

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

**Efecto de los líquidos modeladores sobre la profundidad de curado de las
resinas bulk fill. Estudio in vitro**

Proyecto de investigación y desarrollo

Paul Stefano Alvarez Robles

**Andrés Dávila Sánchez, Dr, Msc, PhD.
Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Especialista en rehabilitación oral

Quito, 15 de diciembre del 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Efecto de los líquidos modeladores sobre la profundidad de curado de las
resinas bulk fill**

Paul Stefano Alvarez Robles

Andrés Dávila, Dr, Msc, PhD
Director del trabajo de titulación

Paulina Arriaga, Dra.
Decana de la Facultad de Odontología

Hugo Burgos, PhD
Decano del colegio de postgrados

Quito, 15 de diciembre del 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre del estudiante: Paul Stefano Alvarez Robles

Código de estudiante: 209723

C.I.: 0950024315

Lugar y fecha: Quito, 15 de diciembre del 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia que fue mi apoyo siempre durante todo mi proceso estudiantil.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de todas las personas que de una u otra manera aportaron para poder cumplir este sueño. Un agradecimiento especial a mi familia que siempre ha estado conmigo dándome más que un apoyo económico, el apoyo anímico y por hacerme sentir que no estoy solo. A mis profesores por compartir sus cada uno de sus conocimientos para ir forjando mi camino hacia la excelencia a mi tutor de tesis por el apoyo y la guía en este trabajo y a mis amigos que de una u otra manera siempre estuvieron conmigo en las buenas y las malas.

Este trabajo no es mío sino de todos los que formaron parte de este proceso, mis eternos agradecimientos con todos.

RESUMEN

Objetivo: El propósito del presente estudio fue evaluar la influencia de distintos tipos de líquidos modeladores sobre la profundidad de curado a través del uso de microdureza de 3 resinas tipo bulk fill.

Materiales y métodos: Un total de 60 bloques de resina compuesta de dimensiones 5 x 5 x 5 mm fueron preparadas en moldes impresos a partir de tres resinas bulk fill (Tetric N Ceram bulk fill (TBF) Filtek One bulk (FBF) fill, Opus bulk fill (OBF) y tres líquidos modeladores (Ambar Universal AB, Modeling resin MR, Wetting resin WT) (n=5) para ser evaluados en cuatro diferentes profundidades: 1, 2, 3, 4mm. De esta manera, el grado de conversión de cada resina fue evaluado a través de un método indirecto, el de microdureza Vickers (VHN) realizando tres indentaciones en tres puntos diferentes por cada profundidad antes y después de la inmersión en alcohol etílico al 100%. Los datos obtenidos en el presente estudio fueron analizados a través de una prueba de ANOVA de dos vías de medidas repetidas y post-hoc de Bonferroni (alfa preestablecida = 0.05).

Resultados: Todas las resinas bulk fill presentaron una disminución en la microdureza en profundidad ($p > 0.05$) a excepción de FBF-AB y MR antes de la inmersión y FBF-MR después de la inmersión. Los líquidos modeladores no tuvieron diferencias estadísticamente significativas con el grupo control ($p < 0.05$), a excepción del grupo OBF en la cual los grupos experimentales presentaron mayores valores de microdureza ($p > 0.05$).

Conclusión: El uso de líquidos modeladores no compromete la polimerización y profundidad de curado de las resinas bulk fill, y en algunos casos puede mejorarla. Usar líquidos modeladores en resina compuestas bulk fill puede ser una estrategia segura en la restauración de dientes posteriores.

Palabras clave: composite, bulk fill, microdureza, modelador de resina, profundidad de curado.

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to evaluate the influence of different types of modeling liquids on the depth of cure through the microhardness of 3 bulk fill type resins.

Materials and methods: A total of 60 blocks of composite resin with dimensions 5 x 5 x 5 mm were prepared in printed molds from three bulk fill resins (Tetric N Ceram bulk fill (TBF)TNB, Filtek One bulk FOB(FBF) fill, Opus bulk fill OPB)(OBF) and three modeling liquids (Ambar Universal ABU, Modeling resin MR, Wetting resin WTR) were evaluated (n=5)) to be evaluated at four different depths: 1, 2, 3, 4mm . A total of 60 samples were prepared. In this way, the degree of conversion of each resin was evaluated through an indirect method. The depth of curing was evaluated through the Vickers microhardness (VHN) by performing three indentations at three different points for each depth before and after from immersion in 100% ethyl alcohol. The data obtained in the present study were analyzed through a Bonferroni post-hoc repeated measures two-way ANOVA test (preset alpha = 0.05).

Results: All bulk fill resins showed a decrease in microhardness at depth ($p>0.05$) except for FBF-AB and MR before immersion and FBF-MR after immersion. The modeling liquids did not have statistically significant differences with the control group ($p<0.05$), except for the OBF group in which the experimental groups presented higher microhardness values ($p>0.05$).

Conclusion: the results of this study indicate that the use of modeling liquids does not compromise the depth of polymerization and the depth of curing of bulk fill resins, and in some cases, it can improve it. Using modeling liquids in bulk fill composite resins can be a safe strategy in the restoration of posterior teeth.

Key words: composite, bulk fill, microhardness, modeling resin, depth cure.

