

**EVALUACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CURADO EN RESINAS BULK FILL DE ALTA  
Y MEDIANA DENSIDAD POLIMERIZADAS CON LÁMPARAS DE FOTOCURADO  
MULTI-ONDA Y MONO-ONDA**

**Andrea Esthefania Chávez Bravo  
Heydi Yulieth Navarro Carrillo**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE  
PROGRAMA DE PROSTODONCIA - FACULTAD DE ODONTOLOGÍA  
BOGOTÁ DC- AGOSTO 2023**

## HOJA DE IDENTIFICACIÓN

<b>Universidad</b>	El Bosque
<b>Facultad</b>	Odontología
<b>Programa</b>	Prostodoncia
<b>Título:</b>	Evaluación de la profundidad de curado en resinas <i>Bulk Fill</i> de alta y mediana densidad polimerizadas con lámparas de fotocurado multi-onda y mono-onda.
<b>Línea de investigación:</b>	Materiales dentales y adhesión
<b>Tipo de investigación:</b>	Posgrado/línea docente
<b>Estudiantes:</b>	Andrea Esthefania Chávez Bravo Heydi Yulieth Navarro Carrillo
<b>Director:</b>	Luis Eduardo Luna
<b>Codirector</b>	Martha Cecilia Tamayo Muñoz
<b>Asesor metodológico</b>	Martha Cecilia Tamayo Muñoz
<b>Análisis y asesoría estadística</b>	David Augusto Díaz Báez

## **DIRECTIVOS UNIVERSIDAD EL BOSQUE**

<b>OTTO BAUTISTA GAMBOA</b>	Presidente del Claustro
<b>MIGUEL RUIZ RUBIANO</b>	Presidente Consejo Directivo
<b>MARIA CLARA RANGEL GALVIS</b>	Rector(a)
<b>NATALIA RUÍZ ROGERS</b>	Vicerrector(a) Académico
<b>RICARDO ENRIQUE GUTIÉRREZ MARÍN</b>	Vicerrector Administrativo
<b>GUSTAVO SILVA CARRERO</b>	Vicerrectoría de Investigaciones.
<b>CRISTINA MATIZ MEJÍA</b>	Secretaria General
<b>JUAN CARLOS SANCHEZ PARIS</b>	División Postgrados
<b>HERNEY ALONSO RENGIFO REINA</b>	Decana Facultad de Odontología
<b>MARTHA LILILIANA GOMEZ RANGEL</b>	Secretaria Académica
<b>DIANA MARIA ESCOBAR JIMENEZ</b>	Director Área Bioclínica
<b>ALEJANDRO PERDOMO RUBIO</b>	Director Área Comunitaria
<b>JUAN GUILLERMO AVILA ALCALÁ</b>	Coordinador Área Psicosocial
<b>INGRID ISABEL MORA DIAZ</b>	Coordinador de Investigaciones Facultad de Odontología
<b>SANDRA HINCAPIE NARVAEZ</b>	Coordinador Postgrados Facultad de Odontología
<b>EDGAR RENÉ ROJAS BENAVIDES</b>	Director de programa de especialización de Prostodoncia
<b>JOSÉ LEONARDO PÉREZ</b>	Coordinador de programa de especialización de Prostodoncia

**“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.**

## GUÍA DE CONTENIDO

**Resumen**

**Abstract**

	<b>Págs.</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>4</b>
<b>3. Planteamiento del problema</b>	<b>34</b>
<b>4. Justificación</b>	<b>37</b>
<b>5. Objetivos</b>	<b>39</b>
<b>6. Metodología del Proyecto</b>	<b>40</b>
<b>6.1. Tipo de estudio</b>	<b>40</b>
<b>6.2. Población y muestra</b>	<b>40</b>
<b>6.3. Métodos y técnicas para la recolección de la información</b>	<b>42</b>
<b>6.4. Plan de análisis de la información</b>	<b>45</b>
<b>7. Consideraciones éticas.</b>	<b>46</b>
<b>8. Resultados</b>	<b>47</b>
<b>9. Discusión</b>	<b>56</b>
<b>10. Conclusiones</b>	<b>64</b>
<b>11. Referencias Bibliográficas</b>	<b>65</b>

## LISTADO DE TABLAS

		Págs.
<b>Tabla 1</b>	<b>Estudios que sustentan los métodos para la evaluación de profundidad de curado</b> <i>Diseño de la tabla Martha Tamayo- Datos Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>28</b>
<b>Tabla 2</b>	<b>Distribución de los grupos de estudio.</b> <i>Diseño de la tabla Martha Tamayo- Datos Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>41</b>
<b>Tabla 3</b>	<b>Resultados descriptivos de dureza a 0 mm</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz y Martha Tamayo- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>47</b>
<b>Tabla 4</b>	<b>Comparaciones múltiples entre los grupos de evaluación a 0 mm.</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>48</b>
<b>Tabla 5</b>	<b>Comparación de dureza shore a 0 mm, entre resinas – de acuerdo a densidad y entre lámparas de fotocurado -de acuerdo a onda.</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>49</b>
<b>Tabla 6</b>	<b>Resultados descriptivos de dureza a 5 mm</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz y Martha Tamayo- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>50</b>
<b>Tabla 7</b>	<b>Comparaciones múltiples entre los grupos de evaluación a 5 mm.</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>50</b>
<b>Tabla 8</b>	<b>Comparación de dureza shore a 5 mm, entre resinas – de acuerdo a densidad y entre lámparas de fotocurado -de acuerdo a onda.</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>51</b>
<b>Tabla 9</b>	<b>Resultados descriptivos de dureza entre los grupos profundidad de curado.</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>53</b>
<b>Tabla 10</b>	<b>Comparaciones múltiples entre los grupos de evaluación a la profundidad de curado.</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>53</b>
<b>Tabla 11</b>	<b>Comparación de dureza shore – profundidad de curado, entre resinas – de acuerdo a densidad y entre lámparas de fotocurado -de acuerdo a onda.</b> <i>Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>55</b>
<b>Tabla 12</b>	<b>Datos de estudios con objetivos similares al presente estudio.</b> <i>Diseño de tabla Martha Tamayo- Datos suministrados por Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	<b>61</b>

## LISTADO DE FIGURAS

		Págs.
<b>Figura 1</b>	<b>Descripción del disco de resina</b> <i>Diseño Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	40
<b>Figura 2</b>	<b>Comparaciones múltiples entre los diferentes grupos a 0 mm.</b> <i>Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	49
<b>Figura 3</b>	<b>Comparaciones entre resinas de alta y mediana densidad (A), y lámparas de fotocurado (B) en dureza a 0 mm.</b> <i>Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	49
<b>Figura 4</b>	<b>Comparaciones múltiples entre los diferentes grupos a 5mm.</b> <i>Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	51
<b>Figura 5</b>	<b>Comparaciones entre resinas de alta y mediana densidad (A), y lámparas de fotocurado (B) en dureza a 5 mm.</b> <i>Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	52
<b>Figura 6</b>	<b>Comparaciones múltiples entre los diferentes grupos en profundidad de curado.</b> <i>Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	54
<b>Figura 7</b>	<b>Comparaciones entre resinas de alta y mediana densidad (A), y lámparas de fotocurado (B) en la profundidad de curado.</b> <i>Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo &amp; Navarro-Carrillo, 2023</i>	55

## RESUMEN

### EVALUACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CURADO EN RESINAS BULK FILL DE ALTA Y MEDIANA DENSIDAD POLIMERIZADAS CON LÁMPARAS DE FOTOCURADO MULTI-ONDA Y MONO-ONDA

**Antecedentes:** La eficacia clínica de las resinas Bulk Fill en cavidades clase I y II cuya profundidad aproximada es de 5mm, está determinada por la densidad de la resina – alta o mediana, y el tipo de onda de la luz emitida por la lámpara de fotocurado -onda única o de onda múltiple, sin embargo, la evaluación del efecto sobre la profundidad de curado de estos dos factores combinados, aún no ha sido realizada. **Objetivo:** Evaluar la profundidad de curado en resinas Bulk fill de alta y mediana densidad polimerizadas con lámparas multi onda y mono onda a 0 y 5 mm. **Métodos:** En este estudio experimental in vitro se utilizó una muestra probabilística por grupo de 20 discos de resina. Se evaluaron dos tipos de resina de alta densidad (Tetric EvoCeram Bulk Fill® y la Filtek™ One Bulk Fill Restorative) y dos tipos de resina de mediana densidad (Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative 3 y Opus Bulk Fill Flow APS) las cuales fueron polimerizadas con dos tipos de lámpara; multi onda (Bluephase N de Ivoclar Vivadent) y mono onda (Elipar Deepcure de 3M); para un total de 8 grupos. La dureza shore se evaluó a 0 y 5 mm mediante un durómetro Shore calibrado. Los datos se reportaron en dureza shore a dichas profundidades y para determinar la profundidad de curado se calculó la proporción entre la dureza shore a 5 mm con respecto a la obtenida a 0mm. Los datos fueron analizados con las pruebas de Kruskal Wallis y Post-Hoc de Dunn ( $p > 0.05$ ). **Resultados:** Al analizar la dureza shore a 0 y 5 mm no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las resinas de alta y media densidad (0mm =  $p > 0,0687$  y 5mm =  $p > 0.0656$ ), sin embargo, si se presentaron al comparar las lámparas de fotocurado entre sí (0mm =  $p < 0.000$  y 5mm =  $p > 0.0205$ ) observándose una dureza shore para la lámpara multi-onda (0mm = Me:95.5-RIQ:92.5–97.5 y 5mm = Me:92-RIQ:89 – 94). Al evaluar la profundidad de curado, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas resinas ( $p < 0.0147$ ) y entre las dos lámparas evaluadas ( $p < 0.0001$ ) observándose un mayor valor para la resina de media densidad (Me:96.81%-RIQ:95.85–96.91) y para la lámpara mono-onda (Me:96.81%-RIQ:96.81–97.85) **Conclusiones:** Dentro de los límites de este estudio se puede concluir que tanto las resinas de alta como mediana densidad fotopolimerizadas con lámparas multi-onda y mono-onda pueden ser usadas con confiabilidad en la restauración de cavidades clase I y II dado que los datos de profundidad de curado fueron mayores a 80% tal y como lo sugiere la norma ISO 868 de 2003.

**Palabras claves:** Resinas bulk fill alta densidad; resinas bulk fill mediana densidad; lámparas de fotopolimerización multi onda, lámparas de fotopolimerización mono onda; Dureza shore.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF CURING DEPTH OF BULK-FILL HIGH AND MEDIUM DENSITY RESINS POLYMERISED WITH POLY-WAVE AND MONO-WAVE PHOTOCURING LAMPS

**Background:** Clinical efficiency of bulk-fill resins in class I and II cavities of approximately 5mm depth is determined by its high or medium density and light-wave type. However, curing depth effect regarding these factors has not been evaluated so far. **Objective:** to evaluate curing depth of said resins and lamps at 0 mm and 5 mm. **Methods:** This *in vitro* experimental study was composed of 20 resin discs with two high-density types (Tetric EvoCeram Bulk Fill® and Filtek™ One Bulk Fill Restorative) and two medium-density types (Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative 3 and Opus Bulk Fill Flow APS) which were polymerized with two lamp types: poly-wave (Bluephase-N from Ivoclar Vivadent) and mono-wave (Elipar Deepcure -3M) for a total of eight groups. The shore hardness was evaluated at 0 mm and 5 mm with a calibrated shore durometer with data was reported and their proportion used to determine depth. Data was analysed with the Kruskal Wallis and Dunn's post hoc test ( $p > 0.05$ ). **Results:** No significant hardness differences were found between resins (0mm =  $p > 0,0687$  and 5mm =  $p > 0.0656$ ), there were differences between lamps (0mm =  $p < 0.000$  and 5mm =  $p > 0.0205$ ) of a shore hardness for the poly-wave lamp (0mm = Me:95.5-RIQ:92.5-97.5 and 5mm = Me:92-RIQ:89 - 94). Further significant differences were observed in the curing depths between resins ( $p < 0.0147$ ) and lamps ( $p < 0.0001$ ) where the medium-density obtained a higher value (Me:96.81%-RIQ:95.85-96.91) as well as the mono-wave (Me:96.81%-RIQ:96.81-97.85) **Conclusions:** it may be concluded that the evaluated resins and lamps may be reliably used for class I and II cavity restorations given that curing depth were above 80% as suggested by ISO 868 of 2003.

**Keywords:** High density bulk fill resins; medium density bulk fill resins; multi-wave curing lights, mono-wave curing lights; shore hardness

## 1. INTRODUCCIÓN:

Las resinas se han utilizado ampliamente como material de obturación directa para restaurar estéticamente la pérdida de estructura dental (Chesterman et al., 2017). Sus características inherentes, como la resistencia a la compresión y a la tracción, el módulo elástico, la contracción de polimerización, la tensión de contracción que generan en el diente y el grado de conversión, juegan un papel importante en el éxito clínico de dichas obturaciones; así mismo, los protocolos de irradiación de luz van a determinar gran parte de sus características mecánicas (Ilie y Stark, 2015). En la medida en que los materiales resinosos han evolucionado, las técnicas de obturación también lo han hecho de manera simultánea, las resinas convencionales se deben colocar en incrementos de 2 mm para obtener una profundidad de curado adecuada. Además, esta técnica incremental puede reducir sobre las paredes de la cavidad la tensión de contracción por polimerización (Li et al., 2015). Sin embargo, la utilización de la técnica incremental es un procedimiento que requiere mucho tiempo, entre incrementos se pueden presentar espacios por un deficiente empaquetamiento de la resina, o desprendimiento de los incrementos al contraerse el material. Lo anterior puede producir percolación o filtración marginal, caries secundaria y sensibilidad post operatoria (Lima et al., 2018).

Por otro lado, el fotocurado depende de la penetración de luz visible a través del material. Está comprobado que la polimerización incompleta del cuerpo de resina genera deficientes propiedades físico - mecánicas y reacciones biológicas adversas por presencia de alto porcentaje de monómeros residuales. Existen otros factores que afectan a la profundidad de curado, como el tipo de resina, opacidad, translucidez, la técnica incremental utilizada, la distancia desde la punta de la unidad de fotocurado hasta la resina (Tarle et al., 2015).

Para reducir considerablemente las desventajas anteriores, es importante mencionar que hace poco se fue implementando una nueva categoría de compuestos a base de resina, denominadas "RESINAS BULK-FILL", que se llevaron a cabo para simplificar el procedimiento de la técnica incremental. Generalmente aumentar el volumen de la resina causaría una mayor tensión de contracción en las paredes de la cavidad, dependiendo del factor C; que se define como el número de superficies adheridas y no adheridas en una cavidad conformada (Zorzin et al., 2015). Este estrés puede provocar la formación de espacios en la interfaz entre

el diente y la restauración. Sin embargo, algunos fabricantes y autores afirman que las resinas Bulk-Fill son materiales de restauración altamente poliméricos reforzados con sílice, vidrio y partículas de relleno de resina cristalina, el cual permiten el uso de técnicas incrementales de 4 o 5 mm disminuyendo así los inconvenientes clínicos relacionados con la contracción de polimerización ([Shimokawa et al., 2018](#)).

Para el alivio de las tensiones generadas y el incremento de la profundidad de polimerización se realizaron algunas modificaciones en la composición química de las resinas compuestas, como el aumento de la translucidez para una mayor transmisión de la luz activadora, asimismo la incorporación de monómeros moduladores de la polimerización y la modificación de partículas de relleno. Tanto las resinas convencionales como las resinas Bulk-Fill tienen dentro de sus compuestos la canforoquinona como fotoiniciador y la amina terciaria como co-iniciador. ([Miletic et al., 2017](#)). Se han introducido otros fotoiniciadores como el óxido de acilfosfina – Lucerina TPO (óxido de 2,4,6- trimetilbenzoidifenilfosfina) que es un fotoiniciador de fotofragmentación que actúa de forma independiente sin necesidad de un co-iniciador, con un espectro de absorbancia de 380 nm – 425 nm) y un pico aproximadamente de 400 nm; la ivocerina, derivado del germanio, el cual tiene un pico de sensibilidad aproximadamente de 420 nm y un rango de espectro de absorbancia entre 390 nm – 445 nm) para asegurar la adecuada polimerización de grandes incrementos ([Ivoclar Vivadent., 2019](#); [Van et al., 2017](#)).

Para activar los fotoiniciadores de las resinas compuestas actualmente se emplean las unidades de fotoactivación LED (LIGHT EMITTING DIODE). La canforoquinona, principal fotoiniciador de los materiales dentales resinosos, necesita una longitud de onda igual de 420 nm - 495 nm para activarse, mientras que los fotoiniciadores alternativos por lo general presentan un espectro de absorción de la luz en longitud de onda menor de 420 nm ([Menees et al., 2015](#)). Debido a esta diferencia de espectros ideales para cada tipo de fotoiniciador existen 2 tecnologías distintas de unidades de fotoactivación LED: monowave y polywave. Las monowave poseen diodos emisores solo en el rango de luz azul (420 nm – 495 nm), adecuado para la activación de la canforoquinona, mientras que las Polywave poseen además del rango azul, diodos emisores en el espectro violeta (380 nm – 420 nm) para activar los fotoiniciadores alternativos ([Maghaireh et al., 2019](#)).

En la actualidad han surgido diversos tipos de resinas y lámparas de fotocurado (monowave y polywave) en la búsqueda de mejorar las propiedades mecánicas, físicas, estéticas y de manipulación de los materiales usados en la práctica de prostodoncia. Sin embargo, esto cobra importancia porque la mayoría de profesionales utilizan unidades de fotoactivación monowave debido a que existe una mayor demanda en el mercado y son económicamente más accesibles ([Reis et al., 2017](#)).

Para las resinas Bulk-Fill la investigación de la profundidad de curado es importante porque generalmente incluye una matriz de resina orgánica, relleno inorgánico, un agente de unión, inhibidores, un sistema de iniciación y óxidos metálicos (pigmentos para el color y la opacidad), entonces el rendimiento clínico de las restauraciones con este material se encuentra determinado en gran medida por una óptima polimerización inducida por luz. Hay varios métodos para medir la profundidad de curado, uno de ellos es el scrapeback o técnica del raspado, en ella se basa la metodología establecida en la norma ISO 4049 para profundidad de curado de materiales resinosos ([Pedalino et al., 2015](#)). La normativa para la estandarización ISO 4049, se detalla la forma de realizar la prueba de profundidad de curado, la misma que deben realizar los fabricantes para poder garantizar la adecuada polimerización de los materiales desarrollados ([Shimokawa et al., 2020](#)).

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es comparar la profundidad de curado de las resinas Bulk-Fill de alta y mediana densidad que son polimerizadas con lámparas polywave (multi onda) y las monowave (mono onda).

## 2. MARCO TEÓRICO

### a. Resumen de Búsqueda de información:

Se definieron las siguientes variables:

- **Resinas Bulk Fill:** Un material polimérico altamente reticulado reforzado por una dispersión de sílice amorfa, vidrio, partículas de relleno orgánico unido a la matriz mediante un agente de acoplamiento ([The Glossary of Prosthodontic Terms, 2017](#)). Permite el uso de incrementos de 4 o 5 mm sin alterar sus propiedades físicas, aumentando su translucidez y la evolución de su fotoiniciador. ([Miletic et al., 2017](#)).
- **Lámparas Multi Onda:** Lámpara Polywave o de múltiple longitud de onda, utilizan una combinación de chips LED con diferente emisión de longitud de onda para producir un espectro de emisión de luz de 440 nm - 470 nm y una longitud de onda mas corto por debajo de 420 nm ([de Cassia et al., 2020](#)).
- **Lámparas Mono Onda:** Lámpara monowave o de única longitud de onda, la cual tiene una emisión de longitud de onda para producir un espectro de emisión de luz de 470 nm y prácticamente ninguna emisión por debajo de 420 nm. ([de Cassia et al., 2020](#))
- **Profundidad de Curado:**
  1. La profundidad de curado se define como el espesor máximo de un material compuesto que puede curarse adecuadamente en una sola capa ([Miletic et al., 2017](#)).
  2. Longitud absoluta de una cadena de resina fotopolimerizada dividida entre dos ([International Standard ISO 4049, 2000](#)).

*Se consultaron las siguientes bases de datos:* The Cochrane Oral Health Group's Trials Register (26 de abril 2021), PUBMED (26 de abril 2021) Y EMBASE via OVID (26 de abril 2021).

