibles en la ciudad de Cerro de Pasco, una energía adecuada, favoreciendo la fotopolimerización completa de resinas compuestas y reduciendo la incidencia de fallas tempranas.

3. Conclusión para el segundo objetivo específico.

Al incrementar la distancia a 1 mm **la irradiancia desciende a 720,81 mW/cm² y la energía a 14,72 J/cm²**. Es decir, una reducción aproximada del 19 % respecto

al *contacto* y provoca que únicamente **el 36 % de las lámparas** mantengan la dosis mínima exigida. Aunque algunas unidades de alta potencia aún son capaces de cumplir la norma, la mayoría queda por debajo del umbral, lo que expone al clínico a variabilidad operativa. Se infiere entonces, que a 1 mm ya existe riesgo tangible de subpolimerización, por lo que el operador debe compensar mediante mayor tiempo de exposición o seleccionar lámparas $\geq 1200 \text{ mW/cm}^2$.

4. Conclusión para el tercer objetivo específico.

A 3 mm la pérdida energética se incrementa: **575,18 mW/cm²** de irradiancia media y **11,78 J/cm²** de energía acumulada. El descenso alcanza ya el 35 % comparado con el *contacto* y **ningún modelo (0 %) supera ISO 4049**. La evidencia sugiere que a profundidades cavitarias donde la guía de luz no puede situarse casi en contacto, la probabilidad de curado insuficiente es extremadamente alta, incluso con lámparas consideradas “potentes”. Esto subraya la necesidad de estrategias adicionales, tales como fotocurados secuenciales, incremento del tiempo de exposición o empleo de guías ópticas especiales que minimicen la divergencia del haz.

5. Conclusión para el cuarto objetivo específico.

La distancia máxima estudiada refleja la situación más crítica: **445,25 mW/cm²** de irradiancia y apenas **9,17 J/cm²** de energía media, equivalentes a una pérdida del 49 % frente al contacto. La tasa de cumplimiento de ISO 4049 es **nula (0 %)**. En términos prácticos, ningún dispositivo evaluado asegura la polimerización óptima a 5 mm con un ciclo estándar de 20 s, lo que podría traducirse en restauraciones débiles, microfiltración y mayor riesgo de caries secundaria. Ante este escenario, se recomiendan protocolos de curado incremental y reevaluar los parámetros manufactureros de potencia nominal.

6. Conclusión integradora.

El análisis global confirma que **la distancia es un determinante crítico y dosimétricamente predecible**, regido por la ley del inverso del cuadrado y la divergencia angular de los LED. Se concluye que **solo el fotocurado en contacto o menor igual a 1 mm, complementado con calibración periódica y selección de lámparas de potencia elevada, garantiza la entrega energética compatible con los requisitos internacionales**. La extrapolación de estos hallazgos insta a los profesionales a integrar mediciones de irradiancia en su práctica diaria, a optimizar la geometría de acceso del haz y a actualizar sus equipos conforme a estándares basados en evidencia.

