

**Nelly Quispe  
Betsy Quispe**

**Evaluación de tres técnicas de fotopolimerización  
con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva  
de resina compuesta de nanopartículas**

**DOI: 10.35622/inudi.b.010**



**EDITADA POR  
INSTITUTO  
UNIVERSITARIO  
DE INNOVACIÓN CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA INUDI PERÚ**



**Nelly Quispe**

<https://orcid.org/0000-0003-0897-2931>

Catedrática afiliada a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Puno, Perú

**Betsy Quispe**

<https://orcid.org/0000-0002-2348-4875>

Catedrática afiliada a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Puno, Perú

# **Evaluación de tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas**

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.010>



**Nelly Quispe**

<https://orcid.org/0000-0003-0897-2931>

Catedrática afiliada a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Puno, Perú

**Betsy Quispe**

<https://orcid.org/0000-0002-2348-4875>

Catedrática afiliada a la Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Puno, Perú

# **Evaluación de tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas**

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.010>



Evaluación de tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas

Nelly Beatriz Quispe Maquera  
Betsy Quispe Quispe  
(Autoras)

ISBN: 978-612-48813-6-7 (PDF)

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-02835

DOI: 10.35622/inudi.b.010

Editado por Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.  
Urb. Ciudad Jardín Mz. B3 Lt. 2, Puno – Perú  
RUC: 20608044818  
Email: editorial@inudi.edu.pe  
Teléfono: +51 973668341  
Sitio web: <https://editorial.inudi.edu.pe>

Primera edición digital  
Puno, marzo de 2022

Libro electrónico disponible en <https://doi.org/10.35622/inudi.b.010>

Editores:  
Wilson Sucari / Patty Aza /Jannina Quilca

Diseño de portada:  
David Paucar Condori

*Las opiniones expuestas en este libro es de exclusiva responsabilidad del autor/a y no necesariamente reflejan la posición de la editorial.*

*Publicación sometida a evaluación de pares académicos (Peer Review Doubled Blinded)*

*Publicado en Perú / Posted in Peru*



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.





# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS .....	10
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
INTRODUCCIÓN .....	14
EL PROBLEMA.....	16
1.1    ANÁLISIS DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA.....	16
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	17
1.3    JUSTIFICACIÓN DE INVESTIGACIÓN .....	17
1.4    OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	18
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	18
MARCO TEÓRICO.....	20
1.5    ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.5.1 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	20
1.5.2 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	21
1.6    RESINAS COMPUESTAS.....	22
1.6.1 <i>Definición</i> .....	22
1.6.2 <i>Avance de las resinas compuestas</i> .....	23
1.6.3 <i>Composición</i> .....	24
1.6.4 <i>Otros componentes</i> .....	25
1.6.5 <i>Clasificación de las resinas</i> .....	26
1.7    FOTOPOLIMERIZACIÓN DE LAS RESINAS .....	30
1.7.1 <i>Definición de fotopolimerización</i> .....	30
1.7.2 <i>Factores que intervienen en la fotopolimerización</i> .....	31
1.7.3 <i>Fases de la resina en la fotopolimerización</i> .....	35
1.7.4 <i>Técnicas de polimerización con Luz Emitida por Diodos</i> .....	37
1.7.5 <i>Tipos de lámparas de fotocurado</i> .....	38
1.8    RESISTENCIA COMPRESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS .....	40
1.8.1 <i>Resistencia compresiva de un cuerpo</i> .....	40
1.8.2 <i>Propiedades mecánicas de las resinas</i> .....	43
1.9    HIPÓTESIS .....	44
1.9.1 <i>Hipótesis específicas</i> .....	44
1.10    VARIABLES .....	45
1.10.1 <i>Variable independiente</i> .....	45
1.10.2 <i>Variable dependiente</i> .....	45
1.11    OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	45
PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	46
1.12    MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	46
1.13    DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
1.14    POBLACIÓN Y MUESTRA .....	46
1.14.1 <i>Población</i> .....	46
1.14.2 <i>Muestra</i> .....	46
1.15    TÉCNICAS, FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	47
1.15.1 <i>Técnica</i> .....	47

1.15.2 <i>Instrumentos</i> .....	48
1.15.3 <i>Procedimiento para la recolección de datos:</i> .....	48
1.16 DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	49
1.17 ESTILO O NORMAS DE REDACCIÓN .....	50
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
1.18 RESULTADOS .....	51
1.18.1 <i>Interpretación</i> .....	52
1.18.2 <i>Interpretación</i> .....	53
1.18.3 <i>Interpretación</i> .....	53
1.18.4 <i>Interpretación</i> .....	54
1.18.5 <i>Interpretación</i> .....	55
1.19 HIPOTESIS .....	56
1.19.1 <i>Formulación de hipótesis</i> .....	56
1.20 NIVEL DE SIGNIFICANCIA .....	56
1.20.1 <i>Interpretación</i> .....	57
1.21 DISCUSIÓN .....	58
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>61</b>
1.22 CONCLUSIONES .....	61
1.23 SUGERENCIAS .....	62
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen del procesamiento de los casos.....	51
<b>Tabla 2.</b> Datos descriptivos de la técnica de fotopolimerización con luz intensa. ....	52
<b>Tabla 3.</b> Resumen del procesamiento de los casos.....	53
<b>Tabla 4.</b> Técnica de fotopolimerización con diodo emisor de luz. ....	54
<b>Tabla 5.</b> Prueba de ANOVA.....	55
<b>Tabla 6.</b> Técnicas de fotopolimerización de resinas.....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: resumen del procesamiento de los casos.....	51
Figura 2: Luz intensa .....	52
Figura 3: Luz en rampa.....	53
Figura 4: Luz intermitente .....	54
Figura 5: Prueba ANOVA .....	55
Figura 6: Técnicas de fotopolimerizacion de resinas .....	57

## RESUMEN

Este libro es una adaptación de una tesis presentada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca, cuyo objetivo fue la evaluación de tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas. En la Metodología el estudio, es de nivel explicativo, de corte transversal y cuasi-experimental, en los materiales y métodos se elaboraron sesenta cilindros de resina compuesta de nanopartículas de la marca 3M™ Filtek™ Z350 XT de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura, los cuales se dividieron en tres grupos de 20 cilindros de resina compuesta cada uno, en donde cada grupo fue fotopolimerizado con las tres diferentes técnicas por 20 segundos con lámpara de diodo emisor de luz marca Woodpecker modelo LED.D; el grupo 1 ( $N=20$ ) fue polimerizado con técnica de luz intensa, el grupo 2 ( $N=20$ ) con técnica de luz en rampa y finalmente el grupo 3 ( $N=20$ ) con técnica de luz intermitente. Posteriormente fueron sometidas a cargas en kilogramos en la máquina para ensayos Marshall MA-75, donde se midió la resistencia compresiva de los cilindros de resina. Los resultados se constituyeron en tablas utilizando estadística descriptiva, además de las pruebas estadísticas se empleó la prueba de ANOVA en donde se obtuvo  $P = 0.000$  lo que indicó que si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los valores de las técnicas de fotopolimerización. Como conclusión tenemos que se presenta diferencias estadísticas en la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas, al ser fotopolimerizada con las tres diferentes técnicas, obteniéndose que la resistencia compresiva con técnica en rampa tuvo valores mayores que la luz intensa y luz intermitente respectivamente.

**Palabras clave:** técnicas de fotopolimerización, resistencia compresiva, resina de nanopartículas.



## INTRODUCCIÓN

La amalgama dental como material de restauración ampliamente empleado por más de 100 años, en restauraciones de dientes posteriores. Sin embargo, las nuevas demandas de estética dental y los problemas concernientes con la toxicidad del mercurio, lograron que sea necesario buscar alternativas a este material.(1) El éxito del empleo de las resinas compuestas para realizar el tratamiento de restauraciones de dientes anteriores y posteriores ha sido por la adhesión de este material a las estructuras dentarias por lo que hace que su uso se haya difundido últimamente.(2)

Las resinas compuestas se insertaron en el mercado en los años 60 y desde entonces se han utilizado con demasiado éxito para la restauración de dientes del sector anterior. A partir de los años 80 aparecieron resinas particularmente diseñadas para dientes posteriores pero su aceptación ha sido más ambigua y polémica. Ello se debe a que los problemas y limitaciones que presentan las resinas compuestas específicamente en el sector posterior debido a la poca resistencia compresiva y por ello a presentar fracturas del material en restauraciones de dientes posteriores esto debido a las fuerzas masticatorias (1).

En el 1995 aparece una iniciativa innovadora de la fotopolimerización a través de luz emitida por diodos, en la que fusiones de semiconductores son empleados para formar luz; además de la generación de menor calor y gastar menor energía. Las unidades de con luz de emisión de diodos poseen una intensidad de onda de 400 a 500 nm, intervalo muy próximo a la absorción de los fotoiniciadores que se encuentran en las resinas compuestas. La potencia de las lámparas L.E.D. está en los intervalos entre los rangos de  $350\text{mW/cm}^2$ - $1400\text{mW/cm}^2$ . Estos aparatos han sustituido gradualmente los aparatos de lámpara halógena y han dominado el mercado de fuentes de luz. Sin embargo, el aumento de la irradiación, especialmente de los que poseen más de  $1000\text{mW/cm}^2$ , han hecho que estos LEDs promuevan el calentamiento en el material restaurador resinoso.(3) Existe una diversidad de técnicas de fotopolimerización que se rigen en el principio de comenzar con una fotopolimerización con mínima intensidad de luz y culminar la polimerización con una mayor intensidad de luz. De esta manera se consigue que se prolongue el proceso de fotopolimerización.

“Las propiedades mecánicas de las resinas compuestas como material restaurador son un principio decisivo en su comportamiento clínico. La resistencia compresiva, resistencia a la tensión y la resistencia flexural, son cualidades que están relacionadas con la constitución del material (matriz inorgánica, matriz orgánica) y consiguen ser alterados por las particularidades de la fuente de luz”.(4)

“Considerables investigaciones demostraron que el grado de conversión de las resinas compuestas, es un codeterminante de las características mecánicas del polímero. Asimismo, el nivel de transformación al polímero, es a consecuencia de la luz incidente, la potencia y el tiempo en el material con la finalidad de impulsar el fotoiniciador y comenzar la reacción en secuencia”. Por lo tanto, Estas técnicas de fotopolimerización, que si bien es cierto favorecen a las propiedades de las resinas en su gran mayoría a la disminución del nivel de microfiltración, se desea que paralelo a ello tengan un efecto positivo en las propiedades mecánicas de estos materiales.

Además, coexisten distintos principios que deberían considerarse que pueden dificultar la calidad de la fotopolimerización de las resinas compuestas, como es la técnica de fotopolimerización.

Se consideró oportuno valorar comparativamente tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz (LED) en la resistencia a compresión de las resinas compuestas de nanopartículas.

El objetivo es proporcionar una polimerización más adecuada, pues se han lanzado en el mercado odontológico diversos aparatos fotopolimerizadores, los cuales se diferencian por el tipo de fuente de luz utilizada, variación en el intervalo de longitud de onda, tipo de pulso e intensidad de luz. Esta variedad ha causado dudas a los profesionales de Odontología, especialmente en lo que se refiere a la selección del aparato más efectivo en el proceso de polimerización y la técnica adecuada de fotopolimerización de las resinas compuestas.

## EL PROBLEMA

### 1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACION PROBLEMÁTICA

Es de conocimiento, que existen diferentes causas de la pérdida del tejido dentario, sea por como la caries, hipoplasias, traumatismos, que el profesional odontólogo tiene que dar solución con la odontología restauradora, en donde se da prioridad desde el diagnóstico, planificación de tratamiento y pronóstico de las piezas dentarias que no ameriten una cobertura completa para su solución; que involucra la restauración de la forma, la función y la estética dentaria correcta a fin de mantener la integridad de las piezas dentarias en relación fisiológica con los demás tejidos adyacente del sistema estomatognático a fin de optimizar la salud general, no sólo fisiológico sino psicosocial del paciente.

Por mucho tiempo el material ideal, confiable y económico para la tarea de las restauraciones dentales fue la aleación de amalgama de plata, que realizada con una adecuada técnica, tiene longevidad clínica a largo plazo con exitoso adecuado en sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión. Entonces se investigaron encontrándose opciones a las exigencias estéticas de este material, buscando su eliminación, por la carencia de estética, a fin de evitar la preparación cavitaria tan agresivo, amplio y mutilante. Por lo que actualmente este material esta siendo reemplazado por las resinas compuestas.

La estética dental en general se ha convertido una meta para las personas y en ocasiones hasta una obsesión, lo mismo sucede con la estética dental; que, debido a la gran demanda de estética a todo nivel en la sociedad moderna, donde para conseguirla la odontología restauradora desempeña un papel de suma importancia, a tal punto que no solo es una petición de los pacientes, sino va acompañado de una alta exigencia ante el profesional en la Odontología.

Con el objetivo de mejorar y proporcionar una polimerización adecuada, se tiene en el mercado odontológico diversos tipos de aparatos fotopolimerizadores, los cuales se diferencian por diversas cualidades como, el tipo de luz utilizada, variación en el intervalo de longitud de onda, tipo de pulso e intensidad de luz. Esta diversidad ha causado dudas a los profesionales de Odontología, principalmente en lo que se refiere a la selección del

aparato y la técnica ideal que sea más efectivo en el proceso de fotopolimerización de los composites.

Actualmente las unidades de fotopolimerización con luz emitida por diodos, son las de mejor elección debido a la durabilidad, eficacia, ser ligero y de fácil manipulación debido a las diferentes y sencillas técnicas de programación. Hoy en nuestro mercado es de gran aceptación las lámparas led de la línea Woodpecker.

Por lo que nos planteamos las siguientes interrogantes:

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Objetivo general**

¿Cuál será el resultado de la evaluación de tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas, Puno – 2017?