*Se utilizaron las siguientes palabras clave:* Multiwave lamps, Multi wave lamps, multi peak lamps, Multiwave Light-emitting Diodes, Multi-Wave LED Light Curing Unit, Multiwave LED, Polywave LED, polywave LED units, Curing Light, Dental, light curing units, Light Emitting

Diode LED, light curing, LED, light curing, Mono Wave LED, Monowave LED, Bulk-fill resin-based composites, bulk-fill composite resins, Resins, Synthetic Composite Resin, Dental Resins, Light-Curing of Dental Resins, light-cured composites, Depth of cure, Depth-of-cure, Polymerization, Curing Process

*Se buscaron los siguientes tipos de estudios: Metaanálisis, ensayos clínicos aleatorizados y controlados, estudios de casos y control, estudios de cohorte.*

*Se utilizaron las siguientes estrategias de búsquedas*

#1	Bulk-fill resin-based composites <b>OR</b> bulk-fill composite resins <b>OR</b> Resins, Synthetic Composite Resin <b>OR</b> Dental Resins <b>OR</b> Light-Curing of Dental Resins <b>OR</b> light-cured composites
#2	Multiwave lamps <b>OR</b> Multi wave lamps <b>OR</b> multi peak lamps <b>OR</b> Multiwave Light-emitting Diodes <b>OR</b> Multi-Wave LED Light Curing Unit <b>OR</b> Multiwave LED <b>OR</b> Poliwave LED <b>OR</b> polywave LED units <b>OR</b> Curing Light, Dental <b>OR</b> light curing units <b>OR</b> Light Emitting Diode (LED) light curing <b>OR</b> (LED) light curing
#3	Mono Wave LED <b>OR</b> Monowave LED
#4	Depth of cure <b>OR</b> Depth-of-cure <b>OR</b> Polymerization <b>OR</b> Curing Process
#5 #2 <b>OR</b> #3	(Multiwave lamps <b>OR</b> Multi wave lamps <b>OR</b> multi peak lamps <b>OR</b> Multiwave Light-emitting Diodes <b>OR</b> Multi-Wave LED Light Curing Unit <b>OR</b> Multiwave LED <b>OR</b> Poliwave LED <b>OR</b> polywave LED units <b>OR</b> Curing Light, Dental <b>OR</b> light curing units <b>OR</b> Light Emitting Diode (LED) light curing <b>OR</b> (LED) light curing) <b>OR</b> (Mono Wave LED <b>OR</b> Monowave LED)
#6 #5 <b>OR</b> #1	((Multiwave lamps <b>OR</b> Multi wave lamps <b>OR</b> multi peak lamps <b>OR</b> Multiwave Light-emitting Diodes <b>OR</b> Multi-Wave LED Light Curing Unit <b>OR</b> Multiwave LED <b>OR</b> Poliwave LED <b>OR</b> polywave LED units <b>OR</b> Curing Light, Dental <b>OR</b> light curing units <b>OR</b> Light Emitting Diode (LED) light curing <b>OR</b> (LED) light curing) <b>OR</b> (Mono Wave LED <b>OR</b> Monowave LED)) <b>OR</b> (Bulk-fill resin-based composites <b>OR</b> bulk-fill composite resins <b>OR</b> Resins, Synthetic Composite Resin <b>OR</b> Dental Resins <b>OR</b> Light-Curing of Dental Resins <b>OR</b> light-cured composites)
#7 FINAL #6 <b>AND</b> #4	((Multiwave lamps <b>OR</b> Multi wave lamps <b>OR</b> multi peak lamps <b>OR</b> Multiwave Light-emitting Diodes <b>OR</b> Multi-Wave LED Light Curing Unit <b>OR</b> Multiwave LED <b>OR</b> Poliwave LED <b>OR</b> polywave LED units <b>OR</b> Curing Light, Dental <b>OR</b> light curing units <b>OR</b> Light Emitting Diode (LED) light curing <b>OR</b> (LED) light curing) <b>OR</b> (Mono Wave LED <b>OR</b> Monowave LED)) <b>OR</b> (Bulk-fill resin-based composites <b>OR</b> bulk-fill composite resins <b>OR</b> Resins, Synthetic Composite Resin <b>OR</b> Dental Resins <b>OR</b> Light-Curing of Dental Resins <b>OR</b> light-cured composites)) <b>AND</b> (Depth of cure <b>OR</b> Depth-of-cure <b>OR</b> Polymerization <b>OR</b> Curing Process)

No hubo restricción de lenguaje ni de fechas de publicación.

*Con esta estrategia se encontraron un total de: 22 artículos en la base de datos de Cochrane Oral Health Group's Trials Register, 84,655 en PUBMED y 32,216 en EMBASE via OVID para*

un total de 1625; de los cuales fueron preseleccionados por **título** y **abstract** 53 y de estos se seleccionaron 36 por **relevancia**.

Se **excluyeron**, editoriales, abstracts que no hubieran sido seguidos por una publicación posterior, cartas o comentarios.

## **B. Marco de referencia**

Con la evolución de los materiales dentales, se han creado diversos tipos de resinas con diferentes características. En la última década ha aparecido una nueva generación de resinas tipo **Bulk-Fill (RBF)**, que se podrían aplicar en un incremento de hasta 4-5 mm, mediante una técnica de monobloque o una capa, estas resinas se definen como un material polimérico altamente reticulado reforzado por una dispersión de sílice amorfa, vidrio, partículas de relleno orgánico unido a la matriz mediante un agente de acoplamiento que rompe con los protocolos tradicionales de obturación y permite su aplicación en bloques de 4 mm o más, también se reportan que estas resinas fueron creadas en 2010 con el objetivo de reducir la cantidad de capas colocadas durante el procedimiento de una restauración y el tiempo clínico de trabajo ([Miranda et al., 2015](#)).

Así mismo, la modificación de la cantidad y composición de los fotoactivadores en algunas formulaciones, disminuyen el tiempo de polimerización y permiten un curado de mayor profundidad. A pesar de que estos materiales presentan una contracción volumétrica de 1.6%, varios estudios han reportado que las características de estas resinas no producen una separación del material a las paredes de la cavidad, conservándose de esta forma la integridad del sellado marginal. ([Conte et al., 2017](#)).

Varios materiales Bulk Fill están actualmente en el mercado, incluidas formulaciones de baja y alta viscosidad. Cada resina adopta diferentes estrategias para lograr una alta transmisión de luz y fluidez. Se puede lograr una profundidad de curado suficiente usando moduladores de polimerización específicos, mejorando la translucidez o usando sistemas iniciadores más potentes. Generalmente, las resinas Bulk Fill de baja viscosidad presentan un bajo contenido de relleno para aumentar la fluidez. Sin embargo, algunos materiales presentan un alto

contenido de relleno, pero logran fluidez a través de la activación sónica (SonicFill) (Miranda et al., 2015).

El contenido total de rellenos inorgánicos de las resinas Bulk Fill los cuales son; relleno de sílice de 20 nm no aglomerado, relleno de zirconio de 4 a 11 nm no aglomerado, relleno de partículas de sílice/zirconio agregado (compuesto por partículas de sílice de 20 nm y zirconio de 4 a 11 nm) y relleno de trifluoruro de iterbio constituidos por partículas aglomeradas de 100 nm: 76,5% en peso y 58,5% en volumen, fotoiniciador canforoquinona (CQ), fotoacelerador butilhidroxitolueno (BHT), estabilizador UV, dióxido de titanio, óxido de hierro inorgánico, agente fluorescente. Los aditivos, iniciadores, estabilizadores y pigmentos son compuestos adicionales con un peso <1,0 %. (Chesterman et al., 2017).

Dentro de la composición de este tipo de resinas encontramos que se basan principalmente en monómeros de Bis-GMA, (bisfenol-A-glicidildimetacrilato); bis-EMA, (bisfenol-A-dimetacrilato etoxilado); UDMA, (dimetacrilato de uretano); TMPTMA, (trimetacrilato de trimetilolpropano); TEGDMA, (dimetacrilato de trietilenglicol); EBADMA, (dimetacrilato de bisfenol-A etoxilado); EBPDMA, Bis-GMA (etoxilado); SiO<sub>2</sub>, (dióxido de silicio), estos elementos contienen alto peso molecular, lo que permite un menor desarrollo de contracción por polimerización. Sin embargo, en algunos casos se han agregado monómeros distintos y/o modificado el clásico monómero de Bowen por monómeros de menor viscosidad (Miranda et al., 2015).

Entre las propiedades físico mecánicas de esta nueva generación de resinas presentan: una mejor adaptación, mayor resistencia a la deformación cúspidea debido al reducido estrés de contracción de polimerización lo que permite que presente una mayor resistencia a la fractura, también encontramos características como: resistencia a la fatiga, que se define como el número de ciclos de carga mecánica que un material puede soportar antes de fracturarse y está influenciada por las fuerzas masticatorias cíclicas ejercidas por el paciente. Los informes de literatura han demostrado que los materiales que exhiben alta resistencia inicial no siempre tienen una alta resistencia a la fatiga por lo que la resina Bulk-Fill proporciona una menor tensión de la cúspide, un estrés de contracción y una mayor resistencia a las fracturas. (Alrahlah et al., 2014)

En cuanto al uso de resinas de relleno fluidas se recomienda la adición de una capa de resina convencional de 2 mm en la superficie oclusal, las cuales se les ha disminuido el porcentaje de relleno inorgánico y se han agregado a la matriz de resina algunas sustancias o modificadores reológicos (diluyentes) y se obtendría un material menos viscoso o fluido. Dentro de sus ventajas destacan: alta capacidad de humectación de la superficie dental, tienen el potencial de fluir en pequeños socavados, puede formar espesores de capa mínimos, lo que previene el atrapamiento de burbujas de aire, tiene una alta elasticidad o bajo módulo elástico (3.6 – 7.6 GPa), lo cual se ha demostrado que provee una capa elástica entre la dentina y el material restaurador que puede absorber la contracción de polimerización asegurando la continuidad en la superficie adhesiva y reduce la posibilidad de desalajo en áreas de concentración de estrés. Aunque este tipo de resinas posee una alta contracción de polimerización (4 a 7 %), su gran elasticidad es un factor que contrarresta el esfuerzo interfacial. (Alrahlah et al., 2014).

*De acuerdo a su viscosidad e indicación de uso se clasifican en:* (Santini et al., 2012; Conte et al., 2017)

- Resinas Bulk de mediana viscosidad (fluida para ser usada como base cavitaria)
- Resinas Bulk de mediana viscosidad (fluida activada sónicamente para ser usada como material de restauración directa)
- Resinas Bulk de alta viscosidad (para ser usada como material de restauración directa)

*De acuerdo a la técnica de aplicación se clasifican en* (Santini et al., 2012; Conte et al., 2017)

- Técnica monobloque de dos pasos: Resina Bulk Fill mediana viscosidad + resina Bulk Fill de alta viscosidad.
- Técnica monobloque con activación sónica: Resina Bulk Fill de mediana viscosidad con activación sónica.
- Técnica monobloque un paso: Resina Bulk Fill de alta viscosidad.

En la literatura se reportan las diferentes **ventajas** de las Resinas Bulk Fill, estas no presentan una contracción volumétrica en relación a las paredes de la cavidad, además generan menor

tensión de contracción y de polimerización, además la facilidad en la manipulación durante el procedimiento clínico; ya que permite utilizar incrementos mayores en comparación con una resina convencional de aproximadamente 4 mm, debido a algunas modificaciones en su formulación y composición, permitiendo así un mejor control de la polimerización y una mayor profundidad de curado ya que por esta razón este tipo de resinas tienen una característica física como la translucidez; esta propiedad permite el paso de luz de la lámpara para iniciar el proceso de polimerización, los autores resaltan resultados no tan favorables de este tipo de resina y se considera como una **desventaja** ya que no aporta suficiente estética (Reis et al., 2017).

También se compara el uso de las resinas convencionales con las resinas Bulk y se evalúa el efecto de contracción y la reducción en la cantidad y disposición de los incrementos, ya que por medio del manejo de una técnica de obturación, donde la aplicación de los incrementos se hace de manera oblicua que horizontal, con el objetivo de mejorar así el factor C o cavitacional. (Dietschi et al., 2013).

### ***Lámparas de fotocurado***

Para activar los fotoiniciadores de las resinas se emplean las unidades de fotoactivación mediante el uso de dispositivos que permiten la emisión de luz; las lámparas de fotocurado liberan energía lumínica a distintas longitudes de onda, para iniciar el proceso de polimerización que se lleva a cabo por lámparas de luz azul; siendo las lámparas LED (Light Emitting Diode) el estándar de oro de fotopolimerización en odontología. (Maghaireh et al., 2019).

Estas funcionan como semiconductores, es decir, convierten la energía eléctrica en luz visible, fenómeno conocido como electroluminiscencia. Las partículas, denominadas fotones, juegan un rol importante en la polimerización. Al ser emitidos, estos fotones viajan a la velocidad de la luz y en forma de ondas. La distancia entre las crestas de cada onda se denominada longitud de onda, la cual determina el color de luz emitido. Actualmente, los LEDs de Nitruro de Galio - Indio (InGaN) emiten luz azul cuya longitud de onda varía de 380 nm - 500 nm dependiendo de sus características intrínsecas. (Tarle et al., 2015; Nagi et al., 2015; Maghaireh et al., 2019).

Para que la reacción de polimerización se lleve a cabo, es necesario que el fotón sea absorbido por una molécula fotosensible, transformando su energía luminosa en energía de excitación eléctrica. Las resinas utilizan el mecanismo de polimerización por adición donde la molécula fotosensible, denominada fotoiniciador, absorbe la energía de la luz azul visible, transformándola en radicales libres o iones, que son capaces de inducir reacciones químicas. Por otro lado, la canforoquinona forma parte del sistema fotoiniciador más utilizado, cuando absorbe un fotón, entra en estado de excitación e interactúa con un co-iniciador de amina terciaria, la cual le cede un electrón. De este modo la amina terciaria excitada funciona como radical libre y es la que inicia la reacción con los monómeros (donde el fotoiniciador reacciona con una molécula intermediaria, denominada co-iniciador). No obstante, se utilizan también fotoiniciadores que no requieren de una molécula intermediaria para poder crear radicales libres, por ejemplo: Ivocerina. Cada tipo de fotoiniciador es activado por luz con una longitud de onda específica (espectro de absorción), por lo tanto, es esencial conocer la longitud de onda emitida por una lámpara y si coincide con el espectro de absorción de los fotoiniciadores presentes en las resinas. (Tarle et al., 2015; Maghaireh et al., 2019).

Otro factor importante en la polimerización es la cantidad de energía producida. Usualmente, los fabricantes se refieren a esta como intensidad; aunque el término apropiado según el Sistema Internacional de Unidades es salida radiante o emitancia radiante ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ), que expresa el flujo de energía emitido por una superficie como la punta de una lámpara. Para una adecuada fotopolimerización, se necesita aproximadamente  $16 \text{ J}/\text{cm}^2$  para una capa de resina de 2 mm de espesor, lo cual se puede lograr con exposición de 20 segundos a  $800 \text{ mW}/\text{cm}^2$ , o una exposición de 13 segundos con una lámpara de  $1200 \text{ mW}/\text{cm}^2$ . Sin embargo, los valores de emitancia radiante difieren de la energía incidente en la superficie de una restauración, la cual se denomina como irradiancia ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ), debido a que la distancia entre la lámpara y la restauración disminuye la cantidad de luz recibida la cual varía entre 25% y 75% según la casa comercial. (Maghaireh et al., 2019).

Idealmente, la punta de la lámpara debería estar en íntimo contacto con la restauración utilizando la emitancia radiante y el tiempo de exposición recomendados por el fabricante. A pesar de ello, existen situaciones clínicas como las cavidades Clase I y II donde la pared pulpar o gingival presentan una profundidad considerable, para lo cual es recomendable aumentar

el tiempo de exposición a 40 - 60 segundos si se utilizan lámparas con una emitancia radiante de 600 mW/cm<sup>2</sup>.

**Las lámparas de fotocurado se clasifican** según el tipo de luz o fuente generadora, según la intensidad y el rango emitido, las normas ISO 10650-1 y 1060-2 (Powered Polymerization Activators) regulan los valores pertinentes a las unidades de luz y LED de uso odontológico (Baek et al., 2008).

*Según tipo de luz o fuente generadora (Baek et al., 2008)*

1. Unidades de luz ultravioleta: fueron desarrolladas a comienzos de los años 70. Actúan sobre fotoiniciadores activables en longitudes de onda inferiores a 400 nm. Tienen un rango de longitud estrecho, especificidad para materiales, cambio prematuro del color y riesgo de alteración celular.
2. Luz Halógenas: estas unidades dependen de la producción de luz proveniente de un foco que emite luz visible con una salida de 400 nm - 500 nm y dependen de un sistema de filtrado para definir su rango exacto. Estos bombillos de halógena que se utilizan en los sistemas de polimerización por luz visible, generan luz a través del calentamiento a una alta temperatura de los filamentos de Tungsteno presentes en un foco contenido de gas halógeno, es importante hacer notar, que solo menos del 1% de esa energía se genera en luz, el resto de la energía se presenta como calor. Todo este proceso, produce la luz blanca al pasar la corriente a través del filamento de tungsteno posicionado dentro del bombillo de cuarzo y lleno con gas halógeno, mientras que el reflector que se encuentra localizado detrás del bombillo, refleja la luz y el calor.
3. Unidades Láser de Argón: Tiene alta intensidad y tiempos de polimerización cortos, con longitud de onda de 450 nm a 515 nm, compatible con canforoquinonas, emplea un gas como medio activo, cuando es utilizado a mínima potencia provoca una buena polimerización de los materiales de restauración, mientras que a 1,5 W es un láser quirúrgico apropiado para el corte de tejidos blandos con mínimo sangrado y escaso dolor postoperatorio. Produce menos irritación pulpar ya que deja menos cantidad de monómero libre, que es el causante de la irritación pulpar al quedar en contacto con los túbulos dentinarios. Una indicación muy interesante de este láser es su uso en las

restauraciones de clase II, ya que al reducido tamaño de la fibra óptica permite un fácil acceso a la zona proximal de la caja de obturación.

4. Unidades de Arco de Plasma: fueron diseñadas para aumentar la intensidad de polimerización de la resina, hasta intensidades aproximadas de  $1.800 \text{ mW/cm}^2$ , disminuyendo el tiempo de polimerización. Su mecanismo de acción se inicia al aplicar un alto voltaje entre dos electrodos, produciendo un arco de luz entre ellos. Una de las principales desventajas que presentan estas lámparas es el aumento de calor causado por la alta intensidad de radiación provocando efectos negativos en la resina, como: rápida contracción que compromete los márgenes de la restauración y también puede producir lesiones pulpares.
5. Unidades de luz emitidas por diodos (LED): La tecnología de los diodos de emisión de luz azul basados en Nitrato de Galio (GaN) fue una innovación desarrollada e introducida en la odontología en los años 1990, donde se comprobó la eficiencia de los LEDs azules para la polimerización de la canforoquinona en los materiales resinosos. Estos dispositivos presentan ventajas como: bajo peso, bajo requerimiento de energía, baja producción de calor, larga vida útil y brindan mayor eficiencia en la polimerización comparados con las lámparas halógenas (Rueggeberg, 2011).
  - a. Primera generación: Fueron introducidas en el año 2000, usando 7 diodos individuales como una emitancia radiante de apenas  $116 \text{ mW/cm}^2$ , lo cual tuvo un impacto desfavorable en su rendimiento comparado con las lámparas halógenas. Del mismo modo, las lámparas de esta generación se caracterizaron por tener baja emitancia radiante ( $100 \text{ mW/cm}^2$  -  $180 \text{ mW/cm}^2$ ) y utilizaban una punta de fibra óptica para poder llegar a estos valores. Aun así, era necesario tiempos de exposición prolongados, de más de 60 segundos, para la polimerización de un incremento de 2 mm de resina. (Rueggeberg, 2011). En el 2001, Elipar Freelight (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) se comercializó teniendo 9 diodos y una emisión radiante de  $400 \text{ mW/cm}^2$ , sin embargo, su utilización se vio asociada a restauraciones con deficientes propiedades mecánicas. Las lámparas llegaron a tener 64 diodos, pero gracias al progreso de la tecnología

de semiconductores, demostraron una eficacia similar al de las lámparas halógenas. (Mills et al., 2002)

- b. Segunda generación: Su característica principal son diodos LED de mayor potencia organizados en chips, a diferencia de los diodos individuales de la primera generación. Presentando una emitancia radiante de 1000 mW/cm<sup>2</sup>, duplicando la emisión de los 19 diodos de los de la primera generación y brindando una polimerización eficiente. Por esa razón, el tiempo de exposición recomendado disminuyó, pero el aumento de temperatura gracias a la mayor densidad de los fotones emitidos se convirtió en un factor crítico para la longevidad de las lámparas; congruentemente, ventiladores internos o disipadores de calor metálicos fueron usados para contrarrestar el valor en estos equipos. (Rueggeberg., 2011).

A pesar de los avances en cuanto a la emitancia radiante, las lámparas de primera y segunda generación fueron diseñadas para la polimerización de la canforoquinona, a pesar de ello, su espectro de emisión de luz no permite la activación de resinas que presentaban fotoiniciadores activados por espectros de luz menos a 450 nm (Rueggeberg., 2011).