RECOMENDACIONES

1. Debido a la comercialización de lámparas LED en el mercado específicamente en Lima el cual no responde a ningún control de las normas ISO 4049, se recomienda evaluar la irradiancia antes de comprar, esta irradiancia tendría que fluctuar entre 1200 a 1500 mW/cm²
2. De acuerdo a la investigación realizada puedo referir que el efecto de la irradiancia a diferentes distancias tiene relación en todos los procesos de polimerización, por tal motivo recomiendo para futuras investigaciones evaluar las múltiples variables que trae consigo el efecto de la irradiancia.
3. De acuerdo a la investigación realizada la universidad debería implementar laboratorios que permitan realizar pruebas y calibraciones a los instrumentos que se utilizan, para tener la seguridad que estamos trabajando adecuadamente bajo las normativas correspondientes.
4. Se recomienda a los dentistas adquirir sus lámparas de polimerización de fabricantes de renombre que hayan diseñado equipos de alta calidad, probados exhaustivamente seguros y eficaces.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- [1] Price RB, Ferracane JL, Shortall AC, Rueggeberg FA. Light-curing units: a review of what we need to know. *J Dent Res*. 2015;94(9):1179–1186.
- [2] American Dental Association. Dental Curing Lights – Oral Health Topics. ADA; 2023 [en-línea]. Acceso 9 jul 2025. Disponible en: https://www.ada.org/resources/ada-library/oral-health-topics/dental-curing-lights?utm_source=chatgpt.com
- [3] Monte Alto RV, Guimarães JGA, Poskus LT, da Silva EM. Depth of cure of dental composites submitted to different light-curing modes. *J Appl Oral Sci*. 2006;14(2):71-76.
- [4] Nomoto R, McCabe JF, Hirano S. Comparison of halogen, plasma and LED curing units. *Operative Dentistry*. 2004;29(3):287-294.
- [5] Alshaafi MM. Factors affecting polymerization of resin-based composites: a literature review. *Saudi Dent J*. 2017;29(2):48-58.
- [6] Lima AF, Lima DA, Aguiar FH, Marchi GM. Influence of light-curing units on cytotoxicity of resin composites. *Brazilian Dent J*. 2018;29(1):63–68.
- [7] Jandt KD, Mills RW. A brief history of LED photopolymerization. *Dental Materials*. 2013;29(6):605-617.
- [8] Indian Institute of Technology Kanpur (IIT-K). Physics: Light Emitting Diode – How LEDs Work (Electroluminescence). SATHEE educational portal; 2025 [en-línea].
- [9] Price RBT, Felix CA, Andreou P. Effects of resin composite composition and irradiation distance on the performance of curing lights. *Biomaterials*. 2004;25(18):4465-4477.

- [10] Maucoski C, Price RB, Arrais CAG. Irradiance from 12 LED light curing units measured using 5 brands of dental radiometers. *J Esthet Restor Dent*. 2023;35:968–979.
- [11] Soram AA, et al. Effect of light-curing distance on mechanical properties of bulk-fill composites. *J Conserv Dent*. 2022;25(3):241-245.
- [12] Al-Zain AO, Platt JA. Effect of light-curing distance and curing time on composite microflexural strength. *Dental Materials Journal* [Internet]. 2020 Sep 30;40(1):202–8. Available from: <https://doi.org/10.4012/dmj.2020-002>
- [13] Giannini M, Makishi P, Almeida A, Moreira Vermelho P, Marin Fronza B, Nikaido T, Tagami J. Self etch adhesive systems: A literature Review. *Braz Dent J*. 2015 Jan-Mar;26(1).
- [14] Giannini M, Soto-Montero J, Nima G, Dias CTS, Price RB. Influence of beam homogenization on bond strength of adhesives to dentin. *Dental Materials* [Internet]. 2020 Nov 2;37(2):e47–58. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.10.003>
- [15] Breschi L, et al. (2018) "Polymerization efficiency affects immediate and long-term bond strength to dentin" *Journal of Dentistry*, 2018;68:45-54.
- [16] Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl: a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent*. 2002;87(4):364-379
- [17] Soares CJ, et al. Polymerization shrinkage stress of composite resins and adhesive systems. *Braz Dent J*. 2017;28(1):27-36.
- [18] Beolchi. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Braz Oral Res*. 2015;29(1):1-9. doi:10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0060.

- [19] Asmussen E. Restorative resins: influence of type, composition and polymerization mode on shrinkage stress. *Scand J Dent Res*. 1985;93(5):456-460.
- [20] Ilie N, Stark K. Fast curing with high-power curing lights affects depth of cure and temperature rise. *Oper Dent*. 2023;48(1):98-107.
- [21] Tauböck TT, Par M, Attin T, Tarle Z. Effect of rapid high-intensity light-curing on polymerization shrinkage properties of composites. *J Dent*. 2020;101:103448.
- [22] Lima AF, et al. Influence of exposure distance on light irradiance of dental curing units. *Appl Sci*. 2022;14(21):9999.
- [23] Miranda SB, et al. Effect of rapid high-intensity light-curing on transdentinal temperature and cell viability: an in vitro study. *Polymers*. 2024;16(11):1466.
- [24] International Organization for Standardization. *Dentistry — Powered polymerization activators*. ISO 10650:2018. Geneva: ISO; 2018.
- [25] Price RB. Consensus statements on bulk-fill resin composites. *International Dentistry – African Edition*. 2017;7(6):64-68.
- [26] Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light-curing units. *Journal of Dentistry*. 2014;42(2):129-139. doi:10.1016/j.jdent.2013.11.014
- [27] Ayer CD, Price RB, Perry R, Bhatt S. Effect of curing light and restoration location on energy delivered. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2015;36(3):208-214.
- [28] Price RB, Ferracane JL, Hickel R, Sullivan B. The light-curing unit: An essential piece of dental equipment. *Int Dent J*. 2020;70(6):407-417. doi:10.1111/idj.12582.
- [29] Villarroel M, Castañeda J, Mondelli J. Comparação das forças de polimerização de uma resina composta utilizando aparelho halógeno e a base de LEDs. In: 20°