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- ¿Cuál será la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz intensa usando diodo emisor de luz?
- ¿Cuál será la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz en rampa usando diodo emisor de luz?
- ¿Cuál será la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz intermitente usando diodo emisor de luz?
- ¿Cuál será el resultado al comparar la resistencia compresiva en Mega pascales (Mpa) de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz intensa, intermitente y en rampa usando diodo emisor de luz?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN DE INVESTIGACIÓN**

Se refiere que hoy es obligatorio que el profesional en Odontología este acorde al avance en cuanto al conocimiento de los de los biomateriales dentales que se emplean en el trabajo diario de la profesión odontológica, es necesario reconocer las cualidades físicas de las resinas compuestas al ser fotopolimerizadas con tres técnicas de fotopolimerización.

Los argumentos se dieron en torno a los siguientes criterios:

**ORIGINALIDAD:** Se considera que el aporte, es innovador por que no se han encontrado estudios relacionados que comparan las técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz y su influencia en la resistencia compresiva de las resinas de nanopartículas en la región de Puno. Si bien hay estudios, estas solo son de comparación entre unidades de luz halógena y por unidades de diodo emisor de luz de diferentes resinas compuestas.

Es por ello que considero de gran importancia realizar investigaciones que permitan conocer más acerca de las técnicas de fotopolimerización con lámparas de diodo emisor de luz de las resinas compuestas, y con influyen en la resistencia compresiva de este material, porque la odontología restauradora requiere de materiales que resistan las fuerzas durante la masticación.

**RELEVANCIA CIENTÍFICA**, porque el fin de todo trabajo de investigación es ampliar los conocimientos, en este caso específicamente sobre este nuevo aporte en cuanto a las técnicas de fotopolimerización que se desarrollaron con el fin de lograr mejoras en las propiedades en concreto de la resistencia compresiva de las resinas compuestas.

**RELEVANCIA SOCIAL**, porque a través de este estudio se pudo contribuir en mejorar la resistencia de la resina compuesta a través del mejor empleo de la técnica de fotopolimerización con diodo emisor de luz, y con ello lograr que el paciente tenga una mejor atención, calidad en el campo de la odontología restauradora y basada en la evidencia científica.

**ACTUALIDAD**, porque se dio respuesta a interrogantes de importancia, los cuales fueron absueltas a través de un estudio relevante y científico.

**VIABILIDAD**, pues se tuvo la disponibilidad como la infraestructura, equipos, materiales y fácil manipulación de las unidades objeto de estudio.

**INTERÉS PERSONAL**, la presente investigación se justificó en el ímpetu de conocer más acerca de esta cualidad de la resina compuesta, relacionándola con las diferentes técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz (LED).

## **1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas, Puno – 2017.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz intensa usando diodo emisor de luz.
- Determinar la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz en rampa usando diodo emisor de luz.
- Determinar la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica luz intermitente usando diodo emisor de luz.
- Comparar la resistencia compresiva de una resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz intensa, intermitente y en rampa usando diodo emisor de luz.

## MARCO TEÓRICO

### 1.5 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.5.1 Antecedentes internacionales

Schneider AC, Mendonça MJ, Rodrigues RB, Busato PM, Camilotti V. Paraná – Brasil (2016). En este artículo cuyo Título “Influência de três modos de fotopolimerização sobre a microdureza de três resinas compostas”. La fotopolimerización de las resinas compuestas es esencial para obtener una adecuada dureza capaz de resistir a los esfuerzos masticatorios. Siendo el objetivo evaluar la influencia de las técnicas de fotopolimerización convencional, Soft-start y Pulso retrasado en la microdureza Knoop de tres resinas compuestas. En materiales y métodos, se efectuó la confección de los cuerpos de prueba, en las que emplearon las resinas compuestas Filtek Z350 (3M ESPE), Empress Direct (IvoclarVivadent) y P90 (3M ESPE). Se obtuvieron nueve grupos experimentales y utilizaron la técnica de polimerización. Posterior a veinticuatro horas de la fotopolimerización se ejecutó la prueba de microdureza Knoop. En los resultados se tuvo que la resina compuesta Filtek Z350 presentó resultados estadísticamente favorables para la superficie superior en los métodos de polimerización convencional y soft-start, para la resina Filtek P90, la superficie de base presentó inferiores en los diferentes técnicas de fotopolimerización.(5)

Fahmy N, Naguib Hanan, Guindy, J. Ejipto (2009) En un estudio “Efecto de los modos de fotopolimerización con diodos emisores de luz (LED) sobre la resistencia de la unión de resina/dentina”. “En donde el objetivo fue contrastar el efecto de tres modos de fotopolimerización en rampa, pulso y soft start, de una unidad de luz de alta intensidad, en la resistencia al cizallamiento, y el nivel de brecha marginal de la resina adhesiva a la dentina”. “En los resultados los especímenes con modo de polimerización rampa, registraron significativamente mayor resistencia al cizallamiento que los modos de polimerización por pulso y soft start”. “Como conclusión se tiene que la resistencia al cizallamiento de la unión dentina-resina se encontró que se verá reforzada usando una luz LED en el modo de polimerización rampa, mientras que la fuerza de cizalla fué significativamente menor al ser polimerizada con modo de pulso usando LED”. (6)

### 1.5.2 Antecedentes nacionales

Acurio-Benavente P, Falcón-Cabrera G., Casas-Apayco, L. Lima-Perú, 2017. En un estudio “Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill”. En donde el Objetivo fue comparar la resistencia compresiva de 2 resinas tipo Bulk fill y 2 resinas convencionales. Entre los materiales y métodos, se dispusieron de 136 muestras de (2mm y 4mm de altura), divididos en 8 grupos (n=17); SonicFill™, Tetric® N-Ceram Bulk Fill, Filtek™ Z250 XT, Te-Econom Plus® de (4x2mm) y (4x4mm). La resistencia compresiva fue evaluada con la máquina Instron®. Y los resultados fueron para las resinas Tetric® N-Ceram Bulk Fill fue (310,06-4x2mm, 303,87-4x4mm). Para las resinas Filtek™ Z250 XT (295,9-4x2mm, 289,7-4x4mm). Concluyéndose que al comparar todos los grupos Tetric® N-Ceram Bulk Fill presentó los valores compresivos más altos.(7)

Salas Castro Y., Lozano Castro, F. Lima-2014 en cuyo estudio titulado ”Estudio de la microdureza superficial en composites de metacrilato y silorano” El propósito del estudio, fue de valorar la microdureza superficial in vitro de dos materiales restauradores; un composite de metacrilato Filtek® Z350 XT y otra de de silorano Filtek® P90. Entre los materiales y métodos, el estudio fue experimental y transversal, donde se fabricaron diez cilindros de 6 mm de diámetro por 6 mm de altura de los composites de estudio fotopolimerizadas por una lámpara de diodo emisor por 40 segundos, y luego almacenados en agua destilada a 37 °C por 24 h. “Se efectuó la comprobación de la microdureza de las muestras con un microdurómetro utilizando una carga de 500 g por diez seg para, luego, ser examinaron en un microscopio a 20x”. Los datos se comprobaron mediante la prueba t de Student con un nivel de significancia de 5%. Los resultados fueron que el grupo de resina de metacrilato Z350 XT presentó una microdureza superficial superior que la resina de silorano.(8)

Huayhua Revolledo, E. Lima – Perú, 2013. En su investigación “Estudio de comparación in vitro de la resistencia a la compresión de resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas”, el objetivo fue la comparación de la resistencia compresiva de dos resinas compuestas microhíbridas y nanohíbridas. Entre los materiales y métodos el estudio fue comparativo analítico y transversal. “La muestra se conformó por 60 muestras que se repartieron en 15 cilindros de resina para cada tipo (resina microhíbrida TPH SPECTRUM, resina microhíbrida Z250, resina nanohíbrida TPH3 y resina nanohíbrida Z250 XT) de 4 mm de

diámetro por 8 mm de altura, y sometidas a la maquina universal de ensayos marca AMSLER en donde se les calculó la resistencia compresiva”. “Los resultados se constituyeron en tablas empleando estadística descriptiva, encontrando promedios, medianas, máximos y mínimos, con un nivel de confianza del 95%”. Se concluyó que hay diferencia significativa en la resistencia a la compresión de la resina microhíbrida en comparación a las nanohíbridas. “Obteniéndose como resultado que la resistencia compresiva de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM fue mayor que la microhibrida Z250 XT y las nanohíbridas TPH3 y Z250 XT”.(9)

Según Webb-Linares LJ, Reynoso-Zeballos GE, Manuel Lagravere-Vich M, Delgado-Cotrina LA (2009), en el trabajo de investigación de título “Evaluación de la microdureza superficial de una resina compuesta según fuente de luz, su opacidad y tiempo de exposición” El objetivo de esta investigación fue contrastar la microdureza superficial de una resina compuesta según el tipo de lámpara o fuente de luz. En materiales y métodos, se emplearon lámpara halógena Astralis® 10 y la lámpara LED BluePhase® ambas de Ivoclar Vivadent. Se empleó la resina microhíbrida 4Season® (Ivoclar Vivadent). El tiempo de exposición concedido fue de 20 s, 40 s y 60 s. Se elaboraron 5 muestras de 5 x 5 x 2 mm por grupo de análisis. Las muestras se evaluaron empleando la prueba de microdureza Vickers. Los datos se analizaron por medio de la prueba ANOVA/Tukey. Para descubrir discrepancias entre las superficies, se empleó el análisis t de Student para muestras igualadas. Los altos valores de microdureza superficial fueron para la lámpara halógena. Para las lámparas LED no hubo diferencia significativa a los 20s, 40s y 60s. Para la lámpara halógena a los 20s se obtuvo los valores mínimos de microdureza; entre 40s y 60s no hubo diferencia significativa.(10)

## 1.6 RESINAS COMPUESTAS

### 1.6.1 Definición

“Las resinas compuestas son materiales bifásicos en donde sus componentes están establecidos por una matriz orgánica polimerizable que establece su endurecimiento y un relleno cerámico que le otorga las propiedades mecánicas y ópticas necesarias para poder restaurar las piezas dentarias”.(11)

Con esto se expone que los elementos que conforman la matriz orgánica determina su endurecimiento y son responsables de la contracción volumétrica del material restaurador.(11)

### **1.6.2 Avance de las resinas compuestas**

“Los materiales pioneros en restauraciones estéticas empleados se basaron en los cementos de silicato. A pesar de ofrecer una alta estética, presentaban algunos defectos como solubilidad en el medio bucal y un alto grado de irritación pulpar”.(11)

“Estos inconvenientes llevaron al perfeccionamiento de los sistemas acrílicos sin relleno, (metacrilato de metilo) sin embargo, éstos materiales poseían un alto nivel de contracción de polimerización y coeficiente de variación dimensional térmica 10 veces mayor que el de las estructuras dentarias, produciendo filtraciones marginales y la permeabilidad de fluidos a través del material”. Las resinas acrílicas mostraban además características negativas con una disminuida resistencia mecánica, inestabilidad de color y una gran generación de calor al polimerizar.(12)

Por 1962, el Dr. Rafael L. Bowen implanta, en reemplazo del metacrilato de metilo, el llamado BIS-GMA. Por su alto peso molecular, la contracción que se genera durante la polimerización esta disminuida. “A esta molécula se le agregaron partículas de relleno inorgánico, las cuales se unían al monómero mediante un agente de unión bifuncional formado por un vinil silano, estableciendo de esta forma, un nuevo complejo de resina que presentaba tres fases”:

- Fase matricial,
- Fase de partículas de relleno, y
- Agente de unión de vinil silano.

“Es así que aquí surge esta nueva generación de materiales base a resinas compuestas o “composites”, es decir, un sistema de material formado por una mezcla de dos o más macroconstituyentes”.(13)

### **1.6.3 Composición**

#### **Matriz orgánica**

“Esta compuestas por monómeros que son diacrilatos alifáticos o aromáticos, siendo el BIS-GMA (bisfenil glicidil metacrilato) y el UDMA (uretano dimetil metacrilato) los más empleados. Conjuntamente a estos elementos la matriz resinosa tiene monómeros diluyentes necesarios para reducir la viscosidad de la resina, como el TEGMA (trietileno glicol dimetacrilato)”.(14)

#### **Partículas de relleno**

“Sustituyen en peso entre un 50% a 80% a la matriz orgánica, se hallan en forma de partículas de distintas formas y tamaños, en donde el silicio, invariablemente está presente. Se emplean como relleno al cuarzo, sílice, sílice pirolítica, vidrio de borosilicato, silicatos de litio y fluoruro de bario, incluido hidroxiapatita sintética”.(14)

El propósito del agregado de este relleno inorgánico es conseguir la disminución de la cantidad de monómero por unidad de volumen y de esa manera reducir la contracción de polimerización. Permite una menor sorción de agua y un menor coeficiente de expansión térmica, reducir la abrasión y un mayor módulo de elasticidad (mayor rigidéz) (14).