- c. Tercera generación: La incorporación de nuevos fotoiniciadores como PPD ((1-fenilpropano-1,2-diona), Lucerina TPO (óxido de fosfina trimetilbenzoildifenilo) y la Ivocerina. Estos fotoiniciadores se activan con un espectro de luz mucho más amplio que el emitido por las lámparas de segunda generación, por lo tanto se puede obtener los fotones necesarios en el espectro de 380 nm y 500 nm incorporando LEDs que emiten diferentes colores de luz. En el 2003, la primera lámpara comercializada de esta generación fue la Ultralume 5 (Ultradent Products Inc., South Jordan, EUA) con 5 LEDs en total, uno de luz azul y cuatro de luz violeta. Asimismo, Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) presentó tres LEDs emisores de luz azul y un LED emisor de luz violeta, además de lograr aumentar la emitancia radiante a 2200 mW/cm<sup>2</sup>. En el 2011, la lámpara Valo (Ultradent Products Inc., South Jordan, EUA) desarrolló una lámpara con cuatro LEDs emisores de luz con tres

longitudes de onda diferentes: 2 emisores de luz azul a 439 nm, un emisor de luz violeta a 409 nm y un emisor de luz azul a 460 nm. Adicionalmente, logró aumentar la emisión radiante a 3200 mW/cm<sup>2</sup>. (Rueggeberg, 2011). Posee diversas características positivas; una de éstas es la posibilidad de modular la emitancia radiante, lo cual es recomendado cuando se necesita aumentar la radiación para disminuir el tiempo de exposición especialmente con pacientes pediátricos (Gonulol et al., 2016). Del mismo modo, se alcanzaron mejores propiedades mecánicas (Santini et al., 2012; Conte et al., 2017), así como mayor grado de conversión y tasa máxima de polimerización, gracias a la posibilidad de poder combinar los fotoiniciadores lo que permite actualmente contar con materiales que se pueden polimerizar en incrementos de resina compuesta mayores a 2 mm. (Giorgi et al., 2012)

#### *Clasificación según el rango de longitud de onda*

La longitud de onda expresada en unidades métricas de orden nanométrico, hace referencia a la banda del espectro electromagnético efectiva que entrega la unidad y que finalmente cumple el propósito de foto activar el material para su posterior endurecimiento (Finan et al., 2013).

La longitud de onda depende del filtrado que se haga de la luz emitida o del color generado directamente por la fuente lumínica, como es el caso de las unidades LED. La energía aportada por este rango de longitud de onda debe corresponder con la mayor sensibilidad de activación de los fotoiniciadores contenidos en los materiales odontológicos (Finan et al., 2013).

1. Unidades de banda de longitud de onda estrecha o primera generación de unidades LED: emiten una banda comprendida entre los 460 nm y 480 nm dirigida a la activación de materiales que tienen canforoquinonas (de Oliveira et al., 2019; Rocha et al., 2017).
2. Unidades de banda de longitud de onda amplia: emiten una banda comprendida entre 380 nm a 515 nm con posibilidad de activación de materiales con diferentes fotoiniciadores (de Oliveira et al., 2019; Rocha et al., 2017).

### *Clasificación según la intensidad de emisión (Rocha et al., 2017)*

La intensidad de la luz es definida como la energía radiante final generada por la unidad de fotocurado y entregada por la punta conductora o cono de emisión. Se expresa en  $\text{mW}/\text{cm}^2$  y se puede clasificar según la intensidad en cuatro categorías:

1. Unidad de intensidad baja: hasta  $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$
2. Unidad de intensidad media: rango entre los  $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$  -  $700 \text{ mW}/\text{cm}^2$
3. Unidad de intensidad alta: rango entre  $800 \text{ mW}/\text{cm}^2$  -  $1200 \text{ mW}/\text{cm}^2$
4. Unidades de intensidad super alta: rango por encima de  $1200 \text{ mW}/\text{cm}^2$ . (de Oliveira et al., 2019; Rocha et al., 2017).

Actualmente, existen varias técnicas de fotoactivación de las resinas. Las más utilizadas son la **técnica convencional (uniforme o continua)**, la **técnica en pasos (gradual o soft-start)**, la **técnica de pulso tardío (interrumpido o pulse-delay)** y la **técnica en rampa (gradual exponencial o ramp)**.

En la **técnica de fotopolimerización convencional**, se mantiene una intensidad de radiación predeterminada y constante:  $500 \text{ mW}/\text{cm}^2$  por 40s. Es una técnica simple y es la más difundida entre los profesionales, a pesar que algunos investigadores creen que, por proporcionar una reacción de polimerización rápida, una fase pre-gel corta, genera mayor estrés en la interfase diente - restauración (Strassler, Price., 2014).

En la **técnica de fotopolimerización en pasos**, se utiliza, inicialmente, baja densidad de potencia durante algunos segundos y, posteriormente, se aumenta la densidad de potencia hasta el final de la polimerización. Por ejemplo,  $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$  por 10s inmediatamente seguidos de  $500 \text{ mW}/\text{cm}^2$  por 40s. Es una técnica simple y es la más difundida entre los profesionales, a pesar que algunos investigadores creen que, propiciar una reacción de polimerización rápida, con una fase de pre-gel, genera mayor estrés en la interfase diente - restauración (Strassler, Price., 2014).

Una técnica que sigue la línea es la **técnica de fotopolimerización en el pulso tardío**, en la cual, con el objeto de promover un aumento aún mayor de la fase pre-gel, se aplican valores bajos iniciales de densidad de potencia en un periodo corto de exposición, se esperan algunos

minutos y se aplica la densidad total de unidad fotoactivadora por el tiempo necesario para la máxima conversión de los polímeros. Por ejemplo, se usan 100 mW/cm<sup>2</sup> por 10s, se esperan 3 minutos y se hace una polimerización final con 500 mW/cm<sup>2</sup> por 40s (Strassler, Price., 2014).

Otra técnica que busca aumentar la fase pre-gel es la **técnica de fotopolimerización en rampa**. Esta se inicia con una baja densidad de potencia, que, con el pasar del tiempo, aumenta gradualmente, hasta alcanzar una densidad de potencia alta. Esta técnica puede ser aplicada de dos formas: una es más empírica y utiliza aparatos convencionales con potencia de, por ejemplo, 500 mW/cm<sup>2</sup>, y en la que, aumentando la distancia, se reduce la densidad de potencia que llega al material restaurador e intenta simular la técnica deseada (Strassler, Price., 2014).

### ***Lámparas de acuerdo a longitud de onda***

**Las lámparas Mono-onda** son unidades de luz emitidas por diodos (LED) contemporáneas y su **funcionamiento** se basa en utilizar chips de luz azules que producen una banda relativamente estrecha de longitudes de onda, con un ancho completo típico a la mitad del pico máximo de longitud de onda de sólo 25 nm. El espectro de emisión de estas unidades generalmente alcanza un pico en el rango de longitud de onda de 450 nm a 470 nm y no emiten luz por debajo de 420 nm. Estas unidades LED azules curarán de manera eficiente las resinas que usan canforoquinona como fotoiniciador. Dentro de sus **ventajas** es que genera poco o mínimo calor y dentro de sus **limitaciones** encontramos que su uso está limitado a resinas que utilicen como fotoiniciador canforoquinonas (Maghaireh et al., 2018; Menees et al., 2015).

**Las lámparas multi - onda**, Estas lámparas de luz violetas / azules de amplio espectro utilizan una combinación de dos o más chips para unidades de luz emitida por diodos (LED) de diferentes colores para entregar luz tanto en el rango de 440 nm a 470 nm como en longitudes de onda más cortas por debajo de 420 nm. Dentro de sus **ventajas** encontramos que permite la activación de diferentes fotoiniciadores: canforoquinonas, lucerinas y fenilpropanodiona. Dentro de sus **limitaciones** es posible que la irradiancia espectral no se distribuya uniformemente a través de la punta de luz, afectando así el fotocurado y es posible que las longitudes de onda más bajas de estos dispositivos no puedan penetrar las muestras

más gruesas de resina en cantidad suficiente para activar los fotoiniciadores en la parte inferior (Maghaireh et al., 2018).

La **profundidad de curado se define** como el espesor máximo de resina compuesta que corresponde en profundidad al 80% de la dureza de la capa más externa (Miletic et al., 2017; Yap et al., 2016).

La profundidad de curado está limitada por la absorción de la luz y la dispersión de esta por el material restaurador, ambos fenómenos están influenciados por varios factores.

La energía de la luz emitida desde una unidad de fotopolimerización que disminuye drásticamente cuando se transmite a través de la resina compuesta o algún otro cuerpo, lo que lleva a una disminución gradual en la tasa de conversión de monómero a polímero, esto deja monómeros libres que pueden conducir a un fallo prematuro de la restauración (Makhdoom et al., 2020).

El método convencional y recomendado de restauración utilizando resinas compuestas es la técnica incremental, que dependiendo de la situación puede llegar a demandar mucho tiempo clínico (Pedalino et al., 2015).

Entre algunos de los factores que determinan la profundidad de polimerización

1. Distancia entre la punta óptica y la resina compuesta debe ser lo más cercana posible (<2mm), para evitar de esta manera la divergencia y decremento de la intensidad de la luz, ya que esto produciría una reducción de fotones en la superficie de la resina (Ilie et al., 2015)
2. El espesor de los incrementos de resina, el incremento en el volumen de cada capa de resina es inversamente proporcional al grado de conversión, por lo tanto, el espesor debe ser menor a 2mm para alcanzar una óptima polimerización (Ilie et al., 2015).

Entonces en las nuevas resinas compuestas de sistema Bulk fill, han sido creadas con el objetivo de realizar incrementos mayores a 4mm sin tener limitaciones en el grado de polimerización, esto se debe a que tienen iniciadores que son adicionados a la matriz orgánica que son denominados moduladores de polimerización (Jang et al, 2015).

Especialmente se encuentran compuestos por el activador de canforoquinona más un óxido de ácido fosfano, el cual es un potenciador que va a proporcionar más reactividad a la luz de polimerización (Jang et al., 2015).

La *profundidad de curado de las resinas Bulk fill usando lámpara multi ondas* ha sido estudiada en los diferentes tipos de resina:

- **Tetric N-Ceram bulk-fill (TNC)**

Se ha reportado que la resina **Tetric N-Ceram bulk-fill (TNC)** que contiene un nuevo fotoiniciador de germanio (ivocerin), tiene una relación de dureza inferior al 80% para todos los modos de curado. Esto se puede atribuir a la emisión atenuada que llega a las superficies inferiores, entonces recomiendan los autores que para lograr una relación de dureza superior al 80% se debe limitar a incrementos de 2,5mm. (Gan et al., 2018), por otro lado se realizaron diferentes comparaciones de la resina Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF) y SonicFill (SF), midiendo la relación de dureza vickers en varias muestras de espesores incrementales, el cual utilizaron una unidad de fotopolimerización de multiondas, como resultado la relación de dureza vickers fue superior al 80% en incrementos de 2 mm, 3 mm y 4 mm (Santini et al., 2017), En otro estudio se realizó la comparación de la resina **Tetric Evoceram Bulk Fill** (Ivoclar Vivadent) y Filtek Bulk Fill posterior (3M), se midió la profundidad de curado mediante una unidad de fotopolimerización de onda única de acuerdo con la norma ISO 4049, utilizando moldes dentales de metal y de plástico con medidas de 10mm de largo y 4x4mm de área cuadrada, el resultado de la profundidad de curado fue mayor en la TECBF en los moldes de metal que la resina Filtek Bulk Fill (Menees et al., 2015).

Se ha reportado que la resina **Tetric EvoCeram Bulk Fill** que en sus componentes contiene canforoquinona que están asociados con fotoiniciadores alternativos, al momento de evaluar el grado de conversión con la polimerización, realizaron muestras con espesores de 4mm, esto no afectó la homogeneidad del grado de conversión de la resina, las lámparas polywave resultaron tener un GC mayor pero solo en la capa superficial de la restauración, más no en la profundidad de esta, ya que la longitud de onda de la lámpara fue menor (Rocha et al., 2017).

[Santini et al, 2012](#) analizaron la resina **Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent)** utilizando una lámpara mono onda Bluephase para medir y comparar la profundidad de curado (DOC) de acuerdo con ISO 4049 y utilizando moldes dentales personalizados mono onda en moldes de teflón (5 mm de diámetro y 2 mm de espesor) y se determinaron mediante espectroscopia y microdureza Knoop, respectivamente. Se utilizó cromatografía líquida de alto rendimiento y espectroscopia de resonancia magnética nuclear para confirmar la presencia o ausencia de TPO en los materiales no curados. La resina EvoCeram con la lámpara Bluephase mostró una GC más alta que las dos UCIC de poliondas en Herculite XRV Ultra

**SonicFill (SF):** Kerr ha producido Sonic Fill 2, una resina RBC de alta viscosidad que se vuelve de baja viscosidad con el uso de vibración sónica (lo que permite que el material fluya hacia la cavidad). Los fabricantes afirman que el material contiene una resina nanohíbrida, combinada con modificadores que se activan por la energía sónica producida por una pieza de mano especialmente diseñada para reducir la viscosidad del material durante la colocación. Por lo tanto, se puede aplicar en la cavidad como una resina fluida antes de volver a un estado más viscoso ([Chesterman et al., 2017](#)).

Se ha reportado que la resina **Sonic Fill** es menos translúcida que la resina TETRIC EVOCERAM BULK FILL, además al realizar la comparación de ambas en la dureza vickers para ver la profundidad de curado está mostró ser más efectiva cuando se cura con Bluephase g2 de onda dual ([Santini et al., 2017](#)).

[Rocha et al., \(2017\)](#) realizaron una evaluación de las diferentes ondas de cada lámpara de fotocurado, utilizando un calibrador de resina y un analizador de perfil de rayo láser, se usó dos resinas Bulk de diferente casa comercial, **Sonic Fill2** y Tetric EvoCeram Bulk Fill, ambos contienen canforoquinona, colocaron en moldes de diseño previamente personalizado y se fotoactivaron mediante la onda única y polionda en una muestra de 4mm de espesor durante el curado. El resultado arrojó que los LED monowave y polywave emitieron haces de luz no homogéneos, pero esta no afectó la homogeneidad del grado de conversión de las ambas resinas.

Se ha reportado que la resina **Vit-l-escence (Ultradent)** que contiene Lucerin TPO (óxido de trimetilbencoil-difenilfosfina), el cual al utilizar las lámparas de onda múltiple (Bluephase g2 y Valo) el grado de conversión fue mayor al 70% ([Santini et al., 2012](#)).

El uso de LED de onda múltiple mejora significativamente tanto el grado de conversión como la microdureza Knoop de los materiales que contienen Lucerin TPO (óxido de trimetilbenzoil-difenilfosfina). Esto debe tenerse en cuenta al polimerizar las resinas Bulk Fill, incluso si los fabricantes no indican la presencia de TPO en sus materiales (Santini et al., 2012).

La **profundidad de curado de las resinas Bulk fill usando lámpara mono onda** también ha sido estudiada en los diferentes tipos de resina:

**Tetric N-Ceram bulk-fill (TNC):** Este estudio comparó la efectividad del curado de compuestos de resina Bulk fill Tetric N-Ceram utilizando Bluephase N Monowave (NM), 800 mW/cm<sup>2</sup> (15 segundos). La potencia total de energía se fijó en 12.000 mJ/cm<sup>2</sup>. Esta resina contenía un nuevo fotoiniciador de germanio (Ivocerin) y Smart Dentin Replacement (SDR). Los compuestos se colocaron en moldes de polivinilo negro con cilíndricos de 4 mm de altura y 3 mm de diámetro. Las muestras curadas se almacenaron en un recipiente a prueba de luz a 37 °C durante 24 horas, y la dureza (número de dureza Knoop) de las superficies superior e inferior de las muestras se determinó utilizando un probador de microdureza Knoop. Se demostró que la relación de dureza obtenida con Bluephase N Monowave (NM), fue significativamente mayor que la relación de dureza obtenida para Bluephase N Polywave Low (NL) (Gan et al., 2018).

**Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF):** En este estudio la resina de EvoCeram métrico (TECBF) fue polimerizada usando muestras de 2, 3, 4 y 5 mm de espesor y se ajustó a 800 mW/cm<sup>2</sup> durante 20 segundos utilizando lámparas mono onda. La transmisión de energía ligera a través de la superficie inferior de las muestras se midió en tiempo real utilizando MARC-RC. La dureza Vickers (VH) se determinó utilizando el **micro probador de dureza Vickers** y se calculó la relación V. La resina EvoCeram mostró una relación VH significativamente mayor cuando se curó con la lámpara de mono onda (Santini et., 2017).

La resina **EvoCeram Bulk Fill** fue medida y comparada utilizando una unidad de curado mono onda LCU LED (Elipar S10 / 3M ESPE) de acuerdo con ISO 4049 y utilizando moldes dentales perforados de forma cuadrada para contener la muestra con medidas de (4 x 4 mm) > 10 mm de profundidad en las superficies mesiales/distales de los molares humanos extraída. La resina se colocó en un extremo del diente preparado y se polimeriza ligeramente. Se eliminó el compuesto de resina sin curar del lado opuesto desde el que se polimeriza el

diente y luego se seccionaron en sentido mesodistal. La mitad de la longitud del compuesto curado restante se midió como el DOC. Tetric Evoceram mostró un DOC más profundo que Filtek Bulk Fill Posterior (Menees et., 2015).

Se estudió la resina **SonicFill (SF)** utilizando unas muestras de 2, 3, 4 y 5 mm de espesor (n = 5 para cada espesor) se ajustó a 800 mW/cm<sup>2</sup> durante 20 segundos (16 J/cm<sup>2</sup>) utilizando una lámpara de mono onda. La dureza Vickers (VH) se determinó utilizando el micro probador de dureza Vickers y se calculó la relación V. Los resultados mostraron que la resina SonicFill en la relación media de VH fue superior al 80% en un espesor en los incrementos de 2, 3 y 4 mm además la resina mostró una relación de VH significativamente alta en todos los diferentes niveles de espesor, excepto en el nivel de 2 mm (Santini et al., 2017).

**Herculite XRV Ultra (Kerr):** La resina Herculite XVR fue puesta en moldes de teflón (5 mm de diámetro y 2 mm de espesor) y se polimerizo utilizando la lámpara monowave Bluephase. Se utilizó cromatografía líquida de alto rendimiento y espectroscopia de resonancia magnética nuclear para confirmar la presencia o ausencia de TPO en la resina. Las conclusiones del estudio mostraron que la conversión de monómero a polímero en las resinas Bulk Fill que contienen TPO como la resina Herculite XRV funciona adecuadamente en lámpara mono onda para su curado (Santini et al., 2012).

### ***Estudios comparativos de profundidad de curado de las resinas bulk fill con los dos tipos de lámpara***

Se evaluó 5 tipos de resinas Bulk Fill, el cual cada muestra se fotopolimeriza durante 20s utilizando una unidad de curado por luz visible con un diámetro de punta de 10mm (**Elipar™ S10, 3M ESPE, EE. UU**). En el rango de longitud de onda de salida del modo de curado estándar 430 nm – 480 nm; radiación de salida era de 1200 mW/cm<sup>2</sup>). La profundidad obtenida, para todos los materiales, correspondiente al 80% del máx. VHN cumplió con el reclamo de cada fabricante (Alrahlah et al., 2014).

SonicFill y Tetric Evoceram Bulk fill tuvieron la mayor profundidad de curado (5.003, 4.47 mm respectivamente). Por otro lado, SonicFill mostró diferencias significativas con Base X-tra, VenusBulkFill y Filtek Bulk Fill, mientras tanto Tetric Evoceram Bulk Fill no mostró

diferencias significativas en la profundidad de curado con Base X-tra, Venus Bulk Fill y Filtek Bulk Fill (Alrahlah et al., 2014).

La profundidad de curado de resinas (Beautifil-Bulk, SHOFU; Filtek-Bulk-Fill, 3M ESPE; Tetric-EvoCeram-Bulk-Fill, Ivoclar; Sonicfill-2, Kerr; Venus-Bulk-Fill, Heraeus; Z250, 3M-ESPE) se midieron de acuerdo con la norma ISO-4049 usando unidades de fotopolimerización de alta irradiación (**FlashMax-P3, CMS-Dental; SPEC3, Coltene**) y unidades de fotopolimerización de baja irradiación (**Paradigm Deep Cure, 3M-ESPE**) para tiempos de exposición: 3/9-s, 3/20-s y 10/20-s respectivamente. Usando FTIR, se midió el grado de polimerización por resina en la superficie inferior como una función de los tiempos de post-curado para las lámparas de fotocurado en los mismos tiempos de exposición. Se encontraron diferencias significativas en la profundidad de curado entre las lámparas para los distintos tiempos de exposición. Todas las resinas no cumplieron con la profundidad de curado reclamada por los fabricantes y no cumplieron con la norma ISO-4049 con las lámparas de alta irradiación con exposiciones de 3s. La irradiación estándar y las exposiciones de 20s superaron a todas las demás combinaciones de irradiación-exposición para maximizar la profundidad de curado y grado de polimerización de las resinas Bulk Fill. Venus Bulk exhibió la profundidad de curado y grado de polimerización más altos para cualquier combinación de unidades de fotopolimerización-tiempo de exposición (Daugherty et al., 2018).