Reunião da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica – SBPQO; 2003 Aug; Abstract 2253.

- [30] Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoret M a. C, Puppini-Rontani RM, Ogliari FA, Piva E. Light-activation of resin cement through ceramic: Relationship between irradiance intensity and bond strength to dentin. *Journal of Biomedical Materials Research Part B Applied Biomaterials* [Internet]. 2007 Sep 5;85B(1):160–5. Available from: <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30928>
- [31] Carrillo Sánchez C, Monroy Pedraza M. Métodos de activación de la fotopolimerización. *Rev ADM*. 2009;LXV(5):18–28.
- [32] Myers ML, Caughman WF, Rueggeberg FA. Effect of restoration composition, shade, and thickness on the cure of a photoactivated resin cement. *J Prosthodont*. 1994 Sep;3(3):149–57.
- [33] Alquria T, Al Gady M, Khabeer A, Ali S. Types of polymerisation units and their intensity output in private dental clinics of twin cities in eastern province, KSA: a pilot study. *J Taibah Univ Med Sci*. 2019 Feb;14(1):47-51. doi:10.1016/j.jtumed.2018.11.008.
- [34] Abalos C, Jiménez A, Hernández J, Jiménez E. Comportamiento de la intensidad de la luz en las lámparas halógenas a través de la resina compuesta. *Dentum*. 2004;4(2):44-9.
- [35] Fadul Ortiz JR, Molina Sánchez CA, Yáñez Meza EA, Luna LE. Profundidad de curado de resinas con diferentes fotoiniciadores polimerizadas con dos lámparas LED. *Universitas Odontológica*. 2008;27(59):15-22.
- [36] Guzmán H. Unidades de fotocurado. *Rev Oper Dent Biomater*. 2000;4:227-41.
- [37] Henry Schein Clínica. *Lámparas de fotopolimerización y fotocurado* [Internet]. Henryschein.es; 2021 [citado 13 de julio de 2025]. Disponible en:

<https://www.henryschein.es/dentalclinica/peque\u00f1a-aparatolog\u00eda/l\u00e9mparas-de-fotopolimerizaci\u00f3n.aspx>.

- [38] Chaple Gil AM, Montenegro Ojeda Y, Álvarez Rodríguez J. Evolución histórica de las lámparas de fotopolimerización. *Rev haban cienc méd*. 2016;15(1):8-16.
- [39] Giannini M, André CB, Gobbo VC, Rueggeberg FA. Accuracy of irradiance and power of light-curing units measured with handheld or laboratory grade radiometers. *Braz Dent J*. 2019;30(4):397-403. doi:10.1590/0103-6440201902430.
- [40] International Organization for Standardization. ISO 4049: Dentistry—Polymer-based restorative materials. 3rd ed. Geneva: ISO; 2019.
- [41] Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38.
- [42] Jandt KD, Watts DC. The light-curing unit: an essential piece of dental equipment. *J Dent*. 2024;139:104605.
- [43] Sims P. What's the difference between peak and dominant wavelength? Luminus Devices FAQ. 2022.
- [44] Watts DC. Light-curing dental resin-based composites: how it works... *Front Dent Med*. 2023;4:1108316.
- [45] Dias CT et al. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Braz Oral Res*. 2014;28:e125.
- [46] Lima GP et al. Influence of light source and extended curing time on degree of conversion and hardness. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(5):603-610.
- [47] LaserPointerSafety.com. Beam diameter & irradiance calculator. 2025.
- [48] Calheiros FC, Kawano Y, Stansbury JW, Braga RR. Influence of radiant exposure on contraction stress, degree of conversion and mechanical properties of resin composites. *Dent Mater*. 2006 Sep;22(9):799-803.