#### **El agente de unión**

“El silano es el material responsable de la unión de las partículas de carga o relleno a la matriz orgánica, hecho importante que se describe para la mejora de propiedades físicas

y mecánicas, una vez que ofrece una transferencia de tensiones de la fase que se deforma más fácilmente (matriz) para la fase más rígida (relleno). El agente de unión ofrece una estabilidad hidrolítica, ya que previene la penetración de agua en la interfase resina/relleno” (13,14)

#### **1.6.4 Otros componentes**

##### **a. Inhibidores de la polimerización**

“Su utilidad es para reprimir la auto polimerización de una resina compuesta durante su almacenamiento. En la actualidad son usados los derivados de los fenoles, como el 4- metoxifenol y el 2, 4,6 triterciarobutil fenol”.(17,30)

“Estos inhibidores tienen enérgico potencial de reacción con los radicales libres. Si se ha formado un radical libre, como en una breve exposición a la luz cuando se dispensa el material, el inhibidor reacciona con el radical libre y así inhibe la propagación de la reacción en cadena terminando con la capacidad del radical libre de iniciar el proceso de polimerización”.(15)

##### **b. Pigmentos**

“Corresponden a los diversos tipos de pigmentos que son usados en las resinas compuestas para otorgar propiedades ópticas (tono y translucidez) similares a la estructura dentaria. Estos pigmentos se obtienen empleando cantidades minúsculas de partículas de óxidos orgánicos con los cuales se pueden obtener las tonalidades que permiten reproducir la mayoría de los colores”.(14)

##### **c. Iniciadores y activadores**

“Para que estos iniciadores puedan actuar es preciso el aporte de una cantidad suficiente de energía que logre activarlos.(11) Esta activación podrá ser aportada por

otro agente químico (resinas de autocurado) o bien por un agente físico como las resinas fotocurables, que estará representado por la emisión de energía lumínica proveniente de dispositivos de curado intrabucal (lámparas halógenas, LED, plasma) que se combinan para producir radicales libres que inician la reacción de polimerización” (11)

El fotoiniciador más continuamente utilizado es la canforoquinona, en donde el punto de sensibilidad es de 468 nm de longitud de onda dentro del espectro visible.(15)

#### **1.6.5 Clasificación de las resinas**

Se posee distintas maneras de clasificar las resinas compuestas, siendo el más distinguido el que las clasifica según el tipo de relleno o carga empleado (fase inorgánica). Este tipo de clasificación permite una generalización que es muy popular. (15)

##### **Resinas de macropartículas**

Nominadas como resinas convencionales o de primera generación.(15) “Estas resinas fueron formuladas con cuarzo. Sus partículas de relleno fluctuaban entre 10-20  $\mu\text{m}$ . Este material fue uno de los pioneros en el mercado, pero su uso fue en descenso ya que a pesar de que poseía buenas propiedades mecánicas, tenía una poca resistencia al desgaste y pobres propiedades estéticas, por su gran rugosidad superficial y difícil pulido por lo que tendían a pigmentarse”.(15,16)

“A pesar de ser superiores que las resinas acrílicas, estos tipos de composite presentaban una serie de problemas, tales como: la porosidad superficial, dificultad de lograr una superficie pulida adecuada”.(12) Esto se debía primordialmente al diferente ritmo de desgaste de las partículas de relleno inorgánicas en correspondencia con la fase matriz

orgánica, ya que entre uno y otro tienen diferentes grados de dureza, y además, por la disparidad del tamaño de las partículas de relleno. (12)

### **Resinas de micropartículas**

Se incorporaron al mercado con el objetivo de solucionar los problemas estéticos de las resinas de macropartículas. Asimismo, nominadas como resinas compuestas de terminado fino, surgen como una opción a las anteriores.

“Sus partículas de relleno corresponden a sílice coloidal con un 50% de carga en peso. Presentaban un tamaño de partícula promedio de 0,04  $\mu\text{m}$  con un rango que va desde 0,01-0,05  $\mu\text{m}$ . Debido a su baja carga de relleno inorgánico, tenían características mecánicas bajas por lo que no se podían usar en lugares de gran requerimiento mecánico por ejemplo, en caras oclusales del sector posterior. No obstante, estas resinas eran altamente estéticas ya que se lograban una excelente superficie pulida”.(15,16)

“La calidad más destacable de estas resinas compuestas es la excelente terminación superficial que pueden lograr, lo que permite obtener una estética excepcional. (13) Se comportan muy bien en la región anterior donde las tensiones masticatorias son pequeñas, presentan problemas cuando son aplicadas en alta tensión como la región posterior”.(13)

### **Resinas de híbridas**

Las resinas híbridas son composite que tienen en su composición, tanto macropartículas como micropartículas de relleno, con características de ambas. (15,16) Son respuesta a una evolución de las anteriores y se crearon con la finalidad de mejorar aún más las propiedades estéticas del material, y a su vez conservar las propiedades mecánicas de este material.(15,16)

Las partículas de estas resinas tienen como promedio de tamaño menor a un 1  $\mu\text{m}$  con un rango de 0,4-0,9  $\mu\text{m}$  según la marca comercial del producto. Las características de estas partículas permiten una superficie con excelente pulido, buena resistencia mecánica y textura superficial, Por lo que se permite su utilización tanto en piezas dentarias anteriores y posteriores.(15,16)

“Esta tecnología híbrida admite una elevada carga de relleno en la resina compuesta, la proporción de carga es entre 75 y 80% en peso, lo que admite recobrar gran parte de las características mecánicas que se perdieron con los sistemas de microrelleno, aunque no consiguen asemejar su capacidad de pulido”.(13,15)

### **Resinas de nanopartículas**

Conocida además como composite de nanorelleno, este es el último composite lanzado al mercado que se originó a partir de la resina compuesta híbrida con el fin de mejorar sus propiedades. Como su nombre lo dice, son resinas que presentan nanopartículas de circonio/sílice o nano sílice de un tamaño promedio entre 5 nm y 100 nm, además, se les agrega partículas de mayor tamaño (0,6  $\mu\text{m}$  a 1  $\mu\text{m}$ ) y finalmente están constituidas por estructuras mayores a los que se les conoce como nanoagregados, nanoclusters o a su vez racimos de uva de 0,6  $\mu\text{m}$ , para otorgarles mejores propiedades al material tales como: disminuida contracción de polimerización, mayor resistencia mecánica, cualidades ópticas adecuadas, excelente pulido y una estética superior a las anteriores resinas.(15,17,18)

Esta resina congrega propiedades tanto estéticas como físicas que le permiten al material ser utilizado tanto en el sector anterior y en mejores condiciones en el sector posterior y de la misma manera mantener las características de pulido y brillo por un largo periodo de tiempo.(18,19)

## **Resina compuesta de Nanopartícula empleada para la presente investigación**

### **Descripción**

“Restaurador universal FiltekTM Z350 XT de la casa 3M, el cual se activa con luz visible y nos permite realizar restauraciones de alta estética tanto en el sector anterior como posterior uniéndose de una forma permanente al tejido dentario. El composite se encuentra disponible en una variedad amplia de colores para dentina, cuerpo, esmalte y translúcidos, lo podemos obtener en una presentación de jeringas de 4 gramos y en capsulas de monodosis”.(20)

### **Indicaciones de uso**

“El composite FiltekTM Z350 XT está indicado para la ejecución de restauraciones indirectas (inlay, onlay y carrillas), ferulización y restauraciones en el sector posterior”.(20)

### **Polimerización**

La resina FiltekTM Z350 XT se polimeriza mediante la utilización de un diodo de emisión de luz LED con una intensidad mínima de 400 Mw sobre cm<sup>2</sup> manteniendo la punta de la guía de luz lo más cerca de la restauración, la profundidad incremental de la resina tanto de cuerpo, translúcido y esmalte es de 2,0 mm y deberán ser foto polimerizadas en un tiempo de 20 segundos.(20)

### **Ventajas**

“Amplia gama de tonos y opacidades, nos brinda un pulido excelente y mejor retención del pulido, fluorescencia mejorada, de fácil manipulación, alta estética, una alta resistencia al desgaste muy parecida a la del esmalte dental con la cual nos permite realizar restauraciones en el sector anterior y posterior, la selección del tono se hace

mucho más fácil debido a las jeringas presentan códigos de color de acuerdo a la opacidad”.(20)

## **1.7 FOTOPOLIMERIZACIÓN DE LAS RESINAS**

### **1.7.1 Definición de fotopolimerización**

“La fotopolimerización consiste en la unión química de los monómeros para obtener moléculas de alto peso molecular denominadas polímeros.(21) Dentro de la constitución de las resinas compuestas, se tiene una matriz orgánica con diferentes monómeros (diluyentes, agentes de enlace con el relleno inorgánico, inhibidores de la polimerización, estabilizadores de la radiación, e iniciadores de la polimerización) y un relleno inorgánico que les otorga las propiedades físicas que determinan para ser usados como materiales de restauración. Para darse el proceso de la fotopolimerización es preciso que el iniciador genere radicales libres, que deben ser activados por otro agente que, en el caso de los materiales fotopolimerizables, será la luz a un espectro electromagnético determinado”.(21)

“Por intermedio de una fuente de luz, se estimula el fotoiniciador, que pertenece a la canforquinona, PPH, lucerina y una alfa dicetona., esta es activada y interactúa con un agente reductor que corresponde a una amina terciaria alifática. Al agruparse ambas comienza una reacción de radical libre. Este radical libre es una molécula considerablemente reactiva, con un electrón libre en su región externa que busca formar un enlace covalente.(12) Este radical libre reaccionará con el monómero que tiene un enlace doble de carbono (C=C), dando inicio a la reacción de fotopolimerización. De esta manera inicia la reacción en cadena, en la cual el enlace doble de carbono reacciona con el radical libre, quedando un electrón disponible para reaccionar con otro enlace

doble de carbono. La reacción de fotopolimerización solo terminará cuando dos radicales complejos estén próximos”.(12)

“Para la elección de una lámpara el profesional en odontología debe considerar una serie de factores: como la potencia que brinda, si tiene características de manipulación beneficiosos, en cuanto a comodidad y eficacia, si la unidad cuenta con cable o no, junto con otras características, que son de gran importancia para el éxito de un tratamiento en la odontología restauradora”.(22)

### **1.7.2 Factores que intervienen en la fotopolimerización**

#### **a. Factores del material**

##### **Fotoiniciadores**

Dentro de la composición de las resinas compuestas, hallamos como fotoiniciador a la canforoquinona y en otras resinas de restauración se pueden encontrar como fotoiniciadores PPD (1-fenil-1,2-propandiona). Como acelerador de la iniciación suelen adicionarse aminas, las cuales tienen una gran aproximación por los fotoiniciadores.(21)

##### **Canforoquinona**

La canforoquinona es solamente empleada como un fotoiniciador. Es una sustancia amarillenta en donde su banda de absorción oscila entre 360 y 520nm y su pico máximo era de 465nm.(12) Es transcendental indicar que al incrementar la proporción de fotoiniciador no se logra una mayor profundidad de polimerización ni un mayor grado de conversión.(12)

##### **Fenilpropanodiona (PPD):**

Este fotoiniciador se activa entre 400 y 450 nm, teniendo un pico de absorción en 410 nm. Se logra por si solo un nivel de conversión similar al de la canforoquinona, ambos podrían tener una reacción de fotoactivación más segura si actúan. Además se emplean en adhesivos monocomponentes y en las resinas composites de tonos claros para el esmalte o translúcido.(23)

#### **b. Colores**

“Mientras el color de la resinas compuestas sea más oscuro, mayor será el número de pigmentos opacos que ocasionan fenómenos de dispersión de la luz, por lo que necesitan un tiempo mayor de aplicación de luz para lograr una correcta fotopolimerización”.(21)

Según Keogh 2001, los tonos claros admiten una fotoactivación factible que los oscuros, sin embargo, no establecen una discrepancia significativa en el resultado clínico de la restauración. Los tonos oscuros sólo demandan mayor tiempo de exposición.(23)

#### **c. Espesor de la capa de la resina compuesta**

“Se persuade que el espesor máximo de cada capa de resina compuesta no debe sobrepasar los 2 mm de espesor. Esta situación no determina el grado de polimerización en si, sino explica que a mayor espesor de la capa de resina se dará mayor contracción de polimerización, lo que puede ocasionar desprendimiento de la capa adhesiva con la correspondiente implicación clínica como es la microfiltración”.(21) Un mínimo espesor permite una mejor fotoactivación, no obstante algunas resinas poseen buena sensibilidad consintiendo espesores de hasta 3 mm. dependiendo de la unidad de fotoactivación empleado. (23)

#### **d. Configuración de las paredes cavitarias**

“El factor de configuración cavitaria, el cual considera la proporción entre el número de superficies adheridas, también denominado factor C, tiene una importante contribución en la contracción de polimerización. Cuanto menor sea el número de superficies libres, menor será la capacidad de la resina de escurrir y liberar estrés, haciendo desfavorable la unión de la resina al diente”. (24)

#### **e. Factores del foco de luz**

##### **Longitud de Onda**

“La longitud de onda para activar una máxima cantidad de canforoquinonas empleadas en odontología vigente oscila entre 440 y 490nm. Por otro lado existen resinas que necesitan longitudes de onda diferentes, lo que hace que algunas recientes tecnologías en lámparas sean poco eficaces con algunas resinas compuestas”.(25)

“Se entiende que la tecnología de los emisores de luz va más adelantada que la de los mismos materiales de obturación, haciendo imprescindible el conocimiento del material para la selección de una lámpara adecuada con las particularidades que precisamos. Al no tener presente este aspecto puede hacer que las propiedades físicas y mecánicas del material polimerizado no sean las idóneas para el resultado clínico que esperamos obtener”.(25)

##### **Distancia**

Cuanto más próximo esté la fuente de luz a la resina compuesta, la penetrabilidad que tendrán los fotones para la fotoactivación será mejor.(23)

Caldas en el 2003, en su estudio certificó que la polimerización de la resina compuesta obedece en gran medida de la distancia de la punta de la unidad de fotocurado, estableciendo que restauraciones ejecutadas a 2 mm de distancia tienen alta resistencia y una mínima microfiltración.(26)

## **Intensidad**

Una lámpara para fotopolimerización como requerimiento mínimo debe tener una intensidad de 350-400mW/cm<sup>2</sup>. Cualquier deducción de la intensidad por debajo de estos valores nos hará dudar de que posiblemente se presente alguna falla en la fuente de luz, por lo que es de vital significancia la adquisición de radiómetro, que permita conservar los niveles óptimos del aparato fotopolimerizador.(21) La intensidad de la luz puede ser variable y su acción dependerá del tiempo de exposición, para lograr que lleguen los fotones lo más profundo posible para que se produzca la fotoactivación.(23)

“A mayor intensidad de la luz, mayor será el número de fotones presentes, y como consecuencia mayor será el número de moléculas de fotoiniciador que serán excitadas. Por lo tanto, mientras mayor sea la intensidad de luz, mayor será la propagación de la polimerización de la resina compuesta”.(27)

## **Tiempo de exposición**

“Dependerá del tipo de fuente de luz que se utilice. Las lámparas halógenas actuales deben ser de 40 segundos por capa. Si bien hay resinas compuestas que se polimerizan perfectamente en 20 segundos, es posible que en determinados momentos nos distanciemos de la superficie del material, lo que ocasionaría una disminución de la intensidad necesaria. Si empleamos la luz por 40 segundos por capa estamos compensando este posible acontecimiento. En lo que se refiere a fuentes de luz tipo plasma, láser y LED consiguen la polimerización en menos tiempo. Sin embargo, se ha probado que la velocidad de polimerización no es directamente proporcional a la intensidad de la luz”.