Se utilizaron en este estudio dos resinas fluidas Bulk Fill, SureFil SDR(SSF) (Dentsply) y Venus Bulk Fill (VBF) (Heraeus Kulzer), un fluido estándar, Filtek Supreme Ultra Flowable (FSUF) (3M / ESPE), y una resina regular que se puede hacer fluido, SonicFill (SF) (Kerr), entonces para la contracción de polimerización (PS), se prepararon diez muestras de 2 mm para cada compuesto y se curaron durante 20 segundos con la lámpara **SmartLite iQ2 (Modelo No. 200, DENTSPLY Caulk)** con un rango de longitud de onda entre 450 nm y 475 nm y una potencia de 800 mW / cm<sup>2</sup> y se midió la contracción con un clinómetro Kaman. Para la dureza, se hicieron diez muestras de cada compuesto en un molde de 10 mm x 10 mm y se curaron durante 20 segundos; la superficie del fondo se raspó de acuerdo con la especificación ISO 4049 y el espesor restante se midió con un micrómetro. Se prepararon muestras de dureza a 2 mm, 3 mm, 4 mm y 5 mm de espesor x 14 mm de diámetro, se curaron durante 20 segundos y se pulieron. Después de 24 horas de almacenamiento en seco, se

aplicó un penetrador Knoop a una carga de 100 g durante 11 segundos. Se realizaron tres lecturas en la parte superior e inferior de cada muestra y se promediaron para cada superficie para calcular un valor de dureza Knoop y una relación de dureza inferior / superior. Se utilizaron análisis de varianza unidireccional y pruebas de Tukey para determinar diferencias significativas entre espesores y entre métodos de prueba para cada material. Se compararon los valores de profundidad de curado del método de raspado y la dureza Knoop para determinar si existía una asociación entre las dos pruebas. Venus Bulk Fill y SureFil SDR *flow* curaron a 5 mm de profundidad usando la prueba de raspado, pero fueron al menos 1 mm menos cuando se probaron usando pruebas de dureza y solo un 70% de curado. SonicFill y Filtek Supreme Ultra Flowable curaron a profundidades menores, pero también fueron aproximadamente 1 mm menos usando las pruebas de dureza (García et al., 2014).

Al evaluar el comportamiento de polimerización y la profundidad de curado de resinas recientemente introducidos para uso posterior: resinas fluidas de alta densidad y resinas Bulk Fill. La resina de alta densidad (G-aenial Universal Flo), dos resinas fluidas Bulk Fill (Surefil SDR Flow y Venus Bulk fill) y una resina Bulk Fill no fluida (Tetric N-Ceram Bulk fill) se compararon con dos resinas convencionales (Tetric Flow, Filtek Supreme Ultra). La contracción de polimerización lineal y la tensión de contracción de polimerización se midieron cada una con dispositivos hechos a medida. Para evaluar la profundidad de curado, la muestra se preparó utilizando un molde con un orificio de 4 mm de profundidad y 4 mm de diámetro interno. El agujero se llenó de resina con cada uno de los seis compuestos y se fotopolimeriza durante 20 segundos, se utilizó una unidad de fotopolimerización LED (**Bluephase, Ivoclar Vivadent**) a una intensidad de luz de 700 mW / cm<sup>2</sup>. Durante la fotopolimerización, se midió la distancia de desplazamiento del disco cada 0,5 segundos durante 120 segundos; el desplazamiento fue causado por la contracción lineal del material compuesto, seguido de 24 horas de almacenamiento de agua. La dureza de la superficie se midió en la parte superior e inferior usando un indentador de microdureza (HV) de Vickers. Como resultado la microdureza Vickers (HV) de la superficie inferior de las dos resinas fluidas BulkFill (Surefil SDR Flow y Venus Bulk fill) excedió el 80% del HV de la superficie superior (HV-80%). Sin embargo, la parte inferior de la resina de alta densidad (G-aenial Universal Flo), y la resina BulkFill no fluida (Tetric N-Ceram Bulk fill) no logró alcanzar

HV-80%. la resina de alta densidad (G-aenial Universal Flo) reveló limitaciones en la contracción de polimerización y profundidad de curado. Las dos resinas fluidas BulkFill (Surefil SDR Flow y Venus Bulk fill) se curaron adecuadamente en un volumen de 4 mm, pero esta tuvo mayor contracción que la resina no fluida convencional. La resina BulkFill no fluida (Tetric N-Ceram Bulk fill) mostró una contracción comparable al material compuesto no fluido convencional, pero no estaba suficientemente curado en el volumen de 4mm (Jang et al., 2015).

En este estudio se empleó un LED de **onda única (Smartlite Focus, Dentsply)** y un LED de **onda múltiple (Valo Cordless, Ultradent)** utilizando un calibrador de resina y un analizador de perfil de rayo láser. Aparte dos resinas BulkFill, Sonic Fill (SF) que contiene canforquinona (CQ) y Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEB) que contiene CQ asociados con fotoiniciadores alternativos, se colocaron en moldes de diseño personalizado y se fotoactivaron mediante la onda mono o polivalente. LED de 20 J/cm<sup>2</sup>. Para obtener el grado de conversión, se evaluaron secciones transversales longitudinales (0,5 mm de espesor) desde el centro de la restauración utilizando microscopía FT-NIR. Se evaluaron las transmisiones de luz SF y TEB a través de muestras de 4 mm de espesor durante el curado. En los resultados no hubo diferencias en los perfiles de curado producidos por el LED monowave o polywave, según las regiones bajo influencia de emisión azul y/o violeta a la misma profundidad. No hubo diferencia estadística en el grado de conversión para SF usando el LED de onda única o polivalente a cualquier profundidad. TEB tuvo un grado de conversión más alto de hasta 2 mm de profundidad cuando se utilizó el LED de onda múltiple, pero no se encontraron diferencias al comenzar a 2,5 mm (Rocha, 2017).

Se evaluó la influencia del tiempo de irradiación sobre el grado de conversión (DC) y la microdureza de la resina bulk-fill de alta viscosidad, el cual se utilizó cuatro resinas (Tetric EvoCeram Bulk Fill - TECBF; x-tra fil - XF; QuixFil - QF; SonicFill-SF) y un compuesto de resina nanohíbrida convencional (Tetric EvoCeram - TEC) se irradiaron durante 10, 20 o 30s con una lámpara de polywave (**Bluephase G2, Ivoclar Vivadent**) a 1.170 mW/cm. Se registraron DC y microdureza Knoop (KHN) después de 24 horas de almacenamiento en oscuridad a cinco profundidades: 0,1, 2, 4, 5 y 6 mm. Como resultado Con el aumento del espesor aparente, DC y KHN disminuyeron significativamente para Tetric EvoCeram. Tetric EvoCeram Bulk Fill y SonicFill mostraron una disminución significativa en DC y KHN a 4 mm

de profundidad después de una irradiación de 10 s, pero no una disminución en DC después de 30 s de irradiación. X-tra fil y QuixFil no demostraron una disminución significativa de DC a profundidades de hasta 6 mm después de una irradiación de al menos 20s. A 4 mm de profundidad, todos los materiales probados alcanzaron al menos el 80% de su valor máximo de CC, independientemente del tiempo de irradiación. Sin embargo, a la misma profundidad (4 mm), solo X-tra fil y QuixFil irradiados durante 30s alcanzaron al menos el 80% de su valor máximo de KHN. Con respecto a la CC, los compuestos de resina BulkFill probados se pueden usar de manera segura hasta un espesor incremental de al menos 4mm. Sin embargo, con respecto a la dureza, solo X-tra fil y QuixFil lograron resultados aceptables a 4 mm de profundidad con 30s de irradiación (Tarle et al., 2015).

Se probaron cinco resinas BulkFill (Tetric EvoCeram BulkFill; SDR Posterior BulkFill flowable; X-tra Fill; Filtek BulkFill Flowable; Filted BulkFill Posterior). Las 5 muestras de grosor de 1, 2, 4 o 6 mm se fotopolimerizaron durante 10 segundos desde la parte superior utilizando una LCU polywave (Bluephase Style) o de pico único (Elipar S10), mientras se monitoreaba un espectrofotómetro en tiempo real la irradiación transmitida y la exposición radiante alcanzan el fondo de la muestra. Después de 24 horas de almacenamiento en agua destilada a 37 °C, se midió la microdureza Vickers (VH) en la parte superior e inferior. La elección de la lámpara de fotopolimerización no tuvo un efecto significativo en la cantidad total de luz transmitida a través de las cinco resinas BulkFill en cada espesor. Hubo una disminución significativa en la cantidad de luz transmitida a medida que aumentaba el grosor para todas las resinas probadas con ambas lámparas. El efecto de la lámpara sobre VH fue mínimo. Las muestras de 1, 2 y 4 mm de espesor de SDR, X-tra Fill y Filtek Bulk Restorative lograron una relación  $VH_{inferior} / VH_{superior}$  de aproximadamente 80% cuando se utilizó cualquiera de las lámparas (Maghaireh et al., 2019).

**Fill-Up de polimerizado dual (Coltène/Whaledent®) Y SonicFill de fotopolimerización de la casa comercial (Kerr®)**, se utilizaron muestras cilíndricas de estas resinas en donde las muestras fueron sometidas a ambos sistemas de fotopolimerización durante tres segundos (3000 mW/cm<sup>2</sup>) y 15 segundos (1600 mW/cm<sup>2</sup>) usando lámpara LED S.P.E.C.3 (Coltène / Whaledent®), posteriormente fueron extraídas de los moldes. La longitud de resina polimerizada fue medida con calibrador digital. Las muestras fueron seccionadas longitudinalmente y se midió en milímetros la profundidad de curado y dureza presentada

de uno a seis milímetros de profundidad. Para comparar los grupos se empleó la prueba ANOVA utilizando la norma ISO 4049 (Kogan B et al, 2016).

### ***Metodos de evaluacion de profundidad de curado***

Para poder **evaluar la profundidad de curado** de las resinas compuestas se utilizan principalmente 2 métodos o protocolos

1. El protocolo ISO 4049 para materiales resinoso
2. El protocolo de perfiles de dureza Vickers

#### *Protocolo ISO 4049*

La norma internacional emitida por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), la cual señala todos los requerimientos mínimos y las formas de prueba estándar para los materiales compuestos dentales es la norma ISO 4049. En dicha norma son evaluadas y analizadas varias características para materiales de fotopolimerización.

La profundidad de curado determina que tan grueso puede ser un cuerpo de resina fotopolimerizable manteniendo al mismo tiempo un nivel de conversión de monómero aceptable (>50%). En esta norma se establece que los conformadores para los cuerpos de prueba deben de ser de acero inoxidable, así mismo poseer un diámetro interno de 4mm y una longitud igual al doble más 2 mm que la profundidad de curado que el fabricante afirma, por ejemplo, si el fabricante afirma que la resina logra una profundidad de 4 mm como en el caso de la resina Bulk Fill, el conformador deberá poseer una longitud de 10 mm (PC = 4 mm;  $2 \times 4 \text{ mm} + 2 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$ ) (International Standard ISO 4049, 2000).

Como requisito la norma ISO 4049 establece que la profundidad de curado mínima de una resina debe ser de 1.5 mm, además exige que la profundidad de curado no debe diferir en más de 0.5 mm por debajo del valor indicado por el fabricante.

La Norma ISO desarrolló una especificación técnica para la medición de la intensidad de la luz de curado, sugiere una mínima intensidad de 300 mW/cm<sup>2</sup> entre una amplitud de banda de 400 nm a 515 nm de la luz de curado. Asimismo, indica que no debe haber una distancia de separación mayor a 1mm entre la lámpara de fotocurado y el material de restauración, ya que la intensidad de la luz de la lámpara disminuye mientras más se aleje de la resina. Si la

distancia desde la lámpara a la superficie de la resina es mayor a 3mm, la intensidad lumínica se reduce al 40% e inclusive pudiendo llegar un 23% de reducción lumínica afectando la profundidad de curado.

Para que la resina compuesta evaluada apruebe la Norma ISO 4049 en lo que a profundidad de curado se refiere, esta prueba debe realizarse tres veces, y en el total de estas pruebas la profundidad de curado no debe ser menor a 2 mm ni mayor a 0,5 mm por debajo del valor establecido por el fabricante en cuanto se refiere a las resinas convencionales, y en el caso de las resinas Bulk Fill no debe de ser menor a 4 mm, ni mayor a 0,5 mm por debajo del valor establecido por el fabricante ([International Standard ISO 4049, 2000](#)).

*Protocolo NORMA ISO 4049* ([International Standard ISO 4049, 2000](#))

- Formador de probetas para la preparación de una muestra cilíndrica de 6 mm de largo y 4 mm de diámetro, a menos que el fabricante indique una profundidad de curado con exceso de 5 mm; en tal caso, el molde debe ser de al menos 2 mm más largo que el indicado para la profundidad de curado requerida.
- Dos losetas o portaobjetos, cada uno con suficiente área para cubrir la orilla u orificio del formador de probetas.
- Banda matriz de celuloide (50 + 30) mm de grosor. Energía de origen externo, es recomendada por el fabricante para usarse en la prueba de este material.
- Micrómetro digital, con exactitud de +0,01 mm (t304b.w-1220).
- Espátula de plástico

*Profundidad de microdureza de vickers*

El ensayo de Vickers fue desarrollado en Inglaterra en 1925 y fue inicialmente conocido como DPH (Diamond Pyramid Hardness), para definir la profundidad de curado basado en mediciones de dureza superior e inferior, lo común es calcular la relación de dureza inferior / superior y dar un valor mínimo arbitrario de esta relación al fin de considerar la superficie inferior como curado adecuadamente, los valores de 0.8 y 0.85 se usan generalmente. Para tener un resultado satisfactorio, el valor promedio total obtenido debe ser al menos un 80% de dureza superficial en la base con respecto a la superficie externa superior, de acuerdo a lo establecido en la NORMA ISO 4049. Se considera que el material resinoso está

completamente polimerizado cuando las diferencias entre ambas mediciones son superiores a 80% por lo tanto, una relación inferior nos indica que el material no ha polimerizado completamente (Alrahlah et al., 2014).

La microdureza superficial de los compuestos de resina se ha utilizado para evaluar indirectamente el grado de polimerización y también la eficiencia de la unidad de fotopolimerización. Como resultado de la reducción de la irradiación de la luz que pasa a través de los compuestos de resina, el grado de conversión disminuye al aumentar la profundidad. En los estudios, se utilizó un perfil de microdureza superficial para evaluar la profundidad de curado. En los que se consideraron los siguientes parámetros: (I) la **microdureza máxima de Vickers**, (II) el 80% de la microdureza máxima de Vickers y (III) la profundidad correspondiente al 80% de la dureza máxima de Vickers. Este tiene dos rangos distintos de fuerzas: micro (10 g - 1000 g) y macro (1 kg- 100 kg) y consiste en hacer, sobre la superficie de una muestra, una indentación con ayuda de un penetrador en forma de pirámide recta de base cuadrada. Este penetrador se presiona contra la superficie de la muestra con una fuerza determinada, luego se retira y se procede a medir ópticamente las diagonales d1 y d2 de la huella (Alrahlah et al., 2014).

### **Dureza Shore**

La dureza Shore es la medida de la resistencia del material a la penetración de una aguja indentadora de acero bajo fuerza definida por un período de tiempo; se obtendrá un valor de 0 a 100 unidades Shore, mostrando los datos en una pantalla, cuanto mayor sea el resultado mayor será su dureza, teniendo en cuenta que esta medición de dureza debe estar regida por la Norma Internacional ISO 868 de 2003.

**Tabla 1. Estudios que sustentan los métodos para la evaluación de profundidad de curado**

MÉTODO	ESTUDIOS	AUTOR
Norma ISO 4049	Se estudiaron ocho compuestos de resina BF [x-tra base (XTB), Venus Bulk Fill (VBF), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TECBF), Sonic Fill (SF), Filtek Bulk Fill (FBF), everX Posterior (eXP), Beautifil-Bulk Flow. Las muestras se fabricaron en moldes blancos de 4 mm de altura y 5 mm de diámetro. Las superficies superiores de la muestra se irradiaron in	Al-Ahdal et al., 2015.

MÉTODO	ESTUDIOS	AUTOR
	situ durante 20 s con una unidad de curado LED (Elipar S10 con irradiancia media de la punta de 1200 mW/cm <sup>2</sup> ). La superficie inferior se polimerizó continuamente en tiempo real durante 5 minutos y luego a 30 y 60 minutos y 24 horas después de la irradiación.	
Norma ISO 4049	Se examinaron cinco resinas Bulk Fill, Tetric EvoCeram(®) Bulk Fill, X-tra base, Venus(®) Bulk Fill, Filtek™ Bulk Fill, SonicFill™. Se prepararon tres muestras de cada tipo de material en moldes de acero inoxidable que contenían una ranura de dimensiones (15 mm × 4 mm × 2 mm) y una placa superior. Los moldes fueron irradiados desde un extremo. Todos los especímenes se almacenaron a 37 °C durante 24 horas, antes de la medición.	Alrahlah A et al., 2013.
Norma ISO 4049	Se probaron un compuesto de resina nanocargado convencional (Filtek Supreme Ultra, 3M Oral Care, St Paul, MN, EE. UU.) y dos materiales de resina Bulk Fill, Tetric Evoceram Bulk fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) y Aura Bulk Fill (SDI, Bayswater, VIC, Australia). Un total de 240 muestras se fabricaron con moldes Delrin semitransparentes metálicos o blancos de 4 o 10 mm de diámetro. Los resinas Bulk Fill se curaron con luz durante 40 segundos en el ajuste de alta potencia de una unidad de curado emisor de luz (LED) de monoonda (DeepCure-S, 3M Oral Care) o polionda (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent). La profundidad de curado se determinó mediante una prueba de raspado, de acuerdo con el método de prueba ISO 4049 de 2009.	AlShaafi et al., 2018.
Dureza Knoop	Se estudiaron cuatro resinas Bulk Fill, Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), Flujo SDR SureFil (DENTSPLY), SonicFill (Kerr) y x-tra fil(Voco). Las resinas se colocaron en anillos metálicos de 2 mm, 4 mm o 6 mm de espesor con un diámetro interno de 4 mm a 30 °C. Las muestras no curadas estaban cubiertas por una tira de Mylar y se utilizó una unidad de fotocurado LED de onda polivinílico Bluephase 20i (Ivoclar Vivadent) en ajuste de alta potencia para 20 segundos.	AlShaafi et al., 2015
Dureza Vickers	Se investigaron los efectos de la intensidad de la luz y el tiempo de fotocurado en la polimerización de resinas compuestas, utilizando como unidad de polimerización una lámpara halógena de cuarzo-tungsteno (QTH) distancia de punta de luz de 7 mm. La luz se emitió en el rango de 400-500 nm, se usaron seis condiciones de polimerización diferentes (luz intensidad y tiempo de fotopolimerización) fueron elegidos para el estudio, (1) 700 mW/cm por 40 segundos, (2) 700 mW/cm 0 segundos, (3) 700 mW/cm por 10 segundos, (4) 400 mW/cm por 70 segundos, (5) 400 mW/cm por 30 segundos y (6) 400 mW/cm por 20 segundos.	Baek et al., 2008
Dureza Vickers	Este estudio evaluó la microdureza superficial de resinas Bulk Fill que contiene Lucerin como fotoiniciador, curado con tres unidades de fotocurado de diodo emisor de luz (LED) (LCU) (dos LED de un solo pico y un LED multi-pico), y dos densidades de energía (ED) diferentes (8 J/cm <sup>2</sup> Noventa muestras (8 mm de ancho y 2 mm de espesor) (n = 5), se prepararon con tres tonos diferentes: translúcido (T), A2	Conte et al., 2017

MÉTODO	ESTUDIOS	AUTOR
	<p>dentina (A2d) y A4 dentina (A4d). Noventa muestras estandarizadas fueron asignados a 18 grupos (n = 5).</p> <p>Las muestras cilíndricas se prepararon con moldes de acero inoxidable (8 mm de diámetro y 2 mm de espesor). Se colocó una lámina marrón claro cubierta con una tira de Mylar (KerrHawe SA, Bioggio, Suiza) en la parte inferior del molde para parecerse a la dentina profunda y mejorar una superficie lisa. El molde se embaló con material RBC en una sola aposición y se cubrió con otra tira de Mylar. La diapositiva del microscopio se presionó con una carga de 1 kg contra la parte superior del molde para extraer excesos y obtener una superficie plana y luego retirarse. La punta guía de luz de todas las UCL probadas se colocó en contacto directo con la tira superior de Mylar de cada muestra. Los especímenes se curaron con valores de ED de 8 J/cm<sup>2</sup> o 16 J/cm<sup>2</sup> según el grupo de apariencia. Se calcularon los tiempos de exposición (ET) para entregar la disfunción eréctil seleccionada (ET = ED/densidad de potencia) y se aproximaron al segundo más cercano. La superficie expuesta a la radiación de luz directa se definió superior, mientras que la superficie que recibió luz a través del material se llamó inferior. Las superficies de las muestras de no se pulieron antes de la prueba porque esto habría generado calor, causando una mayor polimerización dentro del material.</p>	
Dureza Vickers	<p>Se investigó mediante espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier (FTIR) en profundidades de llenado clínicamente relevantes (0,1, 2 y 4 mm; 6 mm en bloque, 6 mm incremental) y tiempos de irradiación (10, 20, 40 s). Las propiedades micro (n = 6) y macromecánicas (n = 20) se midieron mediante un penetrador automático de microdureza y un dispositivo de prueba de flexión de tres puntos después de almacenar las muestras en agua destilada durante 24 horas a 37 °C. Además, en las muestras de resina Bulk Fill de 6 mm, se determinó la profundidad de curado. Se utilizó un microscopio electrónico de barrido de emisiones de campo para evaluar el tamaño del relleno.</p>	Czasch et al., 2012
Norma ISO 4049	<p>Este estudio evaluó la influencia del perfil del haz de diferentes tipos de punta de emisión de luz de diodos emisores de luz (LED) multionda en el perfil de curado de los compuestos a base de resina. Se produjeron compuestos experimentales que contenían óxido de alcanforquinona (CQ) o difenil(2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina (TPO) como fotoiniciador. Los LED multionda con una punta de guía de luz de haz (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent) o una punta de microlente (VALO Cordless, Ultradent) se caracterizaron utilizando un perfilador de haz. Las muestras en forma de bloque (5×5×3 mm de profundidad) de los dos compuestos se curaron en un molde diseñado a medida con los LED multionda posicionados para comparar las regiones expuestas a las emisiones de 420-495 nm (azul) y 380-420 nm (violeta).</p>	de Oliveira et al., 2019.
Dureza Vickers	<p>Se estudió el grado de conversión (CC) se midió monitoreando la altura máxima (6164 cm (-1)) de las muestras (11,0 ± 0,1 mm de diámetro, 1,0 ± 0,1 mm de espesor) durante la irradiación de luz durante 20 años utilizando una unidad de curado de luz halógeno de tungsteno de cuarzo a 650 ± 26 mW/cm<sup>2</sup>. DC se midió hasta 120</p>	Finan et al., 2013.