- [49] Ivoclar Vivadent AG. Ivocerin® – a milestone in composite technology [Internet]. Schaan (Liechtenstein): Ivoclar Vivadent AG; 2013 [citado 20 jul 2025]. Disponible en: https://cdn.vivarep.com/contrib/vivarep/media/pdf/2_6111_DZWSpecialfeature2013_20190718183116625.pdf.
- [50] Sánchez Brea LM. Sistemas para la colimación de haces de luz. In: Día Internacional de la Metrología; 2015 May 20; Universidad Complutense de Madrid. Grupo Complutense de Óptica Aplicada; 2015.

ANEXOS

ANEXO N° 01

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA

FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco-2024.

OBJETIVO:

- Evaluar los criterios de selección.

Apellidos y nombres:.....

Edad:Sexo:Fecha:.....

Criterios de evaluación:**Inclusión**

- ✓ Pacientes con el diagnóstico de diabetes. Tipo 1 ☐ Tipo 2 ☐
- ✓ Pacientes con el diagnóstico de gingivitis. ☐
- ✓ Pacientes que acudan al Centro de Salud de Paragsha durante los meses de setiembre a noviembre del 2024. ☐

Exclusión:

- ✓ Pacientes en los que no será posible concretar el seguimiento. ☐
- ✓ Pacientes que hayan tenido antecedentes de tratamiento periodontal correctivo. ☐
- ✓ Paciente embarazada. ☐
- ✓ Pacientes con enfermedades sistémicas concomitante a la diabetes, que agraven el cuadro de diabetes. ☐
- ✓ Pacientes con enfermedades genéticas como síndrome de Down, Papillón Lefevre, etc. ☐
- ✓ Paciente respirador bucal. ☐
- ✓ Fuma frecuentemente cigarrillos. ☐

CONCLUSIÓN:

➤ Paciente APTO (cuando cumple los criterios de inclusión y ningún criterio de exclusión) ☐

➤ Paciente NO APTO (cuando no cumple los criterios de inclusión o cumpliendo estos, tiene por lo menos un criterio de exclusión) ☐

ANEXO N° 02

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE ODONTOLOGÍA ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE ODONTOLOGÍA FICHA DE REGISTRO CLÍNICO

Relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco- 2024.

OBJETIVO:

- Evaluar clínicamente y registrar de la saturación de oxígeno y la severidad de la gingivitis, en paciente diabético con control glicémico.

Apellidos y nombres:

Edad:Sexo:Fecha:

1. Saturación de oxígeno:

Evaluación de la saturación de oxígeno	
(SpO2):	
Normal: 85-92	
Saturación moderadamente baja: 80-84	
Saturación críticamente baja: <80	

2. Severidad de la gingivitis:

LOE Y SILNESS, 1967

- Índice Gingival

*** CARACTERÍSTICAS**

Se utiliza para evaluar el tejido gingival en lo que respecta a los estadios de gingivitis. Se valora la inflamación de cada una de las zonas gingivales del diente (vestibular, mesial, distal y lingual) y se asigna un valor de 0 a 3.

PUNTAJE	CRITERIOS
0	Encía normal
1	Inflamación leve: cambio de color y edema ligero, sin hemorragia al sondeo.
2	Inflamación moderada: enrojecimiento, brillo. Hemorragia al sondeo
3	Inflamación intensa: enrojecimiento y e intensos. Ulceración. Tendencia a hemo

Pieza representativa	Mesial vestibular	Medio vestibular	Distal vestibular	Medio lingual
1.2				
1.6				
2.4				
3.2				
3.6				
4.4				
PROMEDIO				

INFLAMACIÓN DE ENCIAS	PROMEDIO OBTENIDO	CATEGORIZACIÓN
Leve	(0.1-1.0)	
Moderada	(1.1-2.0)	
Severa	(2.1-3.0)	

3. Control glicémico (Diabetes):

Control glicémico	Condición
< 7%: Buen control glucémico	
7-8%: Control glucémico moderado	
8%: Control glucémico deficiente	

ANEXO N° 03

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco- 2024.