Si duplicamos la intensidad de la lámpara, de 400 a 800mW/cm<sup>2</sup> no reduciremos el tiempo de polimerización a la mitad, sino que lo haremos un 1,44 más rápido, es decir que pasaremos de necesitar 40 segundos a 400mW/cm<sup>2</sup> a 27 segundos por capa al duplicar la intensidad.(21)

### **1.7.3 Fases de la resina en la fotopolimerización**

“Al incidir los fotones de luz sobre el fotoiniciador, los grupos funcionales los absorben, iniciando un estado de excitación y chocando con las aminas presentes en el medio, originando un intercambio de electrones, que da lugar a la formación de un radical libre”. “Este radical libre energético busca establecer un enlace covalente con el monómero constituyendo un complejo monómero-radical que prosigue fase de propagación”. “La reacción concluirá mediante los mecanismos característicos de la fase de terminación. Cabe señalar que todas estas reacciones son químicas y que continúan una vez apagada la luz”.(23)

“La mayor parte de los monómeros remanentes, que no participan directamente en la polimerización, quedan unidos mediante enlaces covalentes a la cadena de polímeros mientras que una pequeña cantidad de monómeros permanecen libres y pueden salir de la restauración”.(23)

#### **Fase pre gel**

En esta fase se inicia la fotolimerización de la resina compuesta, en donde la matriz orgánica aún se encuentra en un estado viscoplástico, es decir que los monómeros todavía tiene la capacidad de fluir inclusive por su propio peso, además en este estado las tensiones generadas son reacomodadas gracias a su fluidez, Es necesario indicar que los monómeros que forman parte de la matriz consiguen desplazarse o adquirir nuevas posturas dentro de ella.(11)

### **Punto gel**

“En esta fase se descubre que la reacción de polimerización progresó lo suficiente, en este momento se forman muchas mas cadenas poliméricas dando lugar a macromoléculas con mayor peso molecular, es este instante que no será posible el movimiento o la difusión de moléculas dentro de la matriz orgánica, lo que da paso a que el material pierda su capacidad de fluidez o escurrimiento y se convierta en un sólido. En este momento el material entra en la fase post gel”.(11)

### **Fase post gel**

“En esta fase el material posee un alto grado de rigidez, y dado a que la polimerización continúa y la contracción avanza, es decir el material sigue contrayéndose en donde empieza la transmisión de las tensiones producto de la polimerización al complejo dentina-resina limitada por los adhesivos lo que ocasiona estrés traccional”.(11)

“El material empieza a contraerse volumétricamente desde el inicio de la etapa pre gel. La contracción volumétrica ocurre por el acercamiento entre las moléculas luego de la reacción de polimerización. Se ha estudiado que antes de dicha reacción, la distancia entre moléculas es aproximadamente 3,4 a (0,34nm), mientras que luego de la polimerización esa brecha se reduce a 1,5 a (0,15nm)”.(11)

“Mientras mayor sea el peso molecular de los monómeros que constituyen la matriz de un composite, menor será su contracción de polimerización. La molécula de BIS-GMA con un peso molecular que alcanza valores de contracción volumétrica al alrededor de 6%”.(11)

“La contracción volumétrica de la fotopolimerización es un fenómeno anexo a dicha reacción química y su génesis está totalmente relacionada con la composición del material de base orgánica que se considere (tipos de monómeros y contenido de refuerzo cerámico)”.(11) “Mientras que los materiales de bajo contenido de refuerzo inorgánico, al tener mayor proporción de matriz orgánica, se contraen en mayor grado y lo inverso sucede con aquellos de alto contenido mineral”.(11)

#### **1.7.4 Técnicas de polimerización con Luz Emitida por Diodos**

Para proporcionar una fotoactivación conveniente fueron introducidos al mercado unidades de fotopolimerización que admiten alternar la intensidad de luz, de manera que muestran diferentes técnicas de fotoactivación.

##### **Técnica de Luz intensa (bright light)**

Tiene un rango de irradiación de 1000 mW/cm<sup>2</sup>, de alta intensidad y continua. Es el sistema clásico o convencional, en la cual conserva una intensidad invariable, del principio hasta el final de la fotopolimerización. Ciertos autores opinan que esta técnica produce mayor estrés en la interfase diente-restauración.(19)(28)

##### **Técnica de luz Intermitente (Blinking light) o Pulso**

“Posee un significado distinto para diferentes lámparas, pero prácticamente indica que la potencia hace ciclos de alta y baja potencia cada segundo de 850 mW/cm<sup>2</sup> - 1000 mW/cm<sup>2</sup>, que luego se interrumpe y luego inicia nuevamente durante el proceso de la fotopolimerización”.(19)

“La habilidad de fluir cuando la resina compuesta es polimerizada a intensidades bajas da como resultado una formación más lenta de la red polimérica y menor y más lento entrecruzamiento, lo que suministra situaciones propicios para la adaptación de las moléculas dentro de la cadena de polímero en formación”.(19)(28)

### **Técnica de luz en rampa (ramping)**

“La polimerización comienza a baja intensidad (alrededor de 850mW/cm<sup>2</sup>) durante los primeros 10 segundos continuado de un aumento lineal hacia una potencia mayor (prácticamente el máximo de la lámpara 1000 mW/cm<sup>2</sup>) por diez segundos, y luego permanece a esa potencia por el resto del intervalo de tiempo de polimerizado”.(19)(28)

“Se ha comprobado que ejecutando una polimerización progresiva, iniciando la fotoactivación de la resina compuesta con mínima intensidad de luz y continuada de una fotoactivación final con máxima intensidad, se logra una mejor adaptación marginal resguardándose las cualidades mecánicas del material”.(19)(28)

#### **1.7.5 Tipos de lámparas de fotocurado**

Las primeras unidades de fotopolimerización se hicieron con radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 340nm y 380nm, con el desarrollo de la tecnología se visualizaron ciertas desventajas como: mínimas profundidades de polimerización y peligros para la salud de los pacientes debido a que producían daños a la pulpa dental; es así como científicos propusieron utilizar la luz visible con los aparatos de arco de Plasma y el láser argón”. Que luego este sistema tuvo que ser reemplazado por las lámparas LED y Halógenas.(19)

Actualmente alcanzamos encontrar cuatro tipos de lámparas de fotopolimerización:

- Arco de Plasma
- Láser de Argon-Ion
- Lámparas de Luz Halógena (LH)
- Lámparas de diodo emisor de luz (LED)

## **Lámparas halógenas / Cuarzo tungsteno**

“Son empleadas desde la década de 1970, su efectividad y mínimo costo son ventajas que las caracterizan, por ese motivo, hoy en día siguen siendo utilizadas”.(29)

Estas unidades tienen un intervalo de 400 y 500 mW/cm<sup>2</sup>, aunque algunos pueden llegar hasta los 1000mW/cm<sup>2</sup>. La disminución de la efectividad con el tiempo de estas lámparas determina una desventaja. Por ello hace que estas unidades demanden frecuente mantenimiento, por ende el funcionamiento de estas unidades debe ser examinado habitualmente para controlar su intensidad.(30)

## **Lámparas Led- Diodos Emisores de Luz**

Las lámparas de la luz led emergieron por el año de 1990. “Utilizan dos semiconductores para producir la luz azul a diferencia de las lámparas halógenas que emiten su luz por calentamiento de filamentos metálicos”.

Tienen una longitud de onda de 450nm a 490nm”.(3)

“Actualmente existen tres generaciones de lámparas LEDs. La primera con una intensidad de potencia lumínica entre 50 y 300 mW/cm<sup>2</sup>, sin ser segura en la polimerización de las resinas compuestas. La segunda generación cuentan con una intensidad entre 300 y 1400 mW/cm<sup>2</sup>, lo que otorga una polimerización efectiva, reduciendo tiempo y es comparado a las unidades de fotopolimerización halógena”.(3)

“La desventaja de este sistema de polimerización se presenta en las lámparas de primera y segunda generación, debido a que resinas compuestas con canforoquinona absorben energías que están fuera del rango de estas generaciones, es por ello que

introdujeron la tercera generación de las lámparas LEDs, con diferentes diodos proporcionando mayores intensidades y diferentes longitudes de onda”.(3)

## **1.8 RESISTENCIA COMPRESIVA DE LAS RESINAS COMPUESTAS**

### **1.8.1 Resistencia compresiva de un cuerpo**

“Una carga compresiva sobre un cuerpo le provocará tensiones de reacción que, cuando son superadas, harán que este comience primero a deformarse elásticamente, que al incrementarse la carga y realizarlo continuamente, hasta que al final si la carga es de tal magnitud que vence a la resistencia que el cuerpo le opone como reacción, se fracturara o romperá, dado que la tensión que el cuerpo afrontó ha sido superada”.(14)

“Las consecuencias de una carga estática compresiva la conseguimos estudiar y graficar, haciendo que ella actué sobre la superficie superior de un cuerpo de prueba estandarizado, encontrándose el cuerpo descansando sobre un plano liso y rígido”.

“En procesos experimentales y didácticos, a este cuerpo de ensayo emplearemos tensiones compresivas progresivas y proporcionales, medidas en MPa (50, 100, 150, 200, etc.), presumiendo que ellas tenderán a deformarlo compresiva y proporcionalmente”.

“frente a una tensión de 50 MPa en el cuerpo se producirá una tensión de reacción también de 50 MPa, deformándose el cuerpo de su longitud inaugural. Inmediatamente de producida la deformación se retira la tensión que la produjo, veremos que la deformación se recobra en su totalidad (100%), volviendo el cuerpo a sus estado original”.(23)

“Al aumentar la tensión al triple, 150 MPa, en el cuerpo se producirá una triple tensión de lo que le produjo la tensión original. Si inmediatamente después de producida la

deformación se retira la tensión, se verá que la deformación se recupera en un 100%, retornando el cuerpo a sus dimensiones originales. Veremos entonces, que el cuerpo ha continuado deformándose elásticamente”.(14)

“Concluimos indicando que el cociente entre la tensión causada en el cuerpo y la deformación que le produjo es constante hasta los 150 Mpa. A esta constante dentro del límite proporcional la llamaremos módulo de elasticidad o módulo de young. Al punto en donde se produce el quiebre de la pendiente recta y comienza a ser curva, se le denomina límite proporcional”.(14)

“Para medir el módulo de elasticidad la unidad de medición más manejada es el Mega Pascal.(14) El módulo de Young indica el grado de rigidez o elasticidad de un cuerpo. Mientras más alto sea, más rígido será el cuerpo o, a la inversa, menos elástico”.(14)

“Si incrementamos al cuádruple, 200 MPa, en el cuerpo se producirá una tensión de reacción también de 200 MPa. El cociente entre la tensión ahora pierde la constante anterior, puesto que ahora su pendiente no es recta, es curva”.(14)

“Pero, si bien es cierto que al incrementar la tensión al cuádruple (200 Mpa), se pierde la proporcionalidad, no se da la Ley de Hooke y el cociente entre presión y deformación deja de ser constante, si quitamos la tensión advertiremos que de todas maneras el cuerpo recobra sus dimensiones originales. Entonces estamos frente a una deformación elástica no proporcional”.(14)

“Esto simboliza que las deformaciones son proporcionales a las tensiones que las produjeron hasta los 150 MPa, vale decir, hasta que la pendiente de la curva carga/deformación fue recta. A este punto, como se dijo, se le denomina Límite Proporcional (LP)”.(14)

“Si aumentamos la tensión al quíntuple, 250 MPa, en el cuerpo se producirá una tensión de reacción también de 250 MPa, y el cuerpo seguirá deformándose sin proporcionalidad, pero si liberamos al cuerpo de esta carga, no recuperara sus dimensiones originales, vale decir, el cuerpo ahora tiene una deformación permanente”.(14)

“A esta carga que provoca una tensión de reacción que permite al cuerpo recuperarse, se le llama Límite Elástico (LE), que definiremos como la tensión máxima que puede soportar un cuerpo sin perder sus propiedades elásticas, aun cuando se haya perdido la proporcionalidad entre la deformación y la tensión que la produjo”.(14)

Si por debajo del Límite Elástico el cuerpo mantiene la potencialidad de recuperar sus dimensiones originales al dejar de actuar la carga que lo provocó, llamaremos a esta capacidad de recuperación Resiliencia.(14)

“La resiliencia de un material se mide en términos de su Módulo de Resiliencia, que es la cantidad de energía acumulada en un cuerpo, cuando una unidad de volumen de material es tensionada hasta su Límite Proporcional.(14) La máxima carga que se puede inducir aun, sin producir deformación permanente, es ligeramente superior al Límite Proporcional y se la denomina Límite Elástico. Sin embargo, como los dos valores están sumamente próximos es imposible, en la mayoría de los casos, de determinarlas independientemente, y pueden, en la práctica, ser consideradas equivalentes”.(14)

“La tensión que sea necesaria provocar la deformación permanente dada corresponde con los 160 MPa, llamándose a ese punto Límite de Fluencia (LF).(14) Esta deformación porcentual preestablecida (0,1 a 0,3%) se denomina Resistencia a la Fluencia o Resistencia al estiramiento, y permite conocer la tensión que la produjo.(14)

Por lo general, la resistencia a la fluencia se mide en tracción, de allí su otro nombre.