MÉTODO	ESTUDIOS	AUTOR
	segundos después de la irradiación y se repitió (n = 3) para profundidades de irradiación de hasta 8 mm (en incrementos de 1 mm). Se prepararon otras series (n = 20) de ocho discos, se apilaron, irradiaron luz y se numeraron del uno al ocho (distancia de la LCU). Las muestras se almacenaron a $37 \pm 1$ °C durante 24 horas y se probaron BFS con los fragmentos de fractura utilizados para determinar el VHN para cada espécimen.	
Norma ISO 4049	Este estudio evaluó si la profundidad de curado D(ISO) determinada por el método ISO 4049 en comparación con la profundidad de curado D (nuevo) determinada por los perfiles de microdureza Vickers. La profundidad de curado se determinó de acuerdo con "ISO 4049; Profundidad de curado" y se prepararon muestras compuestas de resina (n = 6 por grupo) de dos materiales de control (Filtek Supreme Plus, Filtek Silorane) y cuatro materiales de relleno a granel (Surefil SDR, Venus Bulk Fill, Qui Para D (nuevo), se llenó un molde con uno de los seis compuestos de resina y se curó a la luz durante 10 s o 20 s (n=22 por grupo). Se realizaron a distancias definidas, comenzando en el compuesto de resina que había estado más cerca de la unidad de fotocurado (es decir, en la "parte superior") y procediendo hacia el compuesto de resina no curada (es decir, hacia la "abajo").	Flury et al., 2012
Norma ISO 4049	Este estudio logro caracterizar el contenido inorgánico (CI), la transmisión de luz (LT), la resistencia a la flexión biaxial (BFS) y el módulo de flexión (FM) de un compuesto convencional (en capas) y cuatro compuestos de resina Bulk Fill en diferentes profundidades. Las resinas Bulk Fill fueron Surefil SDR flow ( <b>SDR</b> ), Filtek Bulk Fill (FBF), Tetric EvoCeram Bulk Fill (TEC) y EverX Posterior (EXP). Herculite Classic (HER) se utilizó como control. El análisis de rayos X dispersivos de energía y la microscopía electrónica de barrido se utilizaron para caracterizar la composición y morfología de las partículas de relleno. El LT a través de diferentes espesores compuestos (1, 2, 3 y 4 mm) se midió utilizando un sistema de radiómetro espectral de laboratorio (n=5). Para las pruebas BFS y FM, se prepararon conjuntos de ocho discos compuestos apilados (0,5 mm de espesor) simulando el llenado a granel de un incremento de 4 mm de espesor (n = 8)	Fronza et al., 2017.
Norma ISO 4049	Este estudio comparó la efectividad del curado de compuestos de relleno a granel utilizando diodo emisor de luz de polionda (LED; con varios modos de curado), LED de monoonda y luces de curado halógeno convencionales. Los compuestos de relleno a granel evaluados fueron Tetric N-Ceram bulk-fill (TNC), que contenía un nuevo fotoiniciador de germanio (Ivocerin), y Smart Dentin Replacement (SDR). Los compuestos se colocaron en moldes de polivinilo negro con huecos cilíndricos de 4 mm de altura y 3 mm de diámetro y fotopolimerizaron de la siguiente manera: Bluephase N Polywave High (NH), 1200 mW/cm <sup>2</sup> (10 segundos); Bluephase N Polywave Low (NL), 650 mW/cm <sup>2</sup> (18.5 segundos La producción total de energía se fijó en 12.000 mJ/cm <sup>2</sup> para todas las luces/modos, con la excepción de NS. Las muestras curadas se almacenaron en un recipiente a prueba de luz a 37 °C durante 24 horas	Gan JK et al., 2017

MÉTODO	ESTUDIOS	AUTOR
Dureza Vickers	En este estudio se utilizaron dos compuestos fluibles de resina Bulk Fill: SureFil SDR flow (SSF) (Dentsply) y Venus Bulk Fill (VBF) (Heraeus Kulzer), un fluido estándar, Filtek Supreme Ultra Flowable (FSUF) (3M/ESPE) (control) y un resina Bulk Fill que se puede hacer fluible, SonicFill (SF) (Kerr). Para la contracción por polimerización (PS), se hicieron diez muestras de 2 mm para cada compuesto y se curaron durante 20 segundos y la contracción se midió con un linómetro Kaman. Para la dureza, se fabricaron diez muestras de cada compuesto en un molde de 10 × 10 mm y se curaron durante 20 segundos; la superficie inferior se raspó de acuerdo con la especificación ISO 4049, y el espesor restante se midió con un micrómetro. Las muestras de dureza se prepararon con un diámetro de 2, 3, 4 y 5 mm de espesor × 14 mm, se curaron durante 20 segundos y se pulieron	García D et al 2013.
Norma ISO 4049	Se investigaron tres resinas Bulk Fill de llenado a granel de alta viscosidad evaluando la variación en las propiedades micromecánicas en pasos de 200 µm (dura de Vickers [HV] y módulo de hendidura [E]) dentro de rellenos simulados de 6 mm de profundidad (n = 5) polimerizados en 16 condiciones La duración de la exposición fue de 5, 20 y 40 segundos en el modo de potencia estándar; 3, 4 y 8 segundos en el modo de alta potencia; y 3 y 6 segundos en el modo plasma; la distancia de exposición fue de 0 y 7 mm. La densidad de energía osciló entre 2,63 y 47,03J/cm(2). Las mediciones se realizaron después de 24 horas de almacenamiento en agua destilada a 37 °C. La profundidad de curado (DOC) se calculó como la caída de la dureza del 80%	Ilie N et al., 2014
Dureza Vickers	Se investigaron cuatro resinas fluidas Bulk Fill evaluando en pasos de 200 µm la variación en las propiedades micromecánicas (dureza Vickers (HV) y módulo de hendidura (E)) dentro de rellenos simulados de 6 mm de profundidad (n = 5), considerando 16 modos/condiciones de curado diferentes. La duración de la exposición fue de 5, 20 y 40 s en el modo de potencia estándar; 3, 4 y 8 s en el modo de alta potencia; y 3 y 6 s en el modo plasma. Además, la unidad de curado se colocó a 0 y 7 mm de distancia de la superficie del espécimen. Las mediciones se realizaron después de 24 horas de almacenamiento en agua destilada a 37 °C. La profundidad de curado (DOC) se calculó como la caída de la dureza del 80 %. La irradiancia de la unidad de curado a distancias de exposición de hasta 10 mm se monitorizó para todos los modos de irradiación en pasos de 1 mm mediante un espectrómetro de laboratorio.	Ilie N et al., 2015
Norma ISO 4049	En este estudio se utilizaron dos compuestos fluibles de resina Bulk Fill: SureFil SDR flow (SSF) (Dentsply) y Venus Bulk Fill (VBF) (Heraeus Kulzer), un fluido estándar, Filtek Supreme Ultra Flowable (FSUF) (3M/ESPE) (control) y un resina Bulk Fill que se puede hacer fluible, SonicFill (SF) (Kerr). Para la contracción por polimerización (PS), se hicieron diez muestras de 2 mm para cada compuesto y se curaron durante 20 segundos y la contracción se midió con un linómetro Kaman. Para la dureza, se fabricaron diez muestras de cada compuesto en un molde de 10 × 10 mm y se curaron durante 20	García D et al 2013.

MÉTODO	ESTUDIOS	AUTOR
	segundos; la superficie inferior se raspó de acuerdo con la especificación ISO 4049, y el espesor restante se midió con un micrómetro. Las muestras de dureza se prepararon con un diámetro de 2, 3, 4 y 5 mm de espesor × 14 mm, se curaron durante 20 segundos y se pulieron	

El max.VHN, VHN a 80% de max.VHN y profundidad al 80% del valor máximo. Los respectivos fabricantes afirman que la profundidad de curado es de 5 mm para las resinas Bulk Fill y los resultados de los estudios confirman las afirmaciones de los fabricantes de todos estos materiales. La prueba de evaluación más utilizada para medir la profundidad de curado fue la prueba de dureza Vickers. La polimerización de los compuestos de resina continúa a un ritmo lento después del curado y puede alcanzar un punto de terminación en casi 24 h, aunque otros estudios muestran que la dureza superficial aumenta hasta 1 mes. Se utilizaron perfiles de dureza para determinar la profundidad de curado en este estudio después de 24 horas de curado. La profundidad de curado se determinó como la profundidad a la que se alcanzó al menos el 80% del VHN máximo (Alrahlah et al., 2014).

Dentro de los estudios que han usado la dureza de vickers como método efectuado en la selección e inspección de calidad de los materiales por lo cual es altamente utilizada en pruebas de propiedades mecánicas de las resinas a través del método Vickers el cual es indicado para hallar microdureza superficial de materiales delgados y pequeños, en donde se encontraron diferentes comparaciones de la microdureza de Vickers entre diferentes resinas de mediana y baja densidad, en donde En donde se evidencio que el valor de VHN máximo osciló entre 37,8 y 77,4, mientras que el 80% del VHN máximo osciló entre 30,4 y 61,9, y La profundidad correspondiente al 80% del VHN máximo osciló entre 4,14 y 5,03 mm. Esto se tomó como la profundidad de curado, mediante 1) VHN máx., (2) VHN al 80% de VHN máx. y (3) profundidad al 80% del VHN máx. (variable dependiente) entre diferentes materiales (variables independientes), Para la resina Tetric EvoCeram el valor máximo VHN (desviación estándar), VHN al 80% del VHN máximo y la profundidad al 80% del VHM máximo (mm) fue de 65,23 (0.92), 52.19 (0.74) y 4.47 (0.12) (Alrahlah et al., 2014, Rullman et al., 2017) .

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las resinas se han utilizado ampliamente como material de obturación directa para restaurar estéticamente la pérdida de estructura dental (Chesterman et al., 2017). Sus características inherentes, como la resistencia a la compresión y a la tracción, el módulo elástico, la contracción de polimerización, la tensión de contracción que generan en el diente y el grado de conversión, juegan un papel importante en el éxito clínico de dichas obturaciones; así mismo, los protocolos de irradiación de luz van a determinar gran parte de sus características mecánicas (Ilie y Stark, 2015). En la medida en que los materiales resinosos han evolucionado, las técnicas de obturación también lo han hecho de manera simultánea, las resinas convencionales se deben colocar en incrementos de 2 mm para obtener una profundidad de curado adecuada. Además, esta técnica incremental puede reducir sobre las paredes de la cavidad la tensión de contracción por polimerización (Li et al., 2015). Sin embargo, la utilización de la técnica incremental es un procedimiento que requiere mucho tiempo, entre incrementos se pueden presentar espacios por un deficiente empaquetamiento de la resina, o desprendimiento de los incrementos al contraerse el material. Lo anterior puede producir percolación o filtración marginal, caries secundaria y sensibilidad post operatoria (Lima et al., 2018).

Por otro lado, el fotocurado depende de la penetración de luz visible a través del material. Está comprobado que la polimerización incompleta del cuerpo de resina genera deficientes propiedades físico - mecánicas y reacciones biológicas adversas por presencia de alto porcentaje de monómeros residuales. Existen otros factores que afectan a la profundidad de curado, como el tipo de resina, opacidad, translucidez, la técnica incremental utilizada, la distancia desde la punta de la unidad de fotocurado hasta la resina (Tarle et al., 2015).

Para reducir considerablemente las desventajas anteriores, es importante mencionar que hace poco se fue implementando una nueva categoría de compuestos a base de resina, denominadas "RESINAS BULK-FILL", que se llevaron a cabo para simplificar el procedimiento de la técnica incremental. Generalmente aumentar el volumen de la resina causaría una mayor tensión de contracción en las paredes de la cavidad, dependiendo del factor C; que se define como el número de superficies adheridas y no adheridas en una cavidad conformada (Zorzin et al., 2015). Este estrés puede provocar la formación de espacios en la interfaz entre

el diente y la restauración. Sin embargo, algunos fabricantes y autores afirman que las resinas Bulk-Fill son materiales de restauración altamente poliméricos reforzados con sílice, vidrio y partículas de relleno de resina cristalina, el cual permiten el uso de técnicas incrementales de 4 o 5 mm disminuyendo así los inconvenientes clínicos relacionados con la contracción de polimerización (Shimokawa et al., 2018).

Para el alivio de las tensiones generadas y el incremento de la profundidad de polimerización se realizaron algunas modificaciones en la composición química de las resinas compuestas, como el aumento de la translucidez para una mayor transmisión de la luz activadora, asimismo la incorporación de monómeros moduladores de la polimerización y la modificación de partículas de relleno. Tanto las resinas convencionales como las resinas Bulk-Fill tienen dentro de sus compuestos la canforoquinona como fotoiniciador y la amina terciaria como co-iniciador. (Miletic et al., 2017). Se han introducido otros fotoiniciadores como el óxido de acilfosfina – Lucerina TPO (óxido de 2,4,6- trimetilbenzoidifenilfosfina) que es un fotoiniciador de fotofragmentación que actúa de forma independiente sin necesidad de un co-iniciador, con un espectro de absorbancia de 380 nm – 425 nm) y un pico aproximadamente de 400 nm; la ivocerina, derivado del germanio, el cual tiene un pico de sensibilidad aproximadamente de 420 nm y un rango de espectro de absorbancia entre 390 nm – 445 nm) para asegurar la adecuada polimerización de grandes incrementos (Ivoclar Vivadent., 2019; Van et al., 2017).

Para activar los fotoiniciadores de las resinas compuestas actualmente se emplean las unidades de fotoactivación LED (LIGHT EMITTING DIODE). La canforoquinona, principal fotoiniciador de los materiales dentales resinosos, necesita una longitud de onda igual de 420 nm - 495 nm para activarse, mientras que los fotoiniciadores alternativos por lo general presentan un espectro de absorción de la luz en longitud de onda menor de 420 nm (Menees et al., 2015). Debido a esta diferencia de espectros ideales para cada tipo de fotoiniciador existen 2 tecnologías distintas de unidades de fotoactivación LED: monowave y polywave. Las monowave poseen diodos emisores solo en el rango de luz azul (420 nm – 495 nm), adecuado para la activación de la canforoquinona, mientras que las Polywave poseen además del rango azul, diodos emisores en el espectro violeta (380 nm – 420 nm) para activar los fotoiniciadores alternativos (Maghaireh et al., 2019).

En la actualidad han surgido diversos tipos de resinas y lámparas de fotocurado (monowave y polywave) en la búsqueda de mejorar las propiedades mecánicas, físicas, estéticas y de manipulación de los materiales usados en la práctica de prostodoncia. Sin embargo, esto cobra importancia porque la mayoría de profesionales utilizan unidades de fotoactivación monowave debido a que existe una mayor demanda en el mercado y son económicamente más accesibles ([Reis et al., 2017](#)).

Para las resinas Bulk-Fill la investigación de la profundidad de curado es importante porque generalmente incluye una matriz de resina orgánica, relleno inorgánico, un agente de unión, inhibidores, un sistema de iniciación y óxidos metálicos (pigmentos para el color y la opacidad), entonces el rendimiento clínico de las restauraciones con este material se encuentra determinado en gran medida por una óptima polimerización inducida por luz. Hay varios métodos para medir la profundidad de curado, uno de ellos es el scrapeback o técnica del raspado, en ella se basa la metodología establecida en la norma ISO 4049 para profundidad de curado de materiales resinosos ([Pedalino et al., 2015](#)). La normativa para la estandarización ISO 4049, se detalla la forma de realizar la prueba de profundidad de curado, la misma que deben realizar los fabricantes para poder garantizar la adecuada polimerización de los materiales desarrollados ([Shimokawa et al., 2020](#)).

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Las resinas han sido utilizadas por décadas en odontología adhesiva; sin embargo, en la actualidad, las opciones disponibles en el mercado son cada vez más amplias dadas sus propiedades mecánicas, funcionales y estéticas. Las resinas convencionales se utilizan colocando capas incrementales hasta terminar la obturación, generando gran deflexión cuspídea, delaminación entre capa y capa, atrapamiento de oxígeno y dependiendo del factor C gran tensión residual. Frente a estos inconvenientes surgen las resinas Bulk Fill que pueden colocarse en bloques únicos con incrementos de 4 a 5 mm, disminuyendo la tensión residual comparadas con las resinas convencionales.

Aunque estas resinas son un material novedoso, no hay muchos estudios que sean concluyentes en cuanto a la profundidad de curado y esta característica es considerada como uno de los criterios fundamentales para la elección en la práctica clínica. Se debe tener en cuenta esa característica importante frente a la resistencia al desgaste del material y la longevidad de la restauración en la cavidad oral. (Alshaafi et al., 2018; de Cassia et al., 2020; Flury et al., 2012; Gan et al., 2018; García et al., 2014; Ide et al., 2018; Illie et al., 2015; Jang et al., 2015; Price et al., 2005).

El rendimiento clínico de las resinas se encuentra determinado en gran medida por una óptima polimerización inducida por la luz de la lámpara de fotocurado, algunas lámparas de fotocurado emiten energía lumínica en diferentes longitudes de onda, activando así los diferentes fotoiniciadores que están presentes en la resina, esto no quiere decir que cualquier lámpara de fotocurado va a inducir una correcta polimerización, permitiendo una correcta polimerización del material, y si esto no sucede, se pueden generar problemas como son: filtración de la restauración, caries secundaria, desgaste de la resina, acúmulo de biofilm, contracción por polimerización, decoloración y sensibilidad postoperatoria. De la misma manera puede disminuir las propiedades de la resina, lo que genera sorción de agua, menor resistencia a la flexión y adhesión.

En la clasificación de las lámparas de fotocurado, se encuentran las “monowave” longitud de onda única, las “polywave” las de onda múltiple. La diferencia entre ellas es la emisión de

energía, principalmente el rango de espectro azul que presenta las monowave con las de espectro azul, violeta y ultravioleta que presentan las polywave. Por esta razón es competencia del clínico indagar sobre el correcto funcionamiento de las lámparas de fotocurado de diferente tipo de onda; debido a que, cada fotoiniciador posee una absorbancia diferente y debe tener una relación directa con la longitud de onda emitida, además que no se ha reportado relación alguna entre longitud de onda con relación a los fotoiniciadores de las resinas, por ende, estos conceptos y la aplicabilidad clínica son de total importancia para el operador. (Santini et al., 2012; Santini et al., 2017; Gan et al., 2018; Garcia et al., 2014; Ide et al., 2018; Illie et al., 2015; Jang et al., 2015; Maghaireh et al., 2019; Menees et al., 2015; Price et al., 2005; Santini et al., 2012; Santini et al., 2017).

A través de este estudio es importante determinar que las lámparas que nos ofrece el mercado son las adecuadas para el tipo de resina que estamos utilizando, razón por la cual, es necesario establecer una comparación de sus diferentes propiedades, con la finalidad de determinar las ventajas y desventajas de cada una de ellas, su compatibilidad con los materiales restauradores, las técnicas recomendadas para su uso, la intensidad de luz emitida y sus rangos de emisión de luz, con el propósito de evaluar las propiedades de la resina y si cumplen con los estándares adecuados, y necesarios para promover la activación correcta de los fotoiniciadores.

Dentro de las ventajas de la resina Bulk Fill es el ahorro del tiempo clínico el cual conlleva en la disminución de fallas durante los protocolos de elaboración, y también el poder aportar al profesional las bases que puedan proporcionar los criterios a tener en cuenta para seleccionar uno u otro en función de los requerimientos terapéuticos.

En el manejo clínico del prostodoncista es fundamental conocer sobre los protocolos de polimerización de las resinas y de las lámparas, ya que esto lleva a optimizar las propiedades y obtener mejores resultados en la práctica odontológica. Porque el objetivo de este estudio es evaluar la profundidad de curado en resinas Bulk fill de alta y mediana densidad polimerizadas con lámparas multi onda y mono onda.