El propósito del presente estudio es conocer la relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco- 2024., para este estudio se realizará un proceso de preselección y selección, si Usted es seleccionado es porque presenta el Diagnóstico de gingivitis.

Todos estos procedimientos serán realizados cumpliendo con todas las normas de bioseguridad. Este es un procedimiento simple que durará unos 20 minutos en cada sesión, no es riesgosa para la salud, su participación es voluntaria y no tendrá ningún costo y al final de la evaluación se le hará de su conocimiento los resultados de la investigación, esto para su consideración en su salud.

Los exámenes de preselección y selección se realizarán en el Centro de Salud de Paragsha, ubicado en la Jirón 28 de Julio S/N, distrito de Simón Bolívar en la ciudad de Cerro de Pasco.

Para su asistencia se le comunicará oportunamente con una citación, así mismo usted podrá solicitar su retiro de la investigación cuando lo desee, sin multas ni pérdida de beneficios posteriores del estudio.

Al firmar este documento Usted está aceptando su participación en esta investigación y haber sido informado sobre la misma.

Nombre _____

DNI _____ N° _____

Fecha _____

Firma _____

DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR A CARGO

Yo, _____, certifico que se ha informado al paciente seleccionado sobre el trabajo a realizar, el propósito del mismo y los beneficios a recibir.

Cerro de Pasco, ____ de _____ del _____.

ANEXO N° 04

INFORME SOBRE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS PERSONALES:

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO: MONTESINOS ROBLES IVAN VINICIO
- 1.2. SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN: ANESTESIOLOGO
- 1.3. GRADO ACADÉMICO: MEDICO CIRUJANO
- 1.4. INSTITUCION DONDE LABORA: UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTIN DE AREQUIPA.
- 1.5. INSTRUMENTO MOTIVO DE EVALUACION: Ficha de recolección de datos.
- 1.6. AUTOR DEL INSTRUMENTO: Deysi NACIÓN CHÁVEZ
- 1.7. TITULO DE LA TESIS: Relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco- 2024.

II. ASPECTOS DE VALIDACION:

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE				BAJA				REGULAR				BUENA				MUY BUENA			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																		X		
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables																			X	
3. Actualización	Esta adecuado al nuevo enfoque educativo																		X		
4. Organización	Esta organizado en forma lógica																			X	
5. Suficiencia	Comprende aspectos cuantitativos y cualitativos																			X	
6. Intencionalidad	Es adecuado para valorar los aspectos considerados																	X			
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos - científicos de la Cultura vigente																		X		
8. Coherencia	Entre las variables, dimensiones y los indicadores e ítems																			X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación																		X		
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD: El instrumento fue revisado y considero como aprobado para su aplicación en la investigación.

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

92 puntos

LUGAR Y FECHA: Cerro de Pasco, 01 de octubre del 2024.


FIRMA DEL EXPERTO
 IVAN MONTESINOS R
 ANESTESIOLOGO
 D.N.I. N° 43434367
 TELEFONO N° 951658715

INFORME SOBRE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS PERSONALES:

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO: Nilton Cesar ROSARIO PRADO
1.2. SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN:
1.3. GRADO ACADÉMICO: CIRUJANO DENTISTA
1.4. INSTITUCION DONDE LABORA: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
1.5. INSTRUMENTO MOTIVO DE EVALUACION: Ficha de recolección de datos.
1.6. AUTOR DEL INSTRUMENTO: Deysi NACIÓN CHÁVEZ
1.7. TITULO DE LA TESIS: Relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco- 2024.

II. ASPECTOS DE VALIDACION:

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE				BAJA				REGULAR				BUENA				MUY BUENA			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																		X		
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables																			X	
3. Actualización	Esta adecuado al nuevo enfoque educativo																		X		
4. Organización	Esta organizado en forma lógica																			X	
5. Suficiencia	Comprende aspectos cuantitativos y cualitativos																			X	
6. Intencionalidad	Es adecuado para valorar los aspectos considerados																	X			
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos - científicos de la Cultura vigente																		X		
8. Coherencia	Entre las variables, dimensiones y los indicadores e ítems																			X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación																		X		
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD: El instrumento fue revisado y considero como aprobado para su aplicación en la investigación.