Resistencia al Estiramiento”.(14)

“Si continuamos aplicando presiones por sobre el límite elástico se llegara a un punto en que la deformación producida será de tal magnitud que romperá o fracturar al cuerpo, y habremos llegado a su límite de ruptura (LR), que en este caso se corresponde con una carga de 280 MPa”.(14)

### **1.8.2 Propiedades mecánicas de las resinas**

#### **a. Módulo elástico:**

“El módulo elástico, o rigidez, de los composites depende fundamentalmente de la cuantía de relleno y se incrementa exponencialmente con la fracción volumétrica del mismo. La rigidez tiene una gran importancia en aquellas aplicaciones que soportan fuerzas de mordida muy intensas y en las que es fundamental una gran resistencia al desgaste”.(31)

Las resinas compuestas con un módulo elástico alto suelen ser difíciles de adaptarse a algunos cambios que originan las fuerzas de flexión sobre la forma de los dientes. Esta situación podría dar lugar a que la restauración de resina compuesta se desprenda del esmalte o la dentina.(32)

#### **b. Resistencia al desgaste:**

La facultad que tienen las resinas compuestas de resistir a la pérdida superficial, como resultado de la fricción con la superficie dentaria, el bolo alimenticio o elementos como cerdas de cepillos y palillos de dientes. (33)

“Esta insuficiencia no tiene una consecuencia inmediata sobre el material restaurador, pero conlleva a la pérdida de la forma anatómica del material restaurador disminuyendo la duración de las mismas”.(34)

“Cuando el porcentaje de relleno es mayor, menor es el tamaño y mayor la dureza de sus partículas, la resina tendrá mínima abrasividad”.(34)

### **c. Resistencia a la compresión y a la tracción:**

“Es directamente proporcional a la cantidad de relleno inorgánico presente en la resina compuesta y al grado de polimerización de la matriz. Además, depende del tamaño de las partículas de relleno”.(35)

## **1.9 HIPÓTESIS**

Dado que las resinas compuestas de nanopartículas son fotopolimerizadas con diferentes técnicas. Es probable que existan diferencias al evaluar tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas, Puno – 2017.

### **1.9.1 Hipótesis específicas**

- La resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizadas con técnica de luz intensa usando diodo emisor de luz es probable que sea menor a 280 Mpa.
- La resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizadas con técnica de luz en rampa usando diodo emisor de luz es probable que sea mayor a 280 Mpa.

- La resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizadas con técnica de luz intermitente usando diodo emisor de luz es probable que sea menor a 280 Mpa.
- La resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con técnica de luz en rampa es probable que sea mayor que las técnicas con luz intensa y luz intermitente usando diodo emisor de luz.

## 1.10 VARIABLES

### 1.10.1 Variable independiente

Técnicas de fotopolimerización

### 1.10.2 Variable dependiente

Resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas

## 1.11 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE
<b>Variable independiente</b> Técnica de fotopolimerización de resinas compuestas.	Son diferentes técnicas para polimerizar una resina compuesta.	Técnica luz intensa. Técnica en rampa. Técnica intermitente.	Programación en W/cm <sup>2</sup> (intensidad)	-1200 W/cm <sup>2</sup> -de 800 a 1200 W/cm <sup>2</sup> -baja y alta por 1 seg. 850 a 1200 W/cm <sup>2</sup>	Cualitativa Nominal
<b>Variable Dependiente</b> Resistencia compresiva de resina compuesta de Nano partículas.	Resistencia de un cuerpo a una carga en el momento de fracturarse.	Mpa	Valor numérico que registra el equipo Mpa.	MEgapascales Mpa.	Cuantitativo Continua

## **PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.12 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo que se realizó, es de nivel explicativo y de corte transversal.

Es explicativo: Porque estudia la causa efecto entre la variable independiente y la variable dependiente.

Es transversal: Porque los datos se obtendrán en un solo momento durante la investigación.

### **1.13 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Es Cuasi experimental porque busca la existencia de una relación causal entre dos o más variables.

### **1.14 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **1.14.1 Población**

La población de estudio está constituida por cilindros de resina compuesta de nanopartículas de 4 mm por 8 mm de altura, un estudio in vitro.

#### **1.14.2 Muestra**

La investigación se llevó a cabo en una muestra representativa de la población de estudio, en un tamaño de muestra mínimo. Para la precisión del tamaño de la muestra se usó la siguiente formula.

Se determinó del tamaño mínimo necesario de muestras utilizando la fórmula para poblaciones desconocidas y variables cuantitativas.

$$n = \frac{(Z)\alpha^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

$Z$  = Nivel de confianza = 95% = 1.96 (tabla) el valor ya establecido.

$p$  = Probabilidad que el fenómeno ocurra = 0.9

$q$  =  $1 - p$  = 0.1

E = margen de error = 0.05

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.9 * 0.1}{0.05^2} = 15$$

15 = muestras/cantidad mínima

La muestra estará conformada por 60 cilindros de resina de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura distribuyéndolas de la siguiente manera:

• **Grupo 1:** Es el primer grupo de cilindros de resina de nanopartículas Filtek Z350XT. Fueron 20 muestras fotopolimerizadas con técnica de luz intensa, durante 20 segundos.

• **Grupo 2:** es el segundo grupo de cilindros de resina de nanopartículas Filtek Z350XT. Fueron 20 muestras fotopolimerizadas con técnica de luz en rampa, durante 20 segundos.

• **Grupo 3:** es el tercer grupo de cilindros de resina de nanopartículas Filtek Z350XT. Fueron 20 muestras fotopolimerizadas con técnica de luz intermitente, durante 20 segundos.

#### **Criterios de inclusión general:**

- Cilindros de resina con medidas de acuerdo a los estándares Universales de la ISO 4049.
- Cilindros de resina adecuadamente pulidas.
- Cilindros de resina con homogenidad de sus superficies.
- Cilindros de resina sin indicios de fisuras e irregularidades fractura.
- Unidad LED Woodpecker en adecuada condición.

#### **Criterios de exclusión general:**

- Cilindros de resina que muestren fisuras o grietas.
- Cilindros de resina que expongan burbujas.
- Cilindros de resina que exhiban irregularidades en su extensión.

### **1.15 TÉCNICAS, FUENTES E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.15.1 Técnica**

Se utilizó la técnica observacional directa.

El estudio se realizó en el laboratorio de la CLÍNICA DENTAL CHARISMA, en donde se confeccionó los cilindros de resina compuesta de nanopartículas y para medir la resistencia comprensiva se realizó en el Laboratorio de GEOTECNIA PUNO EIRL. JULIACA.

### **1.15.2 Instrumentos**

Los datos obtenidos se registrarán en la ficha de recolección de datos.

### **1.15.3 Procedimiento para la recolección de datos:**

Como punto inicial se procedió a realizar las solicitudes correspondientes para la ejecución del presente trabajo de investigación, tanto al gerente del laboratorio de la CLÍNICA DENTAL CHARISMA, en donde se confeccionó los cilindros de resina compuesta de nanopartículas; como también al gerente del Laboratorio de GEOTECNIA PUNO EIRL. JULIACA para medir la resistencia comprensiva de los cilindros de resina de nanopartículas 3M™ Filtek™ Z350 XT.

#### **Confección de los cilindros de resina compuesta**

- Primeramente, se seccionó la matriz de plástico de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura.
- Se procedió a colocar la matriz de plástico sobre la platina de vidrio y paso a paso se compactó la resina 3M™ Filtek™ Z350 XT con la espátula para resina marca Aesculap.
- Se realizó la compactación de la resina en la matriz de plástico posicionado verticalmente, aplicando la técnica incremental de 2 mm de espesor y fotopolimerizando por 20 segundos, evitando dejar burbujas.
- Para finalizar la confección de los cilindros y dejar sin irregularidades, el último incremento de resina se colocó una lámina porta objetos en la parte superior y finalmente se fotopolimerizó por 20 segundos.
- Inmediatamente el cilindro de resina fue removida de la matriz de plástico, retirando los excesos quedando una superficie uniforme para finalmente obtener la muestra cilíndrica de resina de 4 mm de diámetro por 8 mm de altura, la cual fue comprobado midiendo con el vernier digital.
- Se obtuvieron un total 60 muestras, en donde fueron divididas en 3 grupos de 20 muestras, en las cuales la diferencia sustancial fue la técnica empleada en la

fotopolimerización (técnica de luz intensa, técnica de luz en rampa y técnica de luz intermitente).

- Posteriormente se codificó a cada grupo de acuerdo a la técnica empleada.

### **Medida de la Resistencia Compresiva**

- Para realizar el test de resistencia compresiva se efectuó en base a las metodologías de Brosch, que indica que la evaluación de la resistencia compresiva de un cuerpo es mediante la elaboración de muestras cilíndricas de este, con un diámetro que es la mitad de la altura del mismo.(36)
- Se utilizó la máquina de ensayos marca MARSHALL Modelo.. MA-75, de capacidad de 500 kg, empleando una carga que se aplicó en el centro del diámetro de cilindro de resina, hasta el punto de fractura, con una velocidad de desplazamiento fijo de 1,5mm/min hasta el momento de la fractura de las muestras.
- En donde cada resultado uno por uno fue anotado en la ficha de recolección de datos por el investigador.
- La resistencia compresiva se logró dividiendo la fuerza que se necesitó para quebrar el cilindro de resina entre el área transversal del cuerpo de prueba.

$$R = P/A$$

Dónde:

$R$  = Resistencia compresiva, en  $\text{Kg/mm}^2$

$P$  = Carga máxima soportada por el espécimen, en  $\text{Kg}$

$A$  = Área de la sección transversal de la probeta, en  $\text{mm}^2$

Para obtener el área de la sección transversal se utilizó la fórmula:

$$A = \pi r^2 = 3.1416 r^2$$

Ya que los resultados fueron obtenidos en  $\text{Kg/mm}^2$ , debemos convertir  $\text{kg/mm}^2$  en Megapascles por lo que se multiplico cada resultado por un valor preestablecido (9.80665)

### **1.16 DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

Se utilizó la estadística paramétrica, mediante el uso de ANOVA multifactorial por tratarse de variables cuantitativas.

## **1.17 ESTILO O NORMAS DE REDACCIÓN**

El estilo o norma de redacción utilizados en el presente trabajo de investigación es Según Normas de Vancouver.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

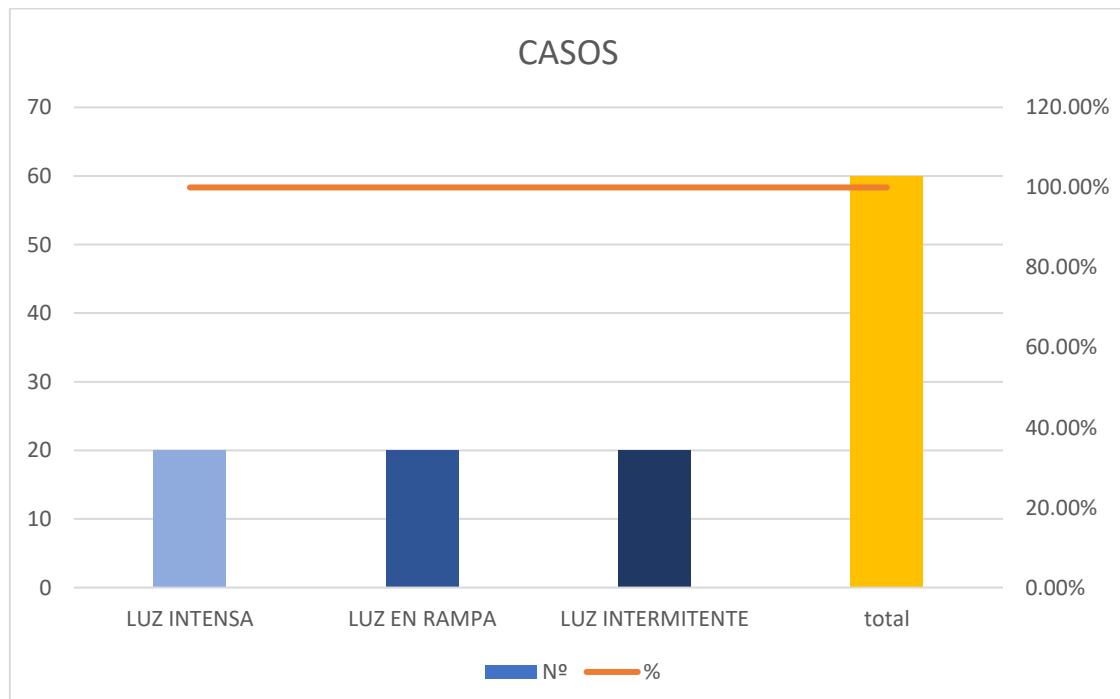
## 1.18 RESULTADOS

**Tabla 1.** Resumen del procesamiento de los casos.

Técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz	CASOS						
	VALIDOS		PERDIDOS		TOTAL		
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Luz intensa	20	100.00%	0	0.00%	20	100.00%	
Resistencia comprensiva (Mpa)	Luz en rampa	20	100.00%	0	0.00%	20	100.00%
	Luz intermitente	20	100.00%	0	0.00%	20	100.00%