## **5. OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la profundidad de curado en resinas bulk fill de alta y mediana densidad polimerizadas con lámparas multi onda y mono onda.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la profundidad de curado en dos resinas bulk fill de alta densidad polimerizadas con lámparas multi onda
2. Determinar la profundidad de curado en dos resinas bulk fill de alta densidad polimerizadas con lámparas mono- onda
3. Determinar la profundidad de curado en dos resinas bulk fill de mediana densidad polimerizadas con lámparas multi onda
4. Determinar la profundidad de curado en dos resinas bulk fill de mediana densidad polimerizadas con lámparas mono- onda
5. Comparar la profundidad de curado de las dos resinas bulk fill de alta densidad polimerizadas con lámparas mono- onda y con lámparas multi-onda
6. Comparar la profundidad de curado de las dos resinas bulk fill de mediana densidad polimerizadas con lámparas mono- onda y con lámparas multi-onda
7. Comparar la profundidad de curado en resinas bulk fill de alta densidad (dos) y mediana densidad (2) polimerizadas con lámparas mono- onda
8. Comparar la profundidad de curado en resinas bulk fill de alta densidad (2) y mediana densidad (2) polimerizadas con lámparas multi-onda

## 6. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

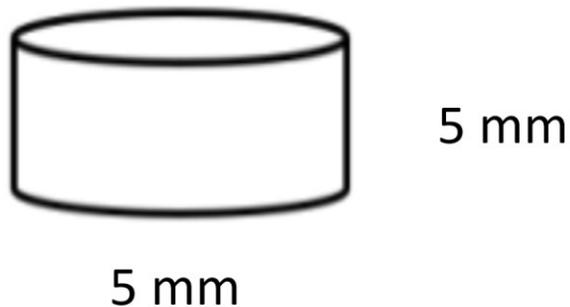
**6.1. Tipo de estudio:** Estudio experimental In Vitro

### 6.2. Muestra

#### *Descripción de la unidad muestral*

Teniendo como base lo establecido en la norma ISO 4049, se fabricaron discos de resina usando moldes de material termoplástico (BeOrganic, Bogotá, Colombia) de 5 mm de altura\* por 5 mm de diámetro interno, dentro del cual se colocaron las resinas incluidas en el estudio, y se fotopolimerizaron. (Al-Ahdal et al., 2015, Santini et al., 2012; International Standard ISO 4049, 2000)

*\* Se estableció una altura de 5 mm para cada disco debido a que las resinas Bulk Fill están indicadas en cavidades profundas, las cuales, mediante un monobloque pueden utilizarse de manera más rápida. Además, presentan menor tensión de contracción por polimerización y la facilidad en la manipulación durante el procedimiento clínico; ya que permite utilizar incrementos mayores en comparación con una resina convencional y aun así, obteniendo una adecuada profundidad de curado.*



**Figura 1.** Descripción del disco de resina *Diseño Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

#### *Tamaño de muestra por grupo de estudio*

Se calculó el tamaño de muestra con un poder del 80% y un error del 0.05 teniendo en cuenta el promedio de profundidad de curado de la resina de mediana densidad Opus Bulk Fill® fotocurada con lámpara multi-onda Bluephase® [ $96.65 \pm 0.16$ ]\* y el promedio de profundidad de curado de la resina de alta densidad Bulk Fill 3M™ curada con lámpara multi-

onda Bluephase® [95.92 ± 0.33]\*. Se seleccionó la diferencia que representara al menos 2 puntos de dureza.

El tamaño de muestra requerido para una proporción 1:1:1:1 es de 16 unidades muestrales por grupo más 10% de muestras extras, lo que corresponde a 20 unidades por grupo para un total de 160 muestras para cada tipo de resina.

\*Datos sustraídos de estudio piloto realizado en este proyecto.

### ***Distribución de grupos***

La distribución de los grupos se basó en la combinación de tipo de lámpara y tipo de resina de manera que quedaron de la siguiente manera

**Tabla 2. Distribución de los grupos de estudio. Diseño de la tabla Martha Tamayo- Datos Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023**

<b>GRUPO</b>	<b>TIPO DE RESINA</b>	<b>TIPO DE LÁMPARA</b>
<b>1</b>	<b>Resinas bulk fill - alta densidad</b> [Tetric EvoCeram Bulk Fill® -Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein]	<b>Mono Onda</b> [LED Elipar™ DeepCure-L- 3M™. Seefeld, Germany]
<b>2</b>	<b>Resinas bulk fill - alta densidad</b> [Filtek™ One Bulk Fill Restorative, 3M™ Deutschland, Seefeld]	
<b>3</b>	<b>Resinas bulk fill - moderada densidad</b> [Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative 3M™, St. Paul-MN, USA]	
<b>4</b>	<b>Resinas bulk fill - moderada densidad</b> [Opus Bulk Fill Flow APS – FGM, Fort Lauderdale, USA]	
<b>5</b>	<b>Resinas bulk fill - alta densidad</b> [Tetric EvoCeram Bulk Fill® -Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein]	<b>Multi - Onda</b> [LED Bluephase N, - Ivoclar Vivadent Schaan, Liechtenstein]
<b>6</b>	<b>Resinas bulk fill - alta densidad</b> [Filtek™ One Bulk Fill Restorative, 3M™ Deutschland, Seefeld]	
<b>7</b>	<b>Resinas bulk fill - moderada densidad</b> [Filtek™ Bulk Fill Flowable Restorative 3M™, St. Paul-MN, USA]	
<b>8</b>	<b>Resinas bulk fill - moderada densidad</b> [Opus Bulk Fill Flow APS – FGM, Fort Lauderdale, USA]	

### ***Criterios de selección de la muestra***

- Resinas Bulk de alta y mediana densidad de las marcas comerciales seleccionadas.
- Lámparas multi onda y mono onda de las marcas comerciales seleccionadas.

### ***Criterios de exclusión de la muestra***

- Resinas utilizadas en incrementos menores a <4mm.

Resinas dentales que no cumplan con las fechas estipuladas de vencimiento al momento de su uso.

## **6.3. Métodos y técnicas para la recolección de la información)**

### **Preparación de la muestra**

Las lámparas fueron previamente calibradas mediante el sistema Bluelights Analytcs CheckMARC de la casa comercial 3M.

*Preparación bloques Resinas bulk fill - alta densidad 1: tetric EvoCeram Bulk Fill – Ivoclar Vivadent:* para elaborar los discos de resina *Tetric EvoCeram Bulk Fill – Ivoclar Vivadent* se utilizó una lámina de material termoplástico (silicona) con moldes cilíndricos de 5 mm de altura por 5 mm de diámetro interno, dentro del cual se colocó la resina. Antes de la polimerización colocar un cubre objetos de aproximadamente 1 mm de grosor y la mitad de los discos se fotopolimerizarón con la lámpara mono onda LED Elipar™ DeepCure-L- 3M™. que tiene una longitud de onda de (420 nm - 495 nm) máximo a 3 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos, y la otra mitad se fotopolimerizarón con la lámpara multi onda LED Bluephase N - Ivoclar Vivadent. que tiene una longitud de onda de (380 nm - 420 nm) de 2 a 4 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos.

*Preparación bloques Resinas bulk fill - alta densidad 2: Filtek One Bulk Fill – 3M:* para elaborar los discos de resina *Filtek One Bulk Fill – 3M*, se utilizó una lámina de material termoplástico (silicona) con moldes cilíndricos de 5 mm de altura por 5 mm de diámetro interno, dentro del cual se colocó la resina. Antes de la polimerización colocar un cubre objetos de aproximadamente 1 mm, y la mitad de los discos se fotopolimerizarón con la lámpara mono onda LED Elipar™ DeepCure-L- 3M™ que tiene una longitud de onda de (420 nm - 495 nm) máximo a 3 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos, y la otra mitad se

fotopolimerizarón con la lámpara multi onda LED Bluephase N - Ivoclar Vivadent. que tiene una longitud de onda de (380 nm - 420 nm) de 2 a 4 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos.

*Preparación bloques Resinas bulk fill - moderada densidad 1: Filtek Bulk Fill Flowable Restorative – 3M:* para elaborar los discos de resina Filtek Bulk Fill Flowable Restorative – 3M, se utilizó una lámina de material termoplástico (silicona) con moldes cilíndricos de 5 mm de altura por 5 mm de diámetro interno, dentro del cual se colocó la resina. Antes de la polimerización colocar un cubre objetos de aproximadamente 1 mm, y la mitad de los discos se fotopolimerizarón con la lámpara mono onda LED Elipar™ DeepCure-L- 3M™. que tiene una longitud de onda de (420 nm - 495 nm) máximo a 3 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos, y la otra mitad se fotopolimerizarón con la lámpara multi onda LED Bluephase N - Ivoclar Vivadent. que tiene una longitud de onda de (380 nm - 420 nm) de 2 a 4 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos.

*Preparación bloques Resinas bulk fill - moderada densidad 2: Opus Bulk Fill Flow APS – FGM:* para elaborar los discos de resina Opus Bulk Fill Flow APS - FGM, se utilizó una lámina de material termoplástico (silicona) con moldes cilíndricos de 5 mm de altura por 5 mm de diámetro interno, dentro del cual se colocó la resina. Antes de la polimerización colocar un cubre objetos de aproximadamente 1 mm, y la mitad de los discos se fotopolimerizaron con la lámpara mono onda LED Elipar™ DeepCure-L- 3M™. que tiene una longitud de onda de (420 nm - 495 nm) máximo a 3 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos, y la otra mitad se fotopolimerizaron con la lámpara multi onda LED Bluephase N - Ivoclar Vivadent. que tiene una longitud de onda de (380 nm - 420 nm) de 2 a 4 mm de distancia por un tiempo de 40 segundos.

### ***Evaluación de la profundidad de polimerización***

Se evaluó la ***profundidad de polimerización, determinando*** la dureza de cada disco de resina polimerizada con un durómetro Shore D digital (16HDM002-D100HD, Shore D Durometer, Xingweiqiang, China), específico para medir dureza en polímeros rígidos el cual se calibró (Laboratorio de calibraciones ICCLAB-Bogotá-Colombia). El valor de la dureza se determinó por una fuerza ejercida de la parte activa del durómetro, en la cara superior de la muestra que ha sido previamente fotopolimerizada se generó una indentación con su

respectivo valor en dureza Shore (0 – 100) que correspondió al 100%, posteriormente se midió la cara inferior y esta relación corresponde al 80% de la cara superior para determinar la profundidad de curado (%).

La profundidad de polimerización de las resinas se calculó evaluando la dureza shore a 0 y a 5 mm de los discos de resina. Los valores de dureza shore se expresaron en una escala de 0 a 100.

La dureza a 0 mm correspondió a la evaluación con el durómetro shore de la superficie superior de los discos de resina foto polimerizados directamente por las lámparas.

La profundidad de dureza [DSI]\*\* correspondió a la proporción de dureza shore medida en la superficie inferior [DMSI- 5 mm] de los discos de resina con respecto a la obtenida en superficie superior [DSS – 0 mm], la cual se calculó así:

1. Se evaluó la dureza shore de la superficie inferior
2. Se calculó la proporción aplicando la siguiente formula:  $DSI = DMSI / DSS \times 100$

Se consideró como adecuadamente polimerizado la dureza que sea  $\geq 80\%$  (International Standard ISO 868, 2003)

*\*\*DSI es la dureza de la superficie inferior de los discos calculada proporcionalmente con respecto a la superficie superior de los discos.*

### ***Indicador de polimerización-Dureza Shore***

*Los resultados se reportaron en una escala de 0 a 100 unidades Shore, de tal manera que; a mayor sea el número de unidades Shore, mayor será la dureza de la resina luego de su polimerización.*

### ***Calibración intra-examinador***

***Un evaluador fue entrenado durante un estudio piloto para realizar las mediciones*** con el durómetro Shore D digital (16HDM002-D100HD, Shore D Durometer, Xingweiqiang, China), y para su calibración se compararon las medidas que tomó de dureza shore a una profundidad de 0 mm sobre 10 discos de resina codificados de manera diferente para cada medición, en tres oportunidades diferentes realizadas a intervalos de 3-4 días. Los resultados

fueron evaluados a través del Coeficiente de Correlación Intra clase con CCI del 95% y se obtuvo una calibración de CCI > 0.99

#### **6.4 Plan de análisis de los datos**

Los datos se reportaron en una escala de 0 a 100 unidades Shore. Para determinar si los datos siguen una distribución normal se utilizó la prueba Shapiro-Wilk, y dependiendo de la normalidad de los datos:

1. Fueron analizados ***descriptivamente*** mediante *promedios y desviaciones estándar* por cada grupo siempre y cuando sigan la distribución normal, de lo contrario se analizarán por medio de *medianas y rangos intercuartiles*.
2. Y los grupos de estudio se compararon de manera general usando la prueba de ANOVA de una vía o la de Kruskal-Wallis y se compararon entre sí, utilizando test de comparaciones múltiples como Bonferroni (para análisis paramétrico) o el test de Dunn (Para no paramétricos)
3. Para el análisis exploratorio entre grupos (Lámpara multi onda en comparación con mono onda y para comparación entre densidades) se usó prueba de t-test si sigue la distribución normal o de caso contrario prueba de U-Mann Whitney.

Además, se hizo un análisis adicional para los resultados de proporción de dureza a 5 mm [DSI] estableciendo un punto de corte de 80, de tal manera que las muestras que presenten un resultado DSI > a 80 fueron clasificadas como polimerizadas y las menores a este rango fueron consideradas como no polimerizadas. El resumen de datos de esta variable se hizo mediante frecuencias absolutas y relativas; mientras que la comparación entre los grupos anteriormente mencionados se realizó mediante Chi<sup>2</sup> y Test exacto de Fisher.

**Todas las pruebas se aplicaron con una significancia del 95%.**

**Todas las pruebas se realizaron en el software Stata 14 y SPSS v. 24**

## **7. CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Este estudio es un estudio experimental in vitro en el cual se evaluó la profundidad de curado en resinas *Bulk Fill* de alta y mediana densidad polimerizadas con lámparas multi onda y mono onda utilizando como muestra discos de resina y no se utilizaron muestras de procedencia humana o animal por tal razón no tiene ningún tipo de compromiso ético. [Resolución 8430 DE 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud].

## 8. RESULTADOS

Los datos se reportaron paramétricamente *en una escala de 0 a 100 unidades Shore* y en proporción de dureza entre profundidad de dureza a 5mm con respecto a 0 mm, a estos datos se les realizó el análisis de normalidad con la prueba Shapiro Wills y se encontró que los datos no siguieron una distribución normal ( $p=0.0001$ )

### Análisis de dureza a 0 mm de profundidad

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos de resinas al analizarlos con la prueba de Kruskal Wallis ( $p=0,0001$ ). La mayor dureza a 0 mm se observó en las resinas de 3M Filtek One Bulk – alta densidad (Me:98 RIQ:98 – 97.5) y Flow Filtek Bulk – baja densidad (Me:97.7 RIQ:97 – 97), todas polymerizadas con la lámpara Bluephase N de Ivoclar Vivadent. Adicionalmente, el menor valor dureza a 0 mm resultó en la resina Tetric EvoCeram – alta densidad (Me:92 RIQ:92 – 91) polymerizada con la lámpara Bluephase N de Ivoclar Vivadent (tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados descriptivos de dureza a 0 mm *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz y Martha Tamayo- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

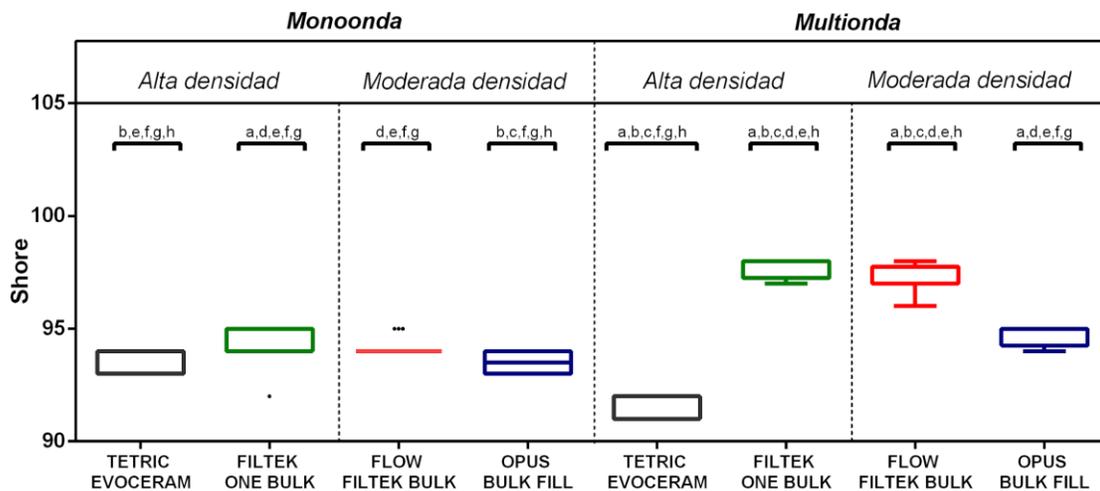
Grupos Resina / Lámpara		Mediana*	RIQ*	Promedio /DS	
A	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Mono-Onda ELIPAR DEEPCURE 3M	94	(94 - 93)	93.7±0.47
B	BFILTEK ONE BULK Alta densidad		95	(95 - 94)	94.4±0.76
C	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		94	(94 - 94)	94.1±0.36
D	OPUS BULK FILL Mediana densidad		94	(93.5 - 93)	93.1±0.51
E	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Multi- Onda BLUEPHASE N - IVOCLAR VIVADENT	92	(92 - 91)	91.7±0.47
F	BFILTEK ONE BULK Alta densidad		98	(98 – 97.5)	97.6±0.48
G	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		97.5	(97 - 97)	97.2±0.52
H	OPUS BULK FILL Mediana densidad		95	(95 – 94.5)	94.7±0.57

\* Kruskal Wallis ( $p=0.0001$ )

**Tabla 4.** Comparaciones múltiples entre los grupos de evaluación a 0 mm. *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

	A TETRIC EVOCERAM	B FILTEK ONE BULK	C FLOW FILTEK BULK	D OPUS BULK FILL	E TETRIC EVOCERAM	F FILTEK ONE BULK	G FLOW FILTEK BULK
B FILTEK ONE BULK	<b>0.016</b>						
C FLOW FILTEK BULK	0.122*	0.166*					
D OPUS BULK FILL	0.312*	<b>0.004</b>	0.049*				
E TETRIC EVOCERAM	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.005</b>			
F FILTEK ONE BULK	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>		
G FLOW FILTEK BULK	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.236*	
H OPUS BULK FILL	<b>0.002</b>	0.264*	0.055*	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.001</b>

*\* No diferencias estadísticamente significativas - Post Hoc de Dunn*



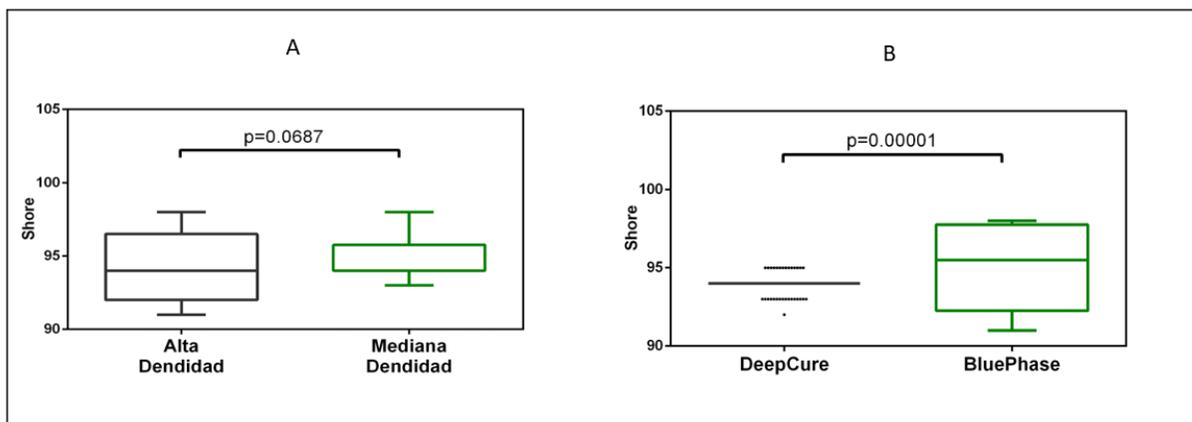
**Figura 2.** Comparaciones múltiples entre los diferentes grupos a 0 mm. *Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

Al comparar los grupos por tipo de resina – alta y mediana densidad a una fotopolimerización a 0mm de profundidad, no se encontraron diferencias significativas entre la dureza shore ( $p=0.0687$ ), sin embargo, si se encontraron diferencias significativas entre la dureza shore a esta misma profundidad cuando se compararon las lámparas resinas entre si ( $p=0.0000$ ) observándose mayor dureza en la lámpara multi-onda (Me: 95.5, RIQ: 92.5 - 97.5) (tabla 4, figura 2)

**Tabla 5.** Comparación de dureza shore a 0 mm, entre resinas – de acuerdo a densidad y entre lámparas de fotocurado -de acuerdo a onda. *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

Variable estudiada		Mediana	RIQ	Valor p*
Tipo de resina	Alta densidad	94	(92 - 96)	0.0687
	Media densidad	94	(94 - 95.5)	
Tipo de Lampara	Mono-Onda	94	(94 - 94)	0.0000
	Multi-Onda	95.5	(92.5 - 97.5)	

\* Análisis con prueba U Mann Whitney



**Figura 3.** Comparaciones entre resinas de alta y mediana densidad (A), y lámparas de fotocurado (B) en dureza a 0 mm. *Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

### Análisis de dureza a 5 mm

La mayor dureza a 5 mm se observó en las resinas Filtek One Bulk – alta densidad (Me: 94, RIQ: 94 – 94) y Flow Filtek Bulk – mediana densidad (Me: 94, RIQ: 93 – 94), ambas polimerizadas con la lámpara Bluephase N de Ivoclar Vivadent. y el menor valor de dureza a 5 mm resultó en la resina Tetric EvoCeram – alta densidad (Me: 88, RIQ: 88 – 88) polimerizada con la lámpara Bluephase N de Ivoclar Vivadent. Los valores de probabilidad resultantes de cada comparación de la dureza a 5 mm entre los diferentes grupos son presentados en la tabla 8. Ver en la figura 4.