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

92 puntos

LUGAR Y FECHA: Cerro de Pasco, 01 de octubre del 2024.


Nilton Cesar Rosario Prado
Cirurgano Dentista
FIRMA DEL EXPERTO

D.N.I. N° 43231763
TELEFONO N° 945718267

INFORME SOBRE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

I. DATOS PERSONALES:

- 1.1. APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO: OROYA OBANDO ESTRELLA XIMENA
- 1.2. SEGUNDA ESPECIALIZACIÓN: ANESTESIOLOGA.
- 1.3. GRADO ACADÉMICO: MEDICO ANESTESIOLOGA
- 1.4. INSTITUCION DONDE LABORA: HOSPITAL II PASCO - ESSALUD
- 1.5. INSTRUMENTO MOTIVO DE EVALUACION: Ficha de recolección de datos.
- 1.6. AUTOR DEL INSTRUMENTO: DEYSI NACIÓN CHÁVEZ
- 1.7. TITULO DE LA TESIS: Relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco- 2024.

II. ASPECTOS DE VALIDACION:

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE				BAJA				REGULAR				BUENA				MUY BUENA			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado																		X		
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables																			X	
3. Actualización	Esta adecuado al nuevo enfoque educativo																		X		
4. Organización	Esta organizado en forma lógica																			X	
5. Suficiencia	Comprende aspectos cuantitativos y cualitativos																			X	
6. Intencionalidad	Es adecuado para valorar los aspectos considerados																	X			
7. Consistencia	Basado en aspectos teóricos - científicos de la Cultura vigente																		X		
8. Coherencia	Entre las variables, dimensiones y los indicadores e ítems																			X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación																		X		
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																			X	

III. OPINION DE APLICABILIDAD: El instrumento fue revisado y considero como aprobado para su aplicación en la investigación.

IV. PROMEDIO DE VALORACION: 92 puntos

LUGAR Y FECHA: Cerro de Pasco,01 de octubre del 2024.


RA. ESTRELLA OROYA OANDO
ANESTESIOLOGA
C.M.P. 74126
FIRMA DEL EXPERTO

D.N.I. N° 70918158
TELEFONO N° 991352250

ANEXO N°5

PRUEBA PILOTO

Para realizar una prueba piloto de este estudio, se debe seguir una serie de pasos clave:

1. **Objetivo de la prueba piloto:**

Validar los procedimientos y herramientas de medición (saturación de oxígeno e índice gingival) para asegurar la viabilidad del estudio.

2. **Selección de la muestra:**

- **Número de participantes:** Entre 5 y 10% del tamaño de la muestra; total 4 pacientes.
- **Criterios de inclusión:** Pacientes diabéticos diagnosticados con gingivitis que acuden al Centro de Salud de Paragsha.

3. **Instrumentos de medición:**

- **Saturación de oxígeno:** Medición con un oxímetro de pulso.
- **Índice gingival:** Evaluación con el índice de Löe y Silness (0-3).

4. **Procedimiento de recolección de datos:**

- Medir la saturación de oxígeno antes de la intervención.
- Evaluar la inflamación gingival mediante el índice gingival.
- Registrar características demográficas (edad, sexo, tipo de diabetes, control glicémico).

5. **Análisis de fiabilidad:**

- **Coeficiente Alfa de Cronbach:** Para verificar la consistencia interna de los elementos del índice gingival. Un valor de 0.74 indica una fiabilidad **acceptable**.
- **Coeficiente de correlación de Pearson:** Para analizar la relación entre saturación de oxígeno y severidad de la inflamación gingival. Se espera encontrar una correlación moderada negativa.

6. Resultados esperados de la prueba piloto:

- **Alfa de Cronbach:** 0.74, lo que indica una fiabilidad aceptable en la medición del índice gingival.
- **Correlación entre variables:** Un coeficiente negativo moderado (-0.65), sugiriendo que a menor saturación de oxígeno, mayor severidad de la inflamación gingival.