Fuente: *Matriz de sistematización*

**Figura 1: resumen del procesamiento de los casos**



**FUENTE:** Tabla N° 01

### 1.18.1 Interpretación

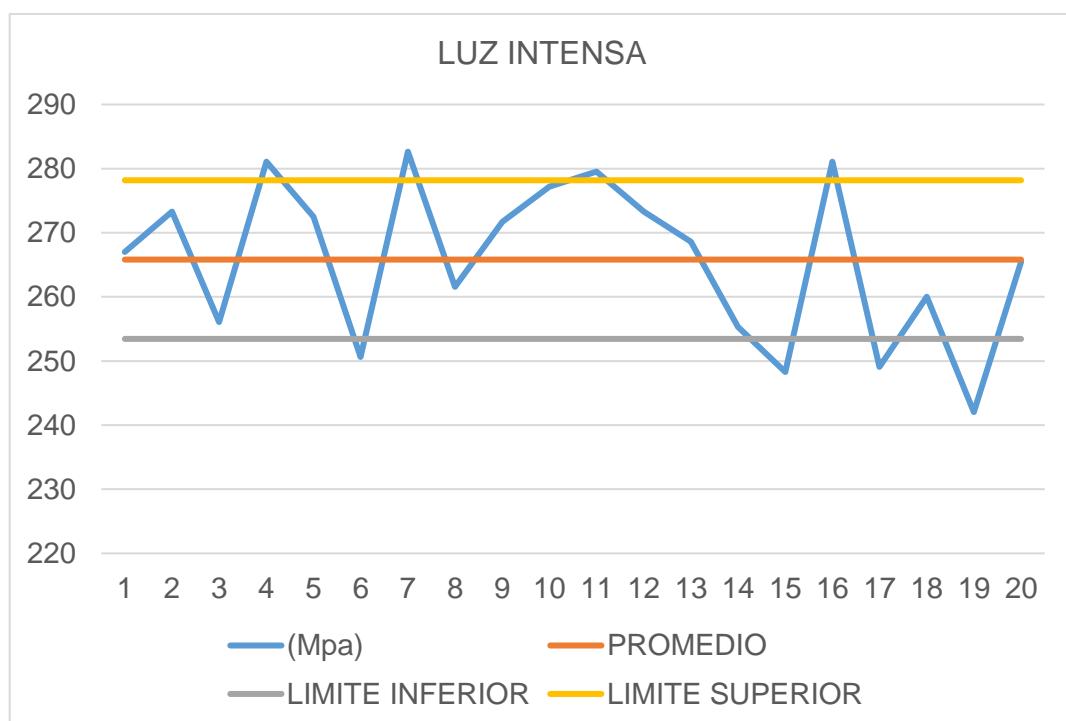
En la tabla y gráfico N° 01 se observa un resumen de las muestras que se emplearon en el estudio de investigación. Usando 20 muestras de cilindros de resina compuesta por cada técnica de fotopolimerización con diodo emisor de luz, técnica con luz intensa, técnica con luz en rampa, técnica con luz intermitente para la resistencia comprensiva en (Mpa) de la resina compuesta de nanopartículas.

**Tabla 2.** Datos descriptivos de la técnica de fotopolimerización con luz intensa.

<b>Técnica de fotopolimerización con diodo emisor de luz</b>					<b>N</b>	<b>%</b>
	<b>Media</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>		
<b>Luz intensa</b>	265.8135	12.36745	242.04	282.64	20	33.30%

Fuente: *Matriz de sistematización*

**Figura 2: Luz intensa**



**FUENTE:** *Tabla N° 02*

### 1.18.2 Interpretación

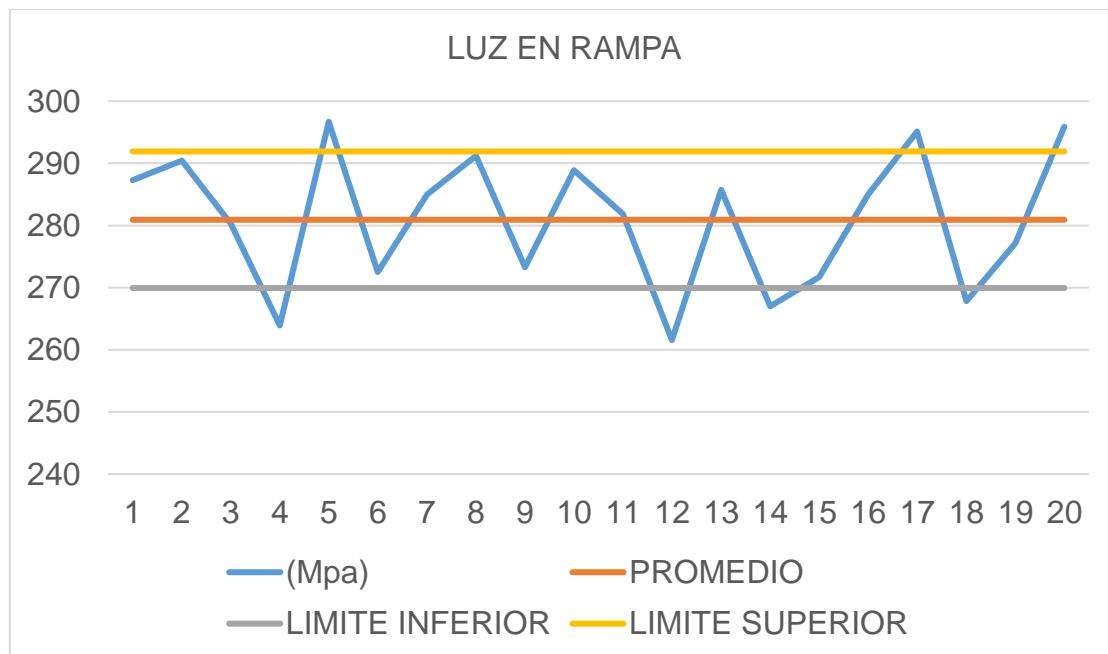
En la tabla y el gráfico N° 02, la fotopolimerización de la resina compuesta de nanopartículas con técnica de luz intensa presenta intervalos ligeramente alejados al promedio óptimo de 280 (Mpa). Teniendo un valor promedio de 265.81 (Mpa), con máximo de 282.64 (Mpa) en tanto un valor mínimo de 242.04 (Mpa).

**Tabla 3.** Resumen del procesamiento de los casos.

<b>Técnica de fotopolimerización con diodo emisor de luz</b>					<b>N</b>	<b>%</b>
	<b>MEDIA</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>		
LUZ EN RAMPA	280.9210	10.98536	261.56	296.69	20	33.30%

Fuente: *Matriz de sistematización*

**Figura 3: Luz en rampa**



**FUENTE:** Tabla N° 03

### 1.18.3 Interpretación

En la tabla y el gráfico N° 03, la fotopolimerización de la resina compuesta de nanopartículas con técnica de luz en rampa presenta intervalos muy próximos al promedio óptimo de 280.92

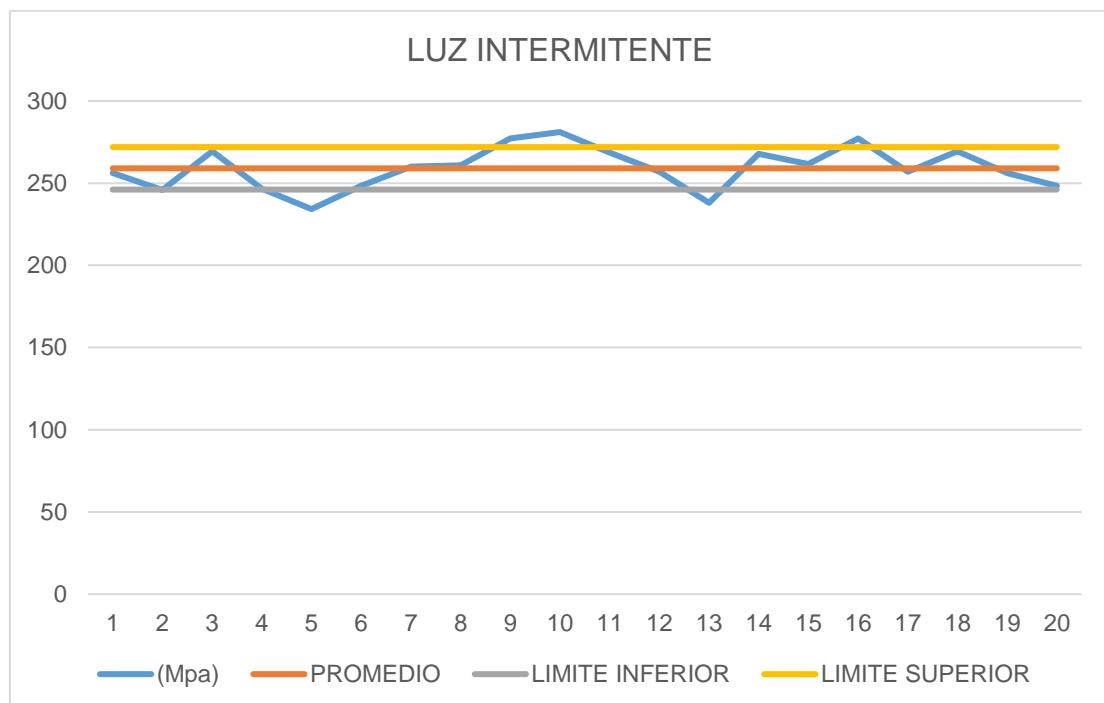
(Mpa). Teniendo un valor máximo de 296 (Mpa) y un valor mínimo de 261 (Mpa), siendo esta técnica con mejores resultados de las tres técnicas estudiadas.

**Tabla 4.** Técnica de fotopolimerización con diodo emisor de luz.

<b>Técnica de fotopolimerización con diodo emisor de luz</b>					<b>N</b>	<b>%</b>
	<b>Media</b>	<b>Desviación estandar</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>		
<b>LUZ INTERMITENTE</b>	259.019	12.91500	234.2	281.0	2	33.30
	0		3	8	0	%

Fuente: *Matriz de sistematización*

**Figura 4: Luz intermitente**



**FUENTE:** Tabla N° 04

#### 1.18.4 Interpretación

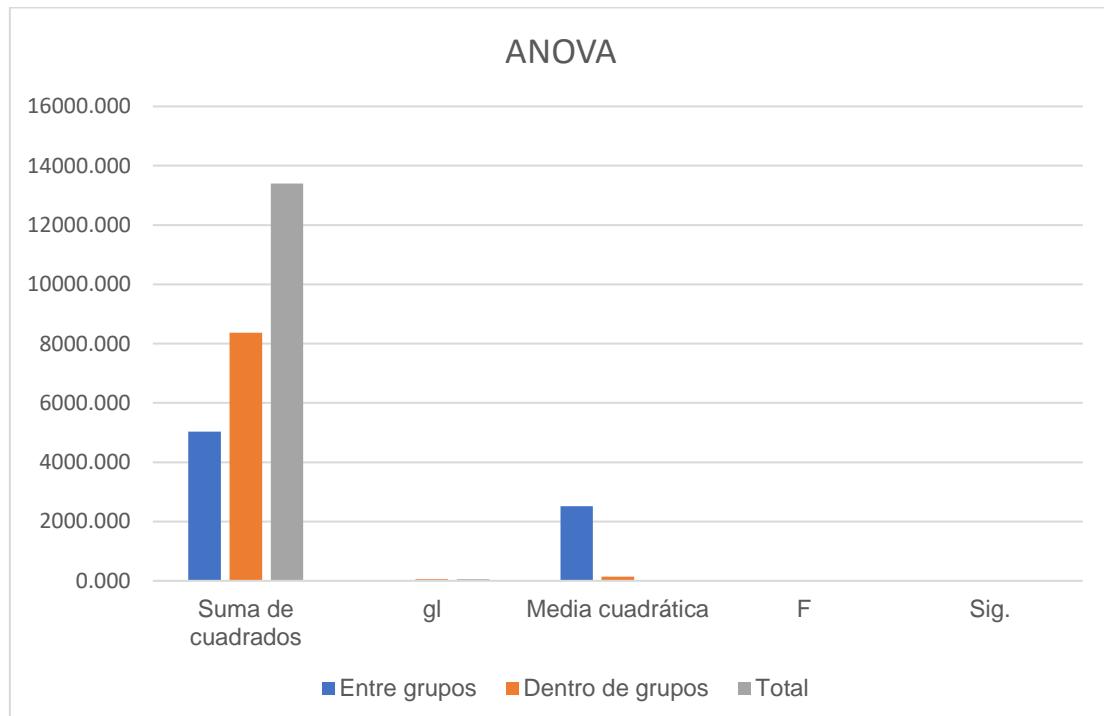
En el gráfico N° 04, la fotopolimerización de la resina compuesta de nanopartículas con técnica de luz intermitente presentando valores alejados del valor óptimo de 280 (Mpa). Presentando intervalos alejados al promedio óptimo de 280 (Mpa). Teniendo un valor máximo de 281.08 y el valor mínimo de 234.23 (Mpa).

**Tabla 5.** Prueba de ANOVA.

	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media Cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	5027.329	2	2513.665	17.122	.000
Dentro de grupos	8368.156	57	146.810		
Total	13395.485	59			

Fuente: *Matriz de sistematización*

**Figura 5: Prueba ANOVA**



**FUENTE:** *Tabla N° 05*

### 1.18.5 Interpretación

En la tabla N° 05. Utilizó la prueba de ANOVA donde se obtuvo  $P = 0.000$  por lo cual concluimos que, si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los valores de las técnicas de fotopolimerización, luz intensa, luz en rampa, luz intermitente, en la resistencia comprensiva (Mpa) compuesta de nanopartículas al 5%.

## 1.19 HIPOTESIS

Dado que las resinas compuestas de nanopartículas son fotopolimerizadas son diferentes técnicas. Es probable que existan diferencias al evaluar tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas, Puno - 2017.

### 1.19.1 Formulación de hipótesis

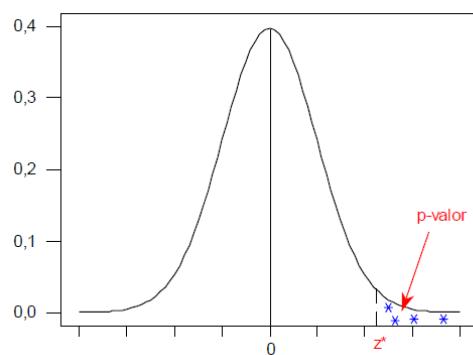
**Ho:** Es probable que no existan diferencias significativas al evaluar tres técnicas; luz intensa, luz en rampa y luz intermitente, de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas, Puno - 2017.