**Tabla 6.** Resultados descriptivos de dureza a 5 mm *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz y Martha Tamayo- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

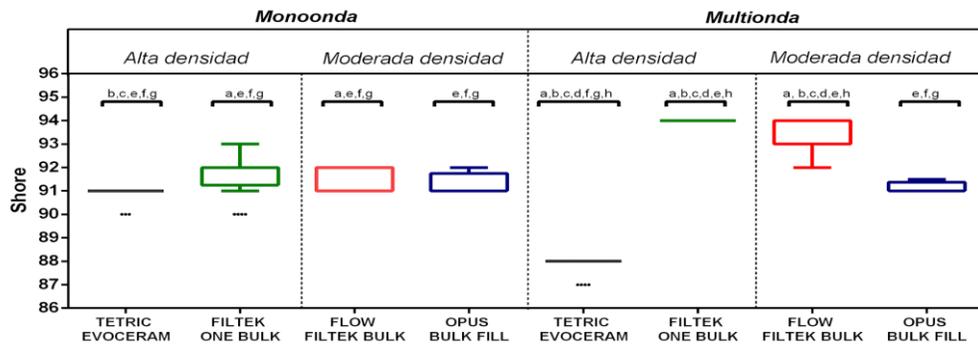
Grupos Resina / Lámpara		Mediana	RIQ	Promedio /DS	
A	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Mono-Onda ELIPAR DEEPCURE 3M	91	(91 - 91)	90.8±0.37
B	FILTEK ONE BULK Alta densidad		92	(91.5 - 92)	91.6±0.88
C	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		91	(91 - 92)	91.4±0.50
D	OPUS BULK FILL Mediana densidad		91	(91 -91.5)	91.2±0.44
E	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Multi- Onda BLUEPHASE N – IVOCLAR VIVADENT	88	(87- 88)	87.8±0.41
F	FILTEK ONE BULK Alta densidad		94	(94 - 94)	93.8±0.32
G	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		94	(93 - 94)	93.4±0.77
H	OPUS BULK FILL Mediana densidad		91	(91 – 91)	91.1±0.56
<i>Kruskar Wallis (p=0.0001)</i>					

**Tabla 7.** Comparaciones múltiples entre los grupos de evaluación a 5 mm. *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

	A TETRIC EVOCERAM	B FILTEK ONE BULK	C FLOW FILTEK BULK	D OPUS BULK FILL	E TETRIC EVOCERAM	F FILTEK ONE BULK	G FLOW FILTEK BULK

B FILTEK ONE BULK	<b>0.0073</b>						
C FLOW FILTEK BULK	<b>0.0464</b>	0.2226*					
D OPUS BULK FILL	0.1183*	0.1037*	0.3095*				
E TETRIC EVO CERAM	<b>0.0012</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.000</b>			
F FILTEK ONE BULK	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>		
G FLOW FILTEK BULK	<b>0.000</b>	<b>0.0005</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.256*	
H OPUS BULK FILL	0.1880*	0.0595*	0.2132*	0.3828*	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>

\* No diferencias estadísticamente significativas - Post Hoc de Dunn



**Figura 4.** Comparaciones múltiples entre los diferentes grupos a 5mm. *Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

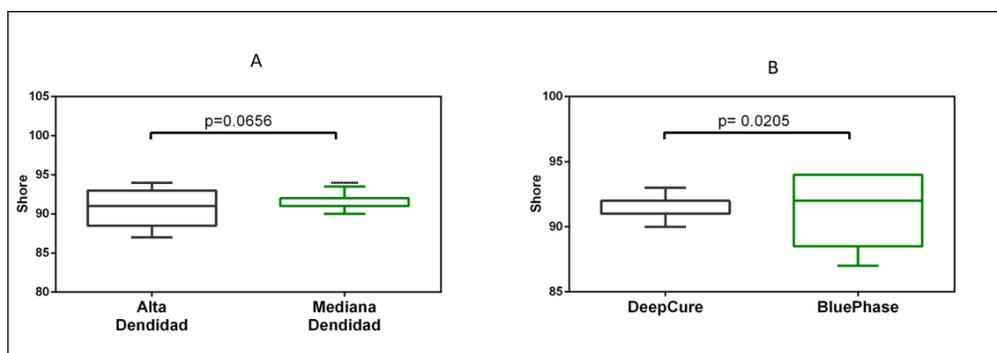
**Tabla 8.** Comparación de dureza shore a 5 mm, entre resinas - de acuerdo a densidad y entre lámparas de fotocurado -de acuerdo a onda. *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

Variable estudiada		Mediana	RIQ	Valor p*
Tipo de resina	Alta densidad	91	(89 - 93)	0.0656
	Media densidad	91	(91 - 92)	

<b>Tipo de Lámpara</b>	<b>Mono-Onda</b>	91	(91 - 92)	0.0205
	<b>Multi-Onda</b>	92	(89 - 94)	
* Análisis con prueba U Mann Whitney				

Los resultados de comparación de dureza shore entre resinas de alta y media densidad a 5 mm no presentaron una diferencia significativa (valor  $p=0.0656$ ). Se puede observar en Figura 5 (A).

Además, en lámparas de fotocurado se mostró una diferencia significativa entre las dos lámparas, el mayor nivel de dureza está en la lámpara BluePhase (Me: 92, RIQ: 89 – 94) en comparación con la mediana de la lámpara DeepCure 91 RIQ (91 – 92) (valor  $p=0.0205$ ). Observar los resultados en detalle en Figura 5 (B).



**Figura 5.** Comparaciones entre resinas de alta y mediana densidad (A), y lámparas de fotocurado (B) en dureza a 5 mm. *Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

### **Análisis por profundidad de curado (proporción entre 0 mm y 5 mm de profundidad)**

La mayor dureza se observó en las resinas Opus Bulk Fill Flow – mediana densidad (Me: 97.33, RIQ 96.81 – 98.383), Filtek One Bulk – alta densidad (Me: 96.84, RIQ 96.84 – 97.335) y Flow Filtek – mediana densidad (Me: 96.81, RIQ 96.81 – 97.87), todas polimerizadas con la lámpara Elipar Deepcure de 3M. Por otro lado, el menor valor de dureza se observó en las resinas Filtek One Bulk – alta densidad (Me: 95.92, RIQ 95.92 – 95.92), Tetric EvoCeram Bulk Fill – alta densidad (Me: 95.65, RIQ 95.65 – 95.65) y Opus Bulk Fill Flow – mediana densidad (Me: 95.79, RIQ 95.79 – 96.825), todas polimerizadas con la lámpara Bluephase N de Ivoclar Vivadent (tabla 9)

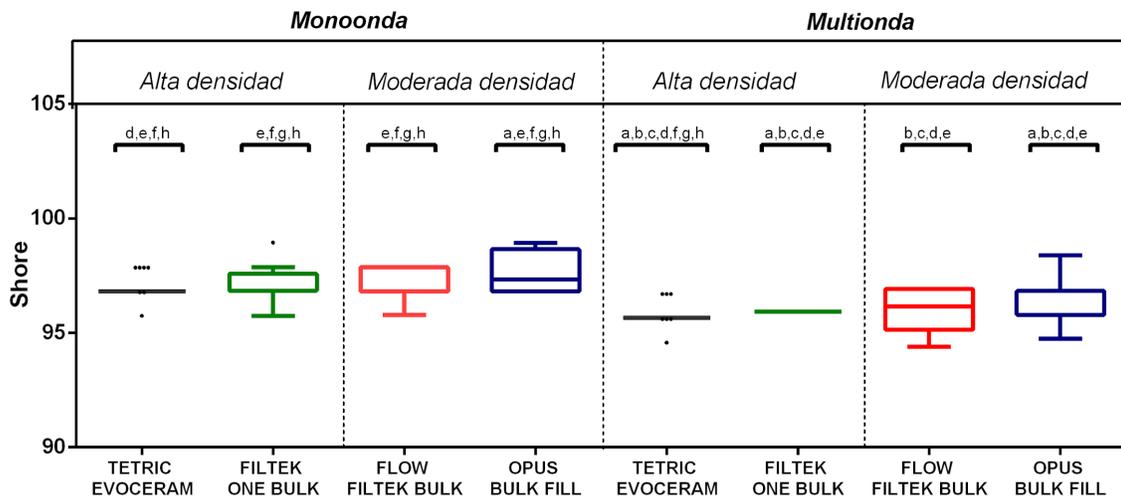
**Tabla 9.** Resultados descriptivos de dureza entre los grupos *profundidad de curado*. *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

Grupos Resina / Lámpara		Mediana	RIQ	Promedio -DS	
A	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Mono-Onda ELIPAR DEEPCURE 3M	96.81	(96.81 - 96.81)	90.8±0.37
B	BFILTEK ONE BULK Alta densidad		96.84	(96.84 - 97.335)	91.6±0.88
C	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		96.81	(96.81 - 97.87)	90.8±0.37
D	OPUS BULK FILL Mediana densidad		97.33	(96.81 - 98.385)	91.6±0.88
E	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Multi- Onda BLUEPHASE N - IVOCLAR VIVADENT	95.65	(95.65 - 95.65)	90.8±0.37
F	BFILTEK ONE BULK Alta densidad		95.92	(95.92 - 95.92)	91.6±0.88
G	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		96.155	(95.365 - 96.91)	90.8±0.37
H	OPUS BULK FILL Mediana densidad		95.79	(95.79 - 96.825)	91.6±0.88
<i>Kruskar Wallis (p=0.0001)</i>					

**Tabla 10.** Comparaciones múltiples entre los grupos de evaluación a la profundidad de curado. *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

	A TETRIC EVOCERAM	B FILTEK ONE BULK	C FLOW FILTEK BULK	D OPUS BULK FILL	E TETRIC EVOCERAM	F FILTEK ONE BULK	G FLOW FILTEK BULK
B FILTEK ONE BULK	0.144						
C FLOW FILTEK BULK	0.183	0.437					
D OPUS BULK FILL	<b>0.042</b>	0.252	0.204				
E TETRIC EVOCERAM	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>			
F FILTEK ONE BULK	<b>0.027</b>	<b>0.001</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>		

G FLOW FILTEK BULK	0.104	<b>0.010</b>	<b>0.015</b>	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	0.250	
H OPUS BULK FILL	<b>0.024</b>	<b>0.001</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>0.004</b>	0.480	0.2345
<i>Análisis con prueba Post Hoc de Dunn</i>							



**Figura 6.** Comparaciones múltiples entre los diferentes grupos en profundidad de curado.  
*Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

Los resultados de comparación de dureza shore entre resina de alta y media densidad en la profundidad de curado mostraron una diferencia estadísticamente significativa entre ambas resinas. el mayor nivel de dureza se presentó en las resinas de media densidad (Me: 96.81, RIQ: 95.85 – 96.91) en contraste con las resinas de alta densidad (Me: 96.73, RIQ: 95.74 – 96.84) (valor  $p=0.0147$ ). (Ver Figura 6 y tabla 9)

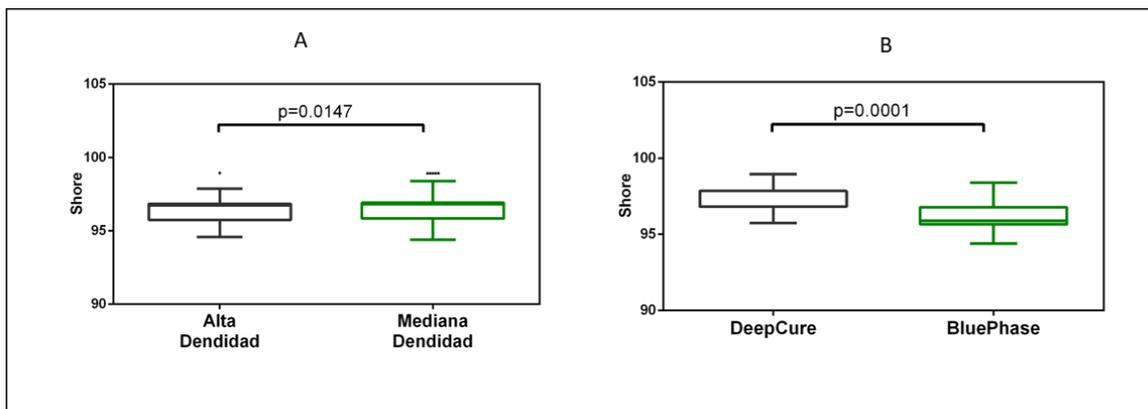
Asimismo, en las lámparas de fotocurado se observó una diferencia estadísticamente significativa, el mayor nivel de dureza se presentó en la lámpara DeepCure (Me: 96.81, RIQ: 96.81 – 97.85) en comparación con la lámpara Bluephase (Me: 95.88, RIQ: 95.65 – 96.75) (valor  $p=0.0001$ ). Los resultados se pueden observar en la tabla 11 y Figura 7.

Según la norma ISO 868 (2003), el valor debe ser igual o mayor a 80% O 0.8 y en este estudio la profundidad de curado para todas las lámparas y todas las resinas estuvieron por encima de este valor (tabla 11).

**Tabla 11.** Comparación de dureza shore – profundidad de curado, entre resinas – de acuerdo a densidad y entre lámparas de fotocurado -de acuerdo a onda. *Diseño de la tabla y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

Variable estudiada	Mediana	RIQ	Valor p*
<b>Tipo de resina</b>	<b>Alta densidad</b>	96.73 (95.74 - 96.84)	0.0147
	<b>Media densidad</b>	96.81 (95.85 - 96.91)	
<b>Tipo de Lámpara</b>	<b>Mono-Onda</b>	96.81 (96.81 - 97.85)	0.0001
	<b>Multi-Onda</b>	95.88 (95.65 - 96.75)	

\* Análisis con prueba U Mann Whitney



**Figura 7.** Comparaciones entre resinas de alta y mediana densidad (A), y lámparas de fotocurado (B) en la profundidad de curado. *Diseño de la figura y análisis estadístico: David Diaz- Datos: Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

## 9. DISCUSIÓN

### **Método para evaluar profundidad de curado**

La profundidad de curado se evalúa mediante las pruebas de dureza a diferentes profundidades, en este estudio se evaluó 0 mm y 5 mm debido a que las resinas bulk fill se usan frecuentemente para la restauración de cavidades tipo I y II cuya profundidad aproximada es de 5 mm (Tsujiimoto A et al., 2017, Shimokawa et al., 2018, Shimokawa et al., 2020).

Este estudio evaluó la profundidad de curado por medio de la medición de la dureza shore el cual consiste en la medición a través de un durómetro Shore D digital específico para medir dureza en polímeros rígidos. El valor de la dureza se determinó por una fuerza ejercida de la parte activa del instrumento, en la cara superior de la muestra que ha sido previamente fotopolimerizada se generó una indentación con su respectivo valor en dureza Shore (0 – 100) que correspondió al 100%, posteriormente se midió la cara inferior y esta relación corresponde al 80% de la cara superior para determinar la profundidad de curado (%), esta metodología de medición se ha utilizado ampliamente para evaluar las resinas de alta densidad: Tetric Evoceram, Filtek One Bulk, y de mediana densidad: Flow Filtek Bulk y Opus Bulk Fill también utilizadas en estudios de Kelić K et al., 2016, Price RBT et al., 2015, y Domagała I et al., 2020).

Sin embargo, en este estudio es la primera vez que se utiliza para evaluar las resinas Bulk Fill; para evaluar la profundidad de curado de este tipo de resinas se utiliza la dureza Vickers en que mide la profundidad de curado basado en mediciones de dureza superior e inferior, lo común es calcular la relación de dureza inferior / superior y dar un valor mínimo arbitrario al fin de considerar la superficie inferior como adecuadamente curado, los valores de 0.8 y 0.85 se usan generalmente y para obtener un resultado satisfactorio, el valor promedio total obtenido debe ser al menos un 80% de dureza superficial en la base con respecto a la superficie externa superior, de acuerdo a lo establecido en la NORMA ISO 4049. Se considera que el material resinoso está completamente polimerizado cuando las diferencias entre ambas mediciones son superiores a 80% por lo tanto, una relación inferior nos indica que el material no ha polimerizado completamente (Berto-Ing et al., 2022, Al-Ahdal et al., 2015;

Baek et al., 2008; Conte et al., 2017; Finan et al., 2013) y también se ha evaluado utilizando la dureza Knoop (ALShaafi et al., 2015 y de Oliveira et al., 2019).

### **Porque era buen usarla en este tipo de resinas**

Uno de los procedimientos indirectos más utilizados para estimar el grado de curado de la resina compuesta dental es de la dureza. La mayoría de estudios se enfocan en la dureza vickers el cual se trata de la indentación sobre el polímero. (ALShaafi et al., 2015, Berto-Ing et al., 2022, Al-Ahdal et al., 2015; Baek et al., 2008; Conte et al., 2017; de Oliveira et al., 2019) En el presente trabajo, se utilizó la dureza del durómetro Shore para evaluar la dureza de este tipo de polímeros. (International Standard ISO 868: Third edition. Dentistry; 2003 Jul)

El durómetro es un instrumento del tamaño de una mano que mide la dureza de indentación de los productos de caucho y plástico en ellos se encuentran los polímeros tipo de resina (Meshref, A et al., 2016), por otro lado, la Norma ISO 6507 menciona que la dureza vickers se utiliza para evaluar todos los materiales sólidos, incluyendo los metálicos; asimismo la dureza knoop se usa para materiales duros y quebradizos, como la cerámica (International Standard ISO 4545: First edition. Dentistry; 2018 Jan).

### **Evaluación de las lámparas de mono onda y multi onda**

En este estudio los resultados entre lámparas de fotocurado mostraron una diferencia significativa en la profundidad de polimerización entre los dos tipos lámparas y en las dos viscosidades de resinas Bulk Fill. En profundidad de curado (proporción entre 5 mm con respecto a 0 mm) se presentó un mayor valor para la lámpara mono-onda (Elipar DeepCure™®) que en la lámpara multi-onda (Bluephase™®) este resultado se pudo haber presentado debido a que los datos de dureza shore observados a 0 y 5 mm en para lampara multi onda tuvieron amplia variabilidad y por tanto el dato final de prorcion fue menor con respecto al obtenido para la mono onda.

Con un valor de dureza shore  $\geq 80\%$  o 0.8 (International Standard Iso 868, 2003) se considera que el curado es adecuado a 5 mm en los dos tipos de resina.

Grupos Resina / Lámpara		Mediana 0mm DS	Mediana 5 mm DS	Mediana Profundidad de curado %	
A	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Mono-Onda ELIPAR DEEPCURE 3M	94	91	96.81
B	BFILTEK ONE BULK Alta densidad		95	92	96.84
C	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		94	91	96.81
D	OPUS BULK FILL Mediana densidad		94	91	97.33
E	TETRIC EVOCERAM Alta densidad	Multi- Onda BLUEPHASE N - IVOCLAR VIVADENT	92	88	95.65
F	BFILTEK ONE BULK Alta densidad		98	94	95.92
G	FLOW FILTEK BULK Mediana densidad		97.5	94	96.155
H	OPUS BULK FILL Mediana densidad		95	91	95.79

La dureza de la parte inferior [DSI]\*\* correspondió a la proporción de dureza shore medida en la superficie inferior [DMSI- 5 mm] de los discos de resina con respecto a la obtenida en superficie superior [DSS – 0 mm], la cual se calculó así:

1. Se evaluó la dureza shore de la superficie inferior.
2. Se calculó la proporción aplicando la siguiente formula:  $DSI = DMSI / DSS \times 100$

$DSI$  (proporción) =  $DS\ 5\ mm / DS\ 0\ mm \times 100$

Se considera una adecuada polimerización cuando la dureza de la parte inferior corresponda a  $\geq 80\%$  (International Standard ISO 868, 2003)

*\*\*DSI es la dureza de la superficie inferior de los discos calculada proporcionalmente con respecto a la superficie superior de los discos.*

Aunque se analizaron con métodos diferentes Gan et al., [2017] reportan resultados similares a este estudio, observándose un mayor nivel de dureza en la lámpara mono onda en

comparación con la lámpara multi onda, al igual que lo descrito por Gan et al., 2017, donde se reporta que las resinas bulk fill de alta densidad muestran mejores resultados en cuanto a profundidad de polimerización con la lámpara mono onda.