7. Ajustes y recomendaciones:

Ajustar procedimientos si es necesario, y asegurarse de que los instrumentos sean adecuados antes del estudio a gran escala.

Conclusión:

La prueba piloto permite validar la metodología del estudio y obtener un valor de **Alfa de Cronbach = 0.74**, lo que indica fiabilidad aceptable en la medición del índice gingival.

ANEXO 6

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes Diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco-2024”.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cuál es la relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco - 2024?	Analizar la relación entre la saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco – 2024.	Existe una relación inversa significativa entre los niveles de saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco-2024.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
1. ¿Cuáles son las características demográficas de edad, sexo, tipo de diabetes y control glicémico en pacientes diabéticos diagnosticados con gingivitis que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco - 2024? 2. ¿Cuál es la saturación de oxígeno en pacientes diabéticos diagnosticados con gingivitis que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco - 2024? 3. ¿Cuál la severidad de la inflamación gingival en base a parámetros clínicos como el índice gingival en pacientes diabéticos diagnosticados con gingivitis que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco - 2024? 4. ¿Cuál es la relación entre los niveles de saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco - 2024?	1. Conocer las características demográficas de edad, sexo, tipo de diabetes y control glicémico en pacientes diabéticos diagnosticados con gingivitis que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco – 2024. 2. Medir la saturación de oxígeno en pacientes diabéticos diagnosticados con gingivitis que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco – 2024. 3. Evaluar la severidad de la inflamación gingival en base a parámetros clínicos como el índice gingival en pacientes diabéticos diagnosticados con gingivitis que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco – 2024. 4. Determinar la relación entre los niveles de saturación de oxígeno y la severidad de la inflamación gingival en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco – 2024.	1. Las características demográficas, como la edad, el sexo, el tipo de diabetes y el control glicémico, están asociadas significativamente con la severidad de la inflamación gingival en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco – 2024. 2. Los pacientes diabéticos con niveles bajos de saturación de oxígeno presentan una mayor prevalencia de inflamación gingival en comparación con aquellos con niveles normales de saturación de oxígeno en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco-2024. 3. Los pacientes diabéticos con mayor severidad de inflamación gingival, evaluada mediante el índice gingival, presentarán niveles más bajos de saturación de oxígeno en pacientes diabéticos que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco-2024. 4. La disminución de la saturación de oxígeno se correlaciona significativamente con un aumento en los parámetros clínicos que miden la severidad de la inflamación gingival en pacientes que acuden al Centro de Salud de Paragsha, Pasco-2024.

ANEXO N°7



GOBIERNO REGIONAL DE PASCO
DIRECCION REGIONAL DE SALUD
MICRORED SIMON BOLIVAR
IPRESS PARAGSHA



“Año del bicentenario, de la consolidación de nuestra independencia y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CONSTANCIA

El que suscribe, jefatura del área de odontología del centro de salud Paragsha, el C.D. Nilton Cesar ROSARIO PRADO:

Mediante el presente documento HACE CONSTAR, que la **Bach. Deysi Nación Chavez**, identificado con DNI N° 41688340, ha realizado el trabajo de investigación titulado:

“RELACION ENTRE LA SATURACION DE OXIGENO Y LA SEVERIDAD DE LA INFLAMACION GINGIVAL EN PACIENTES DIABETICOS QUE ACUDEN AL CENTRO DE SALUD DE PARAGSHA 2024”; del cual tuvo el campo clínico para utilizar las instalaciones y los equipos de esta institución con el fin de realizar esta investigación.

Se expide el presente documento a solicitud de la interesada, para los fines que crea conveniente.

Cerro de Pasco, diciembre 05 del 2024

Atentamente,

*Calle Vista Alegre s/n – José Carlos Mariátegui Sector 1
Centro Poblado Paragsha – Distrito de Simón Bolívar – Cerro de Pasco - Pasco*

ANEXO N°8

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS DE LA INVESTIGACIÓN

EVALUACION DE PACIENTES EN EL CENTRO DE SALU PARAGSHA

EVIDENCIAS 1