**Ha:** Es probable que existan diferencias significativas al evaluar tres técnicas; luz intensa, luz en rampa y luz intermitente, de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas, Puno - 2017.

## 1.20 NIVEL DE SIGNIFICANCIA

Se trabajará con un 95% de confianza y un 5% de error.

$$\alpha = 0,05.$$



Nivel de significancia  $p = 0.0000 < 0.05$

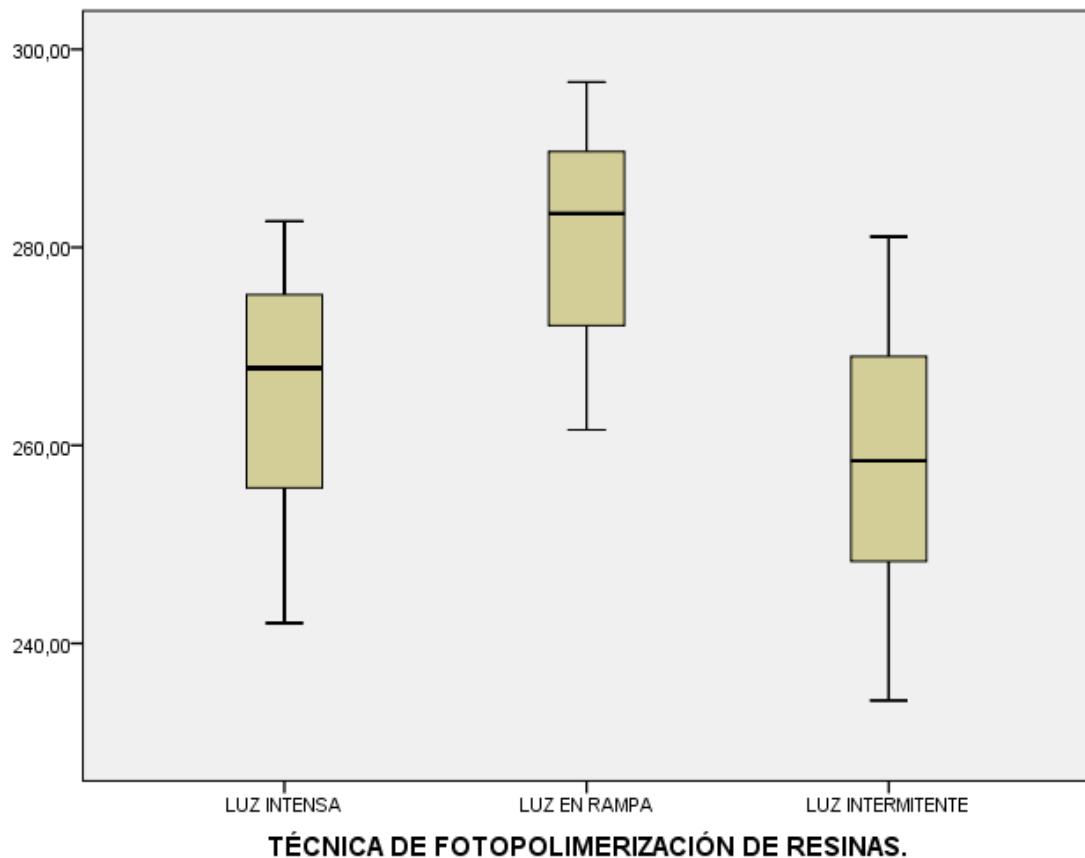
$F=17.122$ , es decir por consiguiente la prueba es significativa rechazando la hipótesis nula y aceptando la alterna donde existan diferencias significativas al evaluar tres técnicas; luz intensa, luz en rampa y luz intermitente, de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas, Puno - 2017.

**Tabla 6.** Técnicas de fotopolimerización de resinas.

	LUZ INTENSA	LUZ EN RAMPA	LUZ INTERMITENTE
Media Aritmética	265.81	280.92	259.02
Desviación Estándar	12.36745	10.98536	12.91500
Valor Mínimo	242.04	261.56	234.23
Valor Máximo	282.64	296.69	281.08

Fuente: *Matriz de sistematización*

**Figura 6: Técnicas de fotopolimerización de resinas**



**FUENTE:** Tabla N° 06

### 1.20.1 Interpretación

En la tabla y gráfico N° 06, contiene un análisis descriptivo de las variables por grupos, en donde observamos que la técnica en rampa muestra los valores mayores a la resistencia compresiva.

ser beneficioso en la aplicación de la resina de nanopartículas con asociación de la técnica, para poder ser utilizado en cavidad oral con resultados óptimos.

## 1.21 DISCUSIÓN

Las resinas compuestas al ser un material de restauración ampliamente utilizados en Odontología, y por esta razón se han realizado numerosos estudios que han aportado para incrementar los conocimientos acerca de las propiedades mecánicas como es la resistencia compresiva; si bien es cierto día a día se viene investigando a profundidad este material, a fin de mejorar las propiedades tanto mecánicas y características ópticas.

Este estudio tuvo como objetivo la evaluación de tres técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz en la resistencia compresiva de resina compuesta de nanopartículas de la 3M™ Filtek™ Z350 XT.

El análisis estadístico que se realizó es mediante la prueba de ANOVA en donde se determinó que si existen diferencias estadísticamente significativas. Con las que además se comprobaron las hipótesis planteadas

Al revisar estudios anteriores reportados no se encontraron trabajos específicos en que se analizan técnicas de fotopolimerización y relacionado con la resistencia compresiva, pero si analizan otras características como la microdureza.

Schneider AC y cols (2016) en donde evaluó tres técnicas de fotopolimerización convencional, Soft-start y Pulso retrasado sobre la microdureza de tres resinas compuestas; se determinó que la resina compuesta Filtek Z350 presentó resultados estadísticamente superiores para la superficie superior de las resinas compuestas en los métodos de polimerización convencional y soft-start. Al relacionarlo con nuestra investigación determinamos que a pesar de que no es similar en su totalidad, pero si esta relacionada con la técnica, En donde los resultados son muy similares con nuestro estudio en lo que respecta a la técnica en rampa (soft start) y luz intensa (convencional) en donde se indica que obtuvieron mejores resultados a la resistencia compresiva.

Fahmy N, Naguib Hanan, Guindy, J (2009), Observaron el efecto de los modos de fotopolimerización con diodos emisores de luz (LED) sobre la resistencia de la unión de resina/dentina, en donde se concluyeron que las muestras con modo de polimerización en

ramping registró elevada resistencia al cizallamiento que los modos de polimerización por pulso y convencional. Estudio que tiene similitud con nuestra investigación con la técnica empleada en donde la técnica en rampa obtuvo mejores resultado más no se relaciona en el tipo de prueba pues en esta investigación se analiza la fuerza de adhesión y en el nuestro se observa la resistencia compresiva.

Acurio-Benavente P, Falcón-Cabrera G., Casas-Apayco, L (2017) en donde evaluó comparando la resistencia compresiva entre una resina convencional y otra comparación de la resistencia compresiva de 2 resinas convencionales vs 2 resinas tipo Bulk fill, Concluyéndose que al comparar todos los grupos Tetric® N-Ceram Bulk Fill presentó los valores de resistencia compresiva más altos, Si bien se analiza la resistencia compresiva no se relaciona ni se considera la técnica de fotopolimerización.

En 2014, Salas Castro Y., Lozano Castro, F. Valoraron “la microdureza superficial in vitro de dos materiales restauradores; una resina de metacrilato Filtek® Z350 XT y una resina de silorano Filtek® P90”; en donde concluyeron que el grupo de resina de metacrilato Z350 XT presentó una microdureza superficial mayor que la resina de silorano, donde se resalta la composición del material resinoso. En donde no encontramos relación directa con nuestra investigación.

Huayhua Revolledo, E (2013) en donde comparó in vitro la resistencia compresiva de resinas compuestas microhibridas y nanohibridas, concluyéndose que si existe diferencia significativa en la resistencia compresiva de la resina microhíbrida y con las nanohíbridas. Teniendo como resultado que la resistencia compresiva de la resina microhíbrida TPH SPECTRUM fue mayor que la microhíbrida Z250 XT y las nanohíbridas TPH3 y Z250 XT, Lo resaltante y relacionable con nuestra investigación es que se evaluó la resistencia compresiva de las resinas de nanopartículas, sin embargo los valores de resistencia compresiva fueron menores a los obtenidos a nuestra investigación.

Finalmente según Webb-Linares LJ, Reynoso-Zeballos GE, Manuel Lagravere-Vich M, Delgado-Cotrina LA (2009), en esta investigación fue contrastar la microdureza superficial de una resina compuesta según el tipo de lámpara o fuente de luz, opacidad y tiempo de exposición, considerando solo el aspecto de la fuente de fotopolimerización que se emplearon con son las lámparas de luz halógena y las LED, se determinó que los mayores valores de microdureza superficial fueron para la lámpara halógena que proporcionó valores resaltantes

para la microdureza superficial. Sin bien considera una comparación entre fuentes de luz no especifica la técnica de fotopolimerización.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1.22 CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Existe diferencias significativas al evaluar las técnicas de fotopolimerización con luz intensa, luz en rampa y luz intermitente en la resistencia compresiva de la resina de nanopartículas, en donde se confirma la hipótesis planteada. (Tabla N° 05)

**SEGUNDA:** La resistencia compresiva de la resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con la técnica de luz intensa, tuvo un valor menor a 280 Mpa, pues obtuvo un valor promedio de 265.81 Mpa. Confirmándose así la hipótesis planteada (Tabla N° 2)

**TERCERA:** La resistencia compresiva de la resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con la técnica de luz en rampa, tuvo un valor promedio a 280.92 que es mayor a 280 Mpa. Con lo que se confirma la hipótesis planteada (Tabla N° 3)

**CUARTA:** La resistencia compresiva de la resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con la técnica de luz intermitente, tuvo un valor menor a 280 Mpa, pues obtuvo un valor promedio de 259 Mpa. con lo que se confirma la hipótesis planteada. (Tabla N° 4)

**QUINTA:** La resistencia compresiva de la resina compuesta de nanopartículas al ser fotopolimerizada con las diferentes técnicas, en donde la técnica de luz en rampa es la más aceptable y de esta manera se confirma la hipótesis planteada. (Tabla N° 6)

## 1.23 SUGERENCIAS

Se puede recomendar lo siguiente.

**PRIMERA:** Se recomienda al Decano del Colegio Odontológico del Perú, que haga un análisis riguroso de la formación de cirujanos dentistas en las universidades del país tanto estatales y privadas, a fin de que en las cartas descriptivas de las materias de biomateriales dentales y operatoria dental de los programas y facultades de Odontología, puedan ser incluidas profundizándose en conocimientos del correcto manejo de equipos y material odontológico, mas específicamente y en relación a nuestro estudio en la fotopolimerización de resinas compuestas.

**SEGUNDA:** Se exhorta que en la preparación académica universitaria del Cirujano Dentista, se plantee la enseñanza mas a profundidad de las técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz (LED).

**TERCERA:** Se sugiere al profesional Cirujano Dentista, que esté en constante actualización en cuanto se refiere a la fotopolimerización de las resinas compuesta y su relación con la resistencia compresiva de este material de manera que se aplique adecuadamente en la práctica cotidiana ofreciendo calidad de atención a los pacientes.

**CUARTO:** Se sugiere realizar trabajos de investigación por parte de los estudiantes de pre y posgrado utilizando técnicas de fotopolimerización con diodo emisor de luz para comprobar la influencia en la resistencia comprensiva, como también en el grado de microfiltración de las resinas compuestas de nanopartículas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lois Mastach F, Paz Roca C, Pazos Sierra R, Rodríguez Ponce A. “Estudio in vitro de microfiltración en obturaciones de clase II de resina compuesta condensable.” Av Odontoestomatol. 2004;20(2):85–94.
2. Rueggeberg FA, Giannini M, Arais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. Braz Oral Res [Internet]. 2017;31(suppl 1):64–91. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-83242017000500206&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-83242017000500206&lng=en&tlng=en)
3. Souza-junior EJ, Brandt WC, Pomaóndor-Hernandez C, Coelho SMA. técnicas clínicas Fotoativação na Atualidade : Conceitos e Técnicas Clínicas. J Brazilian Dent. 2014;10(2):24–30.
4. Guevara SMQ. Resistencia flexural y estabilidad de color de Restauraciones indirectas entre resinas híbridas y cerómeros sometidos a termociclado [Internet]. 2017. Available from: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9480>
5. Schneider AC, Mendonça MJ, Rodrigues RB, Busato P do MR, Camilotti V. Influência de três modos de fotopolimerização sobre a microdureza de três resinas compostas. Polímeros. 2016;26(spe):37–42.
6. Fahmy N, Naguib H, Guindy J. Effect of Light-Emitting Diode (LED) Curing Modes on Resin/Dentin Bond Strength. J Prosthodont. 2009;18(8):670–5.
7. Acurio-Benavente P, Falcón-Cabrera G, Casas-Apayco L. Comparación de la resistencia compresiva de resinas convencionales vs resinas tipo Bulk fill. Odontol Vital. 2017;2(27):69–77.
8. Salas Castro Y, Lozano Castro F. Estudio in vitro de la microdureza superficial en resinas compuestas de metacrilato y silorano. KIRU. 2014;11(1):69–73.
9. Huayhua Revolledo ED. “Estudio comparativo in vitro de la resistencia compresiva de resinas compuestas microhibridas y nanohibridas” Tesis Pregrado. 2013.
10. Linares W, Jacqueline L, Zeballos R, Elizabeth G, Cotrina D, Antoinette L, et al.