En el estudio se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos de resinas en la dureza a 0mm y 5mm se observó la mayor dureza en las resinas de alta, resultado coincidente con el artículo de (Finan et al., 2013, Gan JK et al., 2017) muestran el mismo resultado para estas resinas.

### **Estudios de dureza de resina de alta densidad y de baja densidad**

En este estudio se presentaron diferencias clínicas importantes entre profundidad de curado y la dureza de las resinas estudiadas, autores como Santos y colaboradores encontraron una relación directa entre grado de conversión y la dureza, sin embargo, Ferracane indica que no se puede usar un número absoluto de dureza para predecir el grado de conversión cuando se comparan diferentes resinas.

En este estudio se encontró que en cuanto al análisis de dureza a La mayor dureza a 0 mm se observó en las resinas de 3M Filtek One Bulk – alta densidad (98 – 97) y Flow Filtek Bulk y en resina de baja densidad (97.7– 97) y el menor valor dureza a 0 mm resultó en la resina Tetric EvoCeram – alta densidad (92 – 91) polimerizadas con la lámpara Bluephase N de Ivoclar Vivadent.

Resultados similares se observaron en algunos estudios como Suman et al., 2017, donde se obtuvo entre 90 a 97%. Resultados similares se observan en algunos estudios como Flury et al., 2012 donde para ese tipo de resinas se obtuvo una dureza de 84.7- 95%.

En cuanto a la mayor dureza a 5 mm se observó en las resinas Filtek One Bulk – alta densidad (94 – 94) y Flow Filtek Bulk – mediana densidad (93 – 94) y el menor valor de dureza en la resina Tetric EvoCeram – alta densidad (88 – 88) polimerizadas con la lámpara Bluephase N de Ivoclar Vivadent.

En los resultados obtenidos no se encontró correlación entre la profundidad de curado y la dureza, lo que coincidió con otras investigaciones descritas en los artículos (Finan et al., 2013 y Gan JK et al., 2017) donde no se demuestran una relación directa entre polimerización y la dureza de las resinas estudiadas.

### **Resultados estadísticamente significativos Vs Clínicamente significativos**

En los resultados obtenidos en el estudio la dureza tanto a 0 mm como a 5 mm se encontró diferencias estadísticamente significativas, lo que coincidió con otras investigaciones descritas (Al-Ahdal et al., 2015, Alrahlah A et al., 2013, Conte et al., 2017, de Oliveira et al., 2019, Gan JK et al., 2017, García D et al 2013, Rullman et al., 2017), asimismo en los estudios mencionados anteriormente concluyen que no hay una relevancia clínica ya que la dureza de todas las resinas supera el 80% de la dureza, cabe recalcar que es muy importante saber que la norma ISO 4049 describe que todas las resinas deben tener un dureza en cuanto a la profundidad de curado que debe ser mayor o igual a 80%. (Al-Ahdal et al., 2015, Alrahlah A et al., 2013, AlShaafi et al., 2018, de Oliveira et al., 2019, Fronza et al., 2017, Flury et al., 2012, Gan JK et al., 2017, Ilie N et al., 2014, García D et al 2013)

**Tabla 12. Datos de estudios con objetivos similares al presente estudio.** *Diseño de tabla Martha Tamayo- Datos suministrados por Chávez-Bravo & Navarro-Carrillo, 2023*

<b>Estudio</b>	<b>Tipo de resina/ marca</b>	<b>Tipo de lámpara/ marca</b>	<b>Tipo dureza evaluada</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Resultados</b>
<b>Meshref, A et al., 2016.</b>	Resina nanopartículas Mella, USA	Mono-onda Elipar Deep Cure, 3M-ESPE	Shore	3 mm	80 – 90 % dureza Shore
<b>Al-Ahdal et al., 2015.</b>	Alta densidad: Venus Bulk Fill Tetric EvoCeram Bulk Fill Sonic Fill Mediana densidad /Filtek Bulk Fill (FBF), everX Posterior (eXP), Beautifil-Bulk Flow	Mono-onda Elipar Deep Cure, 3M-ESPE	Vickers	4mm y 5 mm	50 – 72% VHN
<b>ALShaafi et al., 2015</b>	Alta densidad/ Bulk Fill, Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent) Mediana densidad/ SDR SureFil (DENTSPLY), SonicFill (Kerr) y x-tra fil(Voco)	Multi-onda/(Bluephase G2, Ivoclar Vivadent).	Knoop	2,4 y 6mm	70-73% KHN
<b>Baek et al., 2008</b>	Alta densidad/ Bulk Fill, Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent)	Monoonda/Elipar Deep Cure, 3M-ESPE Multi-onda/(Bluephase G2, Ivoclar Vivadent).	Vickers	4mm	47.3- 59.1% VHN
<b>Conte et al., 2017</b>	Alta densidad/ Tetric Evoceram Bulk fill (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)	Multi-onda/(Bluephase G2, Ivoclar Vivadent).	Vickers	5mm	50.3-70.2% VHN

Estudio	Tipo de resina/ marca	Tipo de lámpara/ marca	Tipo dureza evaluada	Profundidad	Resultados
<b>Meshref, A et al., 2016.</b>	Resina nanopartículas Mella, USA	Mono-onda Elipar Deep Cure, 3M-ESPE	Shore	3 mm	80 – 90 % dureza Shore
<b>de Oliveira et al., 2019</b>	Alta densidad: Tetric EvoCeram Bulk Fill Ivoclar Vivadent Filtek Bulk Fill 3M Venus Bulk Fill Mediana densidad: Heraus Kulzer y Filtek Bulk Fill Flow /3M ESPE)	Multi-onda/(Bluephase G2, Ivoclar Vivadent), (VALO Cordless, Ultradent)	Knoop	5mm	53.2-56.4% KHN
<b>Finan et al., 2013</b>	Alta densidad (Tetric EvoCeram Bulk Fill/Ivoclar Vivadent, Filtek Bulk Fill/3M ESPE, Venus Bulk Fill/ Mediana densidad/ Heraus Kulzer y Filtek Bulk Fill Flow /3M ESPE	Mono-onda/Elipar Deep Cure, 3M-ESPE Multi-onda/(Bluephase G2, Ivoclar Vivadent).	Vickers	4mm	72 – 86% VHN
<b>Flury et al., 2012</b>	Alta densidad (Surefil SDR, Venus Bulk Fill, Quixfil, Tetric EvoCeram Bulk Fill)	Multi-onda/(Bluephase G2, Ivoclar Vivadent).	Vickers	5mm	84.7 - 95 % VHN
<b>Gan JK et al., 2017</b>	Alta densidad: Tetric N-Ceram bulk-fill (TNC), Smart	Monoonda/Elipar Deep Cure, 3M-ESPE Multi-onda/(Bluephase N Ivoclar Vivadent).	Knoop	4mm	50 – 67% KHN

<b>Estudio</b>	<b>Tipo de resina/ marca</b>	<b>Tipo de lámpara/ marca</b>	<b>Tipo dureza evaluada</b>	<b>Profundidad</b>	<b>Resultados</b>
<b>Meshref, A et al., 2016.</b>	Resina nanopartículas Mella, USA	Mono-onda Elipar Deep Cure, 3M-ESPE	Shore	3 mm	80 – 90 % dureza Shore
	Dentin Replacement (SDR)				
<b>Suman et al., 2017</b>	Alta densidad: Filtek™ [3M ESPE], Tetric® N-Ceram [Ivoclar Vivadent] y SDR (Smart Dentin Replacement) de Dentsply Caulk	Multi-onda/(Bluephase N Ivoclar Vivadent).	Vickers	2,4 y 6mm	90-97% VHN

## 10.CONCLUSIONES

Dentro de los límites de este estudio se puede concluir que:

1. A una profundidad de 0mm no se encontraron diferencias significativas en la dureza shore presentadas por los dos tipos de resina evaluadas – de alta y mediana densidad- pero si se presentaron diferencias en la dureza generada en las dos resinas por los dos tipos de lámparas de mono y multi- onda- siendo mayor la dureza obtenida por la lampara de fotocurado multi-onda.
2. A una profundidad de 5mm no se encontraron diferencias significativas en la dureza shore presentadas por los dos tipos de resina evaluadas – de alta y mediana densidad- pero si se presentaron diferencias en la dureza generada en las dos resinas por los dos tipos de lámparas de mono y multi- onda- siendo mayor la dureza obtenida por la lampara de fotocurado multi-onda.
3. Al determinar la profundidad de curado no se encontraron diferencias significativas en la dureza shore presentadas por los dos tipos de resina evaluadas – de alta y mediana densidad- pero si se presentaron diferencias en la dureza generada en las dos resinas por los dos tipos de lámparas de mono y multi- onda- siendo mayor la dureza obtenida por la lampara de fotocurado mono-onda.
4. Los datos dureza shore reportada por las resinas evaluadas en este estudio con las dos lamparas de fotocurado – mono onda – multionda a 0mm a 5 mm de profundidad de curado, no son clínicamente importante ya que no están por debajo de 80 como lo establece la norma ISO 4049.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. 3M™ Lámpara de Fotocurado Mono – Onda, LED Elipar, DeepCure-L LED 76973, 2015.
2. Al-Ahdal K, Ilie N, Silikas N, Watts DC. Polymerization kinetics and impact of post polymerization on the Degree of Conversion of bulk-fill resin-composite at clinically relevant depth. *Dent Mater*. 2015 Oct;31(10):1207-13.
3. AlQahtani MQ, Michaud PL, Sullivan B, Labrie D, AlShaafi MM, Price RB. Effect of High Irradiance on Depth of Cure of a Conventional and a Bulk Fill Resin-based Composite. *Oper Dent*. 2015 Nov-Dec;40(6):662-72. doi: 10.2341/14-244-L. Epub 2015 Aug 3.
4. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater*. 2014 Feb;30(2):149-54.
5. AlShaafi MM, AlQussier A, AlQahtani MQ, Price RB. Effect of Mold Type and Diameter on the Depth of Cure of Three Resin-Based Composites. *Oper Dent*. 2018 Sep/Oct;43(5):520-9.
6. AlShaafi MM, Haenel T, Sullivan B, Labrie D, Alqahtani MQ, Price RB. Effect of a broad-spectrum LED curing light on the Knoop microhardness of four posterior resin-based composites at 2, 4 and 6-mm depths. *J Dent*. 2016 Feb; 45:14-8.
7. Baek CJ, Hyun SH, Lee SK, Seol HJ, Kim HI, Kwon YH. The effects of light intensity and light-curing time on the degree of polymerization of dental composite resins. *Dent Mater J*. 2008 Jul;27(4):523-33
8. Berto-Inga J, Santander-Rengifo F, Ladera-Castañeda M, López-Gurreonero C, Castro Pérez-Vargas A, Cornejo-Pinto A, Cervantes-Ganoza L, Cayo-Rojas C. Surface Microhardness of Bulk-Fill Resin Composites Handled With Gloves. *Int Dent J*. 2023 Aug;73(4):489-495. doi: 10.1016/j.identj.2022.10.005.
9. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J*. 2017 Mar 10;222(5):337-44.
10. Conte G, Panetta M, Mancini M, Fabianelli A, Brotzu A, Sorge R, Cianconi L. Curing effectiveness of single-peak and multi-peak led light curing units on tpo-containing resin composites with different chromatic characteristics. *Oral Implantol (Rome)*. 2017 Sep 27;10(2):140-150.
11. Czasch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig*. 2013 Jan;17(1):227-35.
12. Daugherty MM, Lien W, Mansell MR, Risk DL, Savett DA, Vandewalle KS. Effect of high-intensity curing lights on the polymerization of bulk-fill composites. *Dent Mater*. 2018 Oct;34(10):1531-41.

13. de Cássia Romano B, Soto-Montero J, Rueggeberg FA, Giannini M. Effects of extending duration of exposure to curing light and different measurement methods on depth-of-cure analyses of conventional and bulk-fill composites. *Eur J Oral Sci.* 2020 Aug;128(4):336-344.
14. de Oliveira D, Rocha MG, Correr AB, Ferracane JL, Sinhoreti M. Effect of beam profiles from different light emission tip types of multiwave light-emitting diodes on the curing profile of resin-based composites. *Oper Dent.* 2019 Jul/Aug;44(4):365-378.
15. Dietschi D, Herzfeld D. In vitro evaluation of marginal and internal adaptation of class II resin composite restorations after thermal and occlusal stressing. *Eur J Oral Sci.* 1998 Dec;106(6):1033-42. doi: 10.1046/j.0909-8836.1998.eos106609.x. PMID: 9879916.
16. Domagała I, Przystupa K, Firlej M, Pieniak D, Gil L, Borucka A, Naworol I, Biedziak B, Levkiv M. Analysis of the Statistical Comparability of the Hardness and Wear of Polymeric Materials for Orthodontic Applications. *Materials (Basel).* 2021 May 28;14(11):2925. doi: 10.3390/ma14112925.
17. Finan L, Palin WM, Moskwa N, McGinley EL, Fleming GJ. The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials. *Dent Mater.* 2013 Aug;29(8):906-12
18. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater.* 2012 May;28(5):521-8. doi: 10.1016/j.dental.2012.02.002. Epub 2012 Mar 3.
19. Fronza BM, Ayres A, Pacheco RR, Rueggeberg FA, Dias C, Giannini M. Characterization of Inorganic Filler Content, Mechanical Properties, and Light Transmission of Bulk-fill Resin Composites. *Oper Dent.* 2017 Jul/Aug;42(4):445-55
20. Gan JK, Yap AU, Cheong JW, Arista N, Tan C. Bulk-fill composites: effectiveness of cure with poly- and monowave curing lights and modes. *Oper Dent.* 2018 Mar/Apr;43(2):136-43
21. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Oper Dent.* 2014 Jul-Aug;39(4):441-8.
22. Giorgi MC, Aguiar FH, Soares LE, Martin AA, Liporoni PC, Paulillo LA. Does an additional UV LED improve the degree of conversion and Knoop Hardness of light-shade composite resins? *Eur J Dent.* 2012;6(4):396-401.
23. Ide K, Nakajima M, Hayashi J, Hosaka K, Ikeda M, Shimada Y, Foxton RM, Sumi Y, Tagami J. Effect of light-curing time on light-cure/post-cure volumetric polymerization shrinkage and regional ultimate tensile strength at different depths of bulk-fill resin composites. *Dent Mater J.* 2019 Jul 31;38(4):621-629.

24. Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin-based composites. *J Dent.* 2013 Aug;41(8):695-702
25. Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *J Dent.* 2014 Aug;42(8):977-85.
26. Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clin Oral Investig.* 2015 Mar;19(2):271-9.
27. International Standard ISO 4049: Third edition. *Dentistry*; 2000 Jul
28. International Standard ISO 4545: First edition. *Dentistry*; 2018 Jan
29. International Standard ISO 6507: First edition. *Dentistry*; 2018 Jan
30. International Standard ISO 868: Third edition. *Dentistry*; 2003 Jul
31. Ivoclar Vivadent AG, Lámpara de Fotocurado Bluephase Multi – Onda, LED Bluephase N, 2021.
32. Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent.* 2015 Mar-Apr;40(2):172-80.
33. Kelić K, Matić S, Marović D, Klarić E, Tarle Z. Microhardness of Bulk-Fill Composite Materials. *Acta Clin Croat.* 2016 Dec;55(4):607-614. doi: 10.20471/acc.2016.55.04.11.
34. Li X, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, De Munck J. Curing profile of bulk-fill resin-based composites. *J Dent.* 2015 Jun;43(6):664-72.
35. Lima RBW, Troconis CCM, Moreno MBP, Murillo-Gómez F, De Goes MF. Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2018 Nov;30(6):492-501.
36. Maghaireh GA, Price RB, Abdo N, Taha NA, Alzraikat H. Effect of Thickness on Light Transmission and Vickers Hardness of Five Bulk-fill Resin-based Composites Using Polywave and Single-peak Light-emitting Diode Curing Lights. *Oper Dent.* 2019 Jan/Feb;44(1):96-107.
37. Makhdoom SN, Campbell KM, Carvalho RM, Manso AP. Effects of curing modes on depth of cure and microtensile bond strength of bulk fill composites to dentin. *J Appl Oral Sci.* 2020;28: e20190753.
38. Marovic D, Par M, Crnadak A, Sekelja A, Negovetic Mandic V, Gamulin O, Rakić M, Tarle Z. Rapid 3 s Curing: What Happens in Deep Layers of New Bulk-Fill Composites? *Materials (Basel).* 2021 Jan 21;14(3):515.

39. Menees TS, Lin CP, Kojic DD, Burgess JO, Lawson NC. Depth of cure of bulk fill composites with monowave and polywave curing lights. *Am J Dent.* 2015 Dec;28(6):357-61.
40. Meshref A, Mazen A, El-Giushi M, Ali W. Effet od curing process of dental nanocomposite resinon shore hardness. 2016 April; 13 (2); 25 – 37.
41. Miletic V, Pongprueksa P, De Munck J, Brooks NR, Van Meerbeek B. Curing characteristics of flowable and sculptable bulk-fill composites. *Clin Oral Investig.* 2017 May;21(4):1201-12.
42. Mills RW, Uhl A, Jandt KD. Optical power outputs, spectra and dental composite depths of cure, obtained with blue light emitting diode (LED) and halogen light curing units (LCUs). *Br Dent J.* 2002;193(8):459-63
43. Ministerio de Salud. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Resolución 8430 de 1993. Bogotá: Ministerio de Salud-República de Colombia. 1993
44. Nagi SM, Moharam LM, Zaazou MH. Effect of resin thickness, and curing time on the micro-hardness of bulk-fill resin composites. *J Clin Exp Dent.* 2015 Dec 1;7(5):e600-4.
45. Pedalino I, Hartup GR, Vandewalle KS. Depth of cure of bulk-fill flowable composite resins. *Gen Dent.* 2015 Sep-Oct;63(5):e28-34.
46. Pirmoradian M, Hooshmand T, Jafari-Semnani S, Fadavi F. Degree of conversion and microhardness of bulk-fill dental composites polymerized by LED and QTH light curing units. *J Oral Biosci.* 2020 Mar;62(1):107-113. doi: 10.1016/j.job.2019.12.004.
47. Price RB, Felix CA, Andreou P. Evaluation of a dual peak third generation LED curing light. *Compend Contin Educ Dent.* 2005 May;26(5):331-2, 334, 336-8 passim; quiz 348. PMID: 15892221.
48. Price RBT, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B, Kostylev I, Fahey J. Correlation between the beam profile from a curing light and the microhardness of four resins. *Dental Materials.* 2014 Dec 1;30(12):1345-57.
49. Reis AF, Vestphal M, Amaral RCD, Rodrigues JA, Roulet JF, Roscoe MG. Efficiency of polymerization of bulk-fill composite resins: a systematic review. *Braz Oral Res.* 2017 Aug 28;31(suppl 1):e59.
50. Rizzante FAP, Duque JA, Duarte MAH, Mondelli RFL, Mendonça G, Ishikiriama SK. Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dent Mater J.* 2019 Jun 1;38(3):403-410. doi: 10.4012/dmj.2018-063.
51. Rocha MG, de Oliveira D, Correa IC, Correr-Sobrinho L, Sinhorette M, Ferracane JL, Correr AB. Light-emitting Diode Beam Profile and Spectral Output Influence on the

- Degree of Conversion of Bulk Fill Composites. *Oper Dent.* 2017 Jul/Aug;42(4):418-427.
52. Rueggeberg FA. State-of-the-art: dental photocuring--a review. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):39-52.
53. Santini A, Miletic V, Swift MD, Bradley M. Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *J Dent.* 2012 Jul;40(7):577-84.
54. Shimokawa C, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of Curing Light and Exposure Time on the Polymerization of Bulk-Fill Resin-Based Composites in Molar Teeth. *Oper Dent.* 2020 May/Jun;45(3):E141-55.
55. Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. *Dent Mater.* 2018 Aug;34(8):1211-1221.
56. Strassler HE, Price RB. Understanding light curing, Part I. Delivering predictable and successful restorations. *Dent Today.* 2014 May;33(5):114, 116, 118 passim; quiz 121.
57. Suman A; Mann JS, Sandhu S, Maurya S. Evaluation of hardness and degree of conversion of different bulk-fill materials cured with quartz tungsten halogen and light emitting diode devices. *St. int. dent. j. (Online).* 2017; 3(1):4-10.
58. Tarle Z, Attin T, Marovic D, Andermatt L, Ristic M, Tauböck TT. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig.* 2015 May;19(4):831-40.
59. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent.* 2017 May;117(5S): e1-e105.
60. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Depth of cure, flexural properties and volumetric shrinkage of low and high viscosity bulk-fill comonomers and resin composites. *Dent Mater J.* 2017 Mar 31;36(2):205-213. doi: 10.4012/dmj.2016-131.
61. Van Ende A, De Munck J, Lise DP, Van Meerbeek B. Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *J Adhes Dent.* 2017;19(2):95-109.
62. Yap AU, Pandya M, Toh WS. Depth of cure of contemporary bulk-fill resin-based composites. *Dent Mater J.* 2016;35(3):503-10.
63. Zorzin J, Maier E, Harre S, Fey T, Belli R, Lohbauer U, Petschelt A, Taschner M. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater.* 2015 Mar;31(3):293-301.