- Evaluación de la microdureza superficial de una resina compuesta según fuente de luz , su opacidad y tiempo de exposición. 2009;
11. Lanata EJ. Operatoria Dental. 2a. ed. Alfaomega Grupo Editor, editor. Operatoria Dental. Argentina; 2008. 1-378 p.
  12. Villegas Sepúlveda M. “Análisis comparativo in vitro de la tensión diametral en restauraciones realizadas con resinas compuestas fotopolimerizadas con lámparas halógenas y lámparas L.E.D” [Tesis pregrado]. Universidad de Chile; 2005.
  13. Chain M, Baratieri LN. Restauraciones estéticas con resina compuesta en dientes posteriores. Brasil; 2001. 12-18 p.
  14. Steenbeker O. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética y adhesiva. 4ta edicio. Editorial Universidad Valvaraiso, editor. Chile; 2010. 113-297 p.
  15. Phillips RW. La Ciencia de los materiales dentales. In: Elservier, editor. 11th ed. 2010. p. 415–6.
  16. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. Dent Mater. 2011;27(1):29–38.
  17. Geissberger M. Odontología Estética en la Práctica Clínica. Estados Unidos; 2012. 155-174 p.
  18. Hirata R. Tips: Claves En Odontología Estética. Panamerica. Sao Paulo-Brasil; 2012.
  19. Masioli MA. Odontología restauradora de la A a la Z. 1ra. Ed. Ponto E, editor. Brasil; 2013. 122-125 p.
  20. 3M. 3M Filtek <sup>TM</sup> Z350 XT Restaurador Universal Perfil técnico DEL PRODUCTO. 2017.
  21. Sánchez Soler LA, Espías Gómez AF. La fotopolimerización en 2002. Av Odontoestomatol. 2004;20(6):289–95.
  22. Barranco Mooney J, Barrancos P. Operatoria Dental. 4a. ed. Ed. Panamericana, editor. 2006. 663-687 p.
  23. Keogh TP. “Polimerización iniciada mediante lúz : claros y oscuros de las nuevas

- técnicas.” Ideas y Trab Odontoestomatológicos. 2001;2(1):29–37.
24. Nahem Filho H, Nagem HD, Francisconi PAS, Franco EB, Mondelli R francisco. Volumetric polymerization shrinkage of contemporary composite resins. *J Appl Oral Sci.* 2007;15(5):448–52.
  25. Hofmann N, Hiltl O, Hugo B, Klaiber B. Guidance of shrinkage vectors vs irradiation at reduced intensity for improving marginal seal of class V resin-based composite restorations in vitro. *Oper Dent.* 2002;27:515–5.
  26. Caldas D, Almeida J, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti M, Consani S. Influence of curing tip distance on resin composite Knoop hardness number, using three different light-curing units. *Oper Dent.* 2003;28:315–20.
  27. Villarroel M, Ribeiro JP, Cavina DA, Castañeda-Espinoza JC, Mondelli RF, Pereira Stella Kossatz. Evaluación de las Fuerzas de Contracción Generadas por una Resina Compuesta al Ser Polimerizada por Luz Halógena y a Base de LEDs. *Rev Dent Chile* 2004; 2004;95(3):24–31.
  28. Baratieri LN. Odontología Restauradora, fundamentos y técnicas. 4ta. Ed. Santos, editor. Brasil; 2011. 121-133 p.
  29. Giner L, Ribera M, Cucurella S, Ferré J. “Lámparas de Emisión de Diodos (L.E.D). El futuro de la fotopolimerización.” *Gac Dent.* 2009;1–4.
  30. Carrillo Sánchez C, Monroy Pedraza M. Métodos de activación de la fotopolimerización Parte II. *Rev ADM.* 2009;LXV(5):18–28.
  31. Craig RG, O’Brien WJ. Materiales Dentales. Ed. 6. Brace H, editor. Argentina; 1996.
  32. Sturdevant CM, Roberson TM, Heyman H. Operatoria Dental Arte y Ciencia. 3ra. Edici. Brace H, editor. 1999. 1-802 p.
  33. Bayne S, Taylor D. Arte y ciencia Operatoria dental. 3ra, edici ed. Brace H, editor. Madrid; 1993.
  34. Stefanello AL. Odontología Restauradora y estética. In: Latinoamérica AMO, editor. 2da Ed. Sao Paulo-Brasil; 2005. p. 115–240.
  35. Olivares Calzia RA. Grado de infiltración marginal existentes entre dientes y las

- restauraciones de resinas compuestas frente a distintos patrones de fotopolimerización. Universidad de Chile; 2001.
36. Brosh T, Ganor Y, Belov I, Pilo R. Analysis of strength properties of light-cured resin composites. *Dent Mater*. 1999;15(3):174–9.

## ANEXOS

### Anexo 1: Metodología experimental



Fig. 1. Lampara Led Woodpecker LED.D y jeringa de resina Filtek™ Z350 XT en el trabajo experimental



Fig. 2. Material e instrumental necesario para la parte experimental.



FiG. 3. Retiro de resina para insertarlo en el molde de silicona.

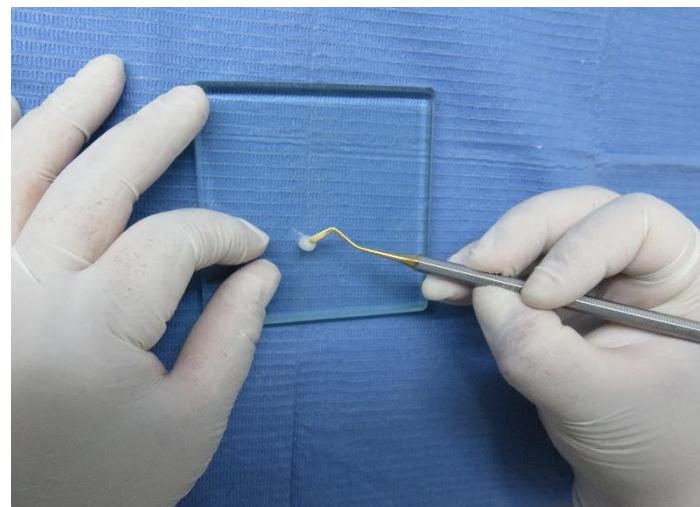


Fig. 4. Insertando en el molde de silicona para la confección de los cilindros de silicona con técnica incremental

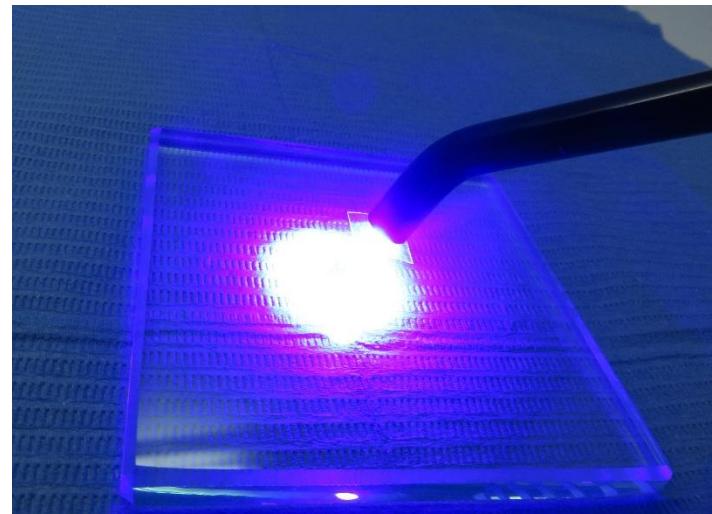


Fig. 5. fotopolimerizando por 20 segundos por cada incremento con las diferentes técnicas de fotopolimerización

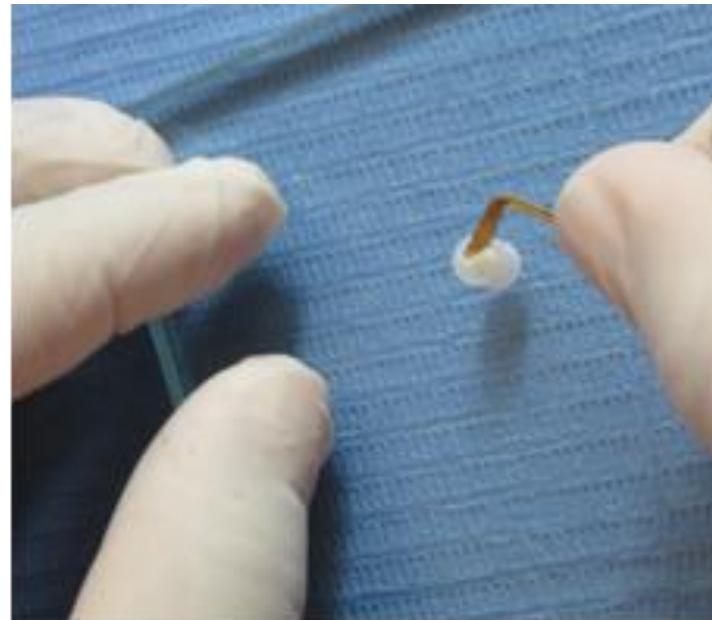


Fig. 6. Insertando otro incremento dentro de la matriz o molde de silicona.

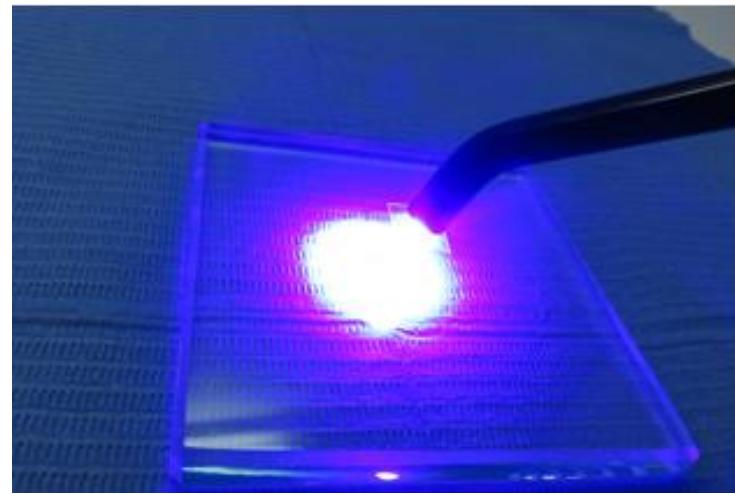


Fig. 7. Fotopolimerizando nuevamente por 20 segundos por cada incremento con las diferentes técnicas de fotopolimerización



Fig. 8. Diámetro del cilindro de 4 mm



Fig. 9. Cilindro de resina con 8 mm de longitud.

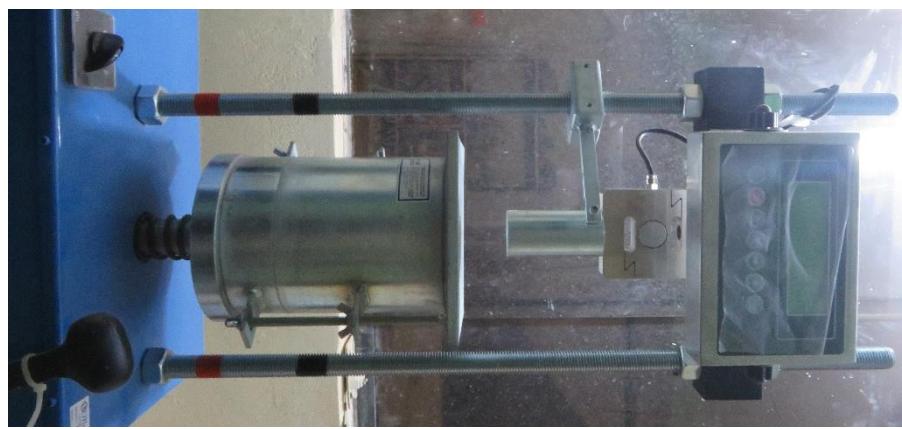


Fig. 10. Equipo máquina de ensayos marca MARSHALL Modelo.. MA-75

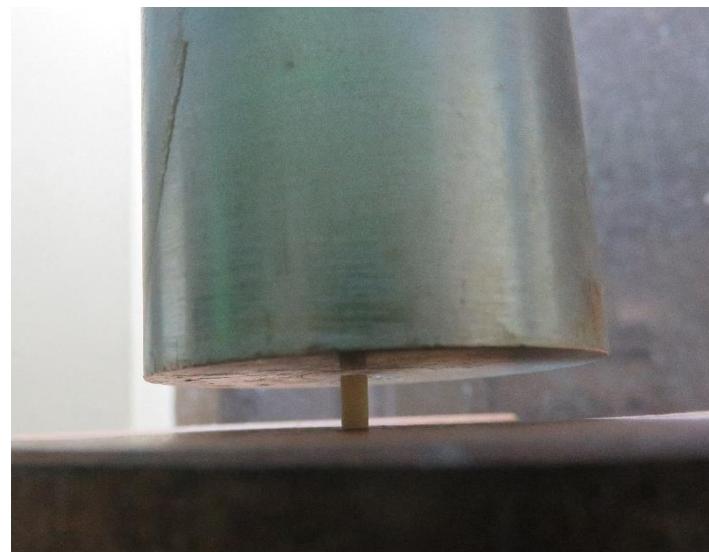


Fig. 11. Cilindro de resina en la máquina de ensayos marca MARSHALL Modelo MA-75



Fig. 12. Fractura del cilindro de resina y los kg. registrados en la máquina de ensayos marca MARSHALL Modelo. MA-75, estos datos son inscritos en la ficha de Recolección de datos

Este libro se publicó en la editorial

**Instituto Universitario  
de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú**



ISBN: 978-612-48813-6-7

A standard 1D barcode representing the ISBN number 978-612-48813-6-7. The barcode is black on a white background. Below the barcode, the numbers 9 786124881367 are printed in a small, black, sans-serif font.

EDITADA POR  
INSTITUTO  
UNIVERSITARIO  
DE INNOVACIÓN CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA INUDI PERÚ