TABLA DE CONTENIDO**Contents**

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	12
JUSTIFICACIÓN	15
<i>Objetivo general</i>	16
<i>Objetivos específicos</i>	16
HIPÓTESIS	17
REVISIÓN DE LA LITERATURA	18
METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	29
<i>Análisis estadístico</i>	37
ANÁLISIS DE DATOS	38
8. DISCUSIÓN	43
9. CONCLUSIONES	48
REFERENCIAS	49
ÍNDICE DE ANEXOS	54

1. ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 - RESINAS UTILIZADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO.....	31
TABLA 2 - LÍQUIDOS MODELADORES UTILIZADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO	32
TABLA 3 - PULIDORES UTILIZADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO.....	32
TABLA 4 - MATERIALES UTILIZADOS EN EL ESTUDIO	32
TABLA 5- PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MICRODUREZA VHN EN PROFUNDIDAD DE LA RESINA TETRIC N CERAM BULK FILL	39
TABLA 6- PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MICRODUREZA VHN EN PROFUNDIDAD DE LA RESINA FILTEK ONE BULK FILL.....	40
TABLA 7- PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MICRODUREZA VHN EN PROFUNDIDAD DE LA RESINA OPUS BULK FILL.....	41
TABLA 8- PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MICRODUREZA VHN EN PROFUNDIDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN EN ALCOHOL DE LA RESINA TETRIC N CERAM BULK FILL	42
TABLA 9- PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MICRODUREZA VHN EN PROFUNDIDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN EN ALCOHOL DE LA RESINA FILTEK ONE BULK FILL	42
TABLA 10- PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MICRODUREZA VHN EN PROFUNDIDAD DESPUÉS DE LA INMERSIÓN EN ALCOHOL DE LA RESINA OPUS BULK FILL.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 COLOCACIÓN DE LA RESINA.....	34
FIGURA 2 APLICACIÓN DEL LÍQUIDO MODELADOR	35
FIGURA 3 CORTE DE LAS MUESTRAS.....	36
FIGURA 4 MUESTRAS CAPTURADAS	36
FIGURA 5 PRUEBA VICKERS.....	37
FIGURA 6 DISEÑO DEL ESTUDIO	38

INTRODUCCIÓN

Las resinas compuestas son actualmente el material de elección a la hora de realizar restauraciones directas, esto se debe a sus excelentes características ópticas, propiedades mecánicas, bajo costo y alta preservación de tejido (Borgia et al., 2017)(Lynch et al., 2014). A pesar de las grandes ventajas del uso de las resinas compuestas, debido a su naturaleza polimérica, todas sufren una contracción de polimerización como resultado de la aproximación espacial de los monómeros que las constituyen durante el proceso de polimerización (Kaisarly & Gezawi, 2016). Algunos inconvenientes clínicos se han asociados a la contracción de polimerización entre los cuales podemos destacar la micro infiltración marginal, resultado de las tensiones generadas en la interfase diente- restauración, las mismas que podrían derivar en situaciones clínicas complejas como el desarrollo de caries secundaria (Ferracane & Hilton, 2015).

Debido a los problemas generados por la contracción de polimerización las primeras técnicas preconizaban el uso de estrategias incrementales para reducir el efecto de esta contracción (Park et al., 2008)(M. Lee et al., 2007). La técnica incremental consiste en colocar la resina compuesta en la cavidad en varios incrementos no mayores a 2 mm con el fin de asegurar la correcta profundidad de curado (Campodonico et al., 2014)(Moore et al., 2008). Sin embargo, demanda mucho más tiempo y número de pasos, lo que la hace más sensible a errores durante su aplicación, como la incorporación de vacíos y brechas entre los incrementos (Münchow et al., 2016). Con el fin de simplificar esta técnica se desarrollaron las resinas de baja contracción que disminuían notablemente la contracción volumétrica del material, de esta manera también se disminuía el estrés generado en la interfase diente- restauración, pero al igual que las resinas convencionales presentaban una limitada profundidad de curado (Bicalho, Pereira, et al., 2014)(Bicalho, Valdívia, et al., 2014). Hoy en día, con el desarrollo de nuevas tecnologías, aparecieron las resinas tipo bulk fill las mismas que nos permiten realizar

incrementos de hasta 4mm (Ende, 2018). Esto se debe a su composición, ya que cuenta con fotoiniciadores más sensibles, además sus características ópticas, que en general son mucho más traslúcidas al compararlas con las resinas convencionales, lo que permiten un mayor paso de luz y por ende una mejor fotopolimerización (Ende et al., 2017). Además, presenta un estrés de contracción similar al de las resinas convencionales utilizadas con técnica incremental (Campodonico et al., 2014)(Tsujimoto et al., 2018) con la mencionada ventaja de requerir apenas de un incremento para restaurar cavidades posteriores (Ende et al., 2017)(Bicalho, Pereira, et al., 2014).

Sin embargo, la manipulación de las resinas varía dependiendo del fabricante, lo que las convierte en algunos casos en pegajosas y difíciles de manipular, haciendo inclusive que se adhieran a los instrumentos, dificultando su inserción y modelado al restaurar. Con el objetivo de disminuir estas propiedades indeseadas, muchos autores han propuestos el uso de monómeros de baja viscosidad en forma de resinas “modeladoras” para mejorar su manipulación (Perdigão & Gomes, 2006)(Dunn & Strong, 2007). En este sentido, diversos estudios que emplean esta técnica han utilizado tanto adhesivos dentales como líquidos modelares propiamente dichos para esta función. Así, los resultados observados en estudios anteriores en relación con las propiedades mecánicas y ópticas varían de acuerdo con el tipo de modelador y la resina empleada, por lo que en la actualidad no existe un consenso en relación a su uso (de Paula et al., 2016).

De manera general, los estudios han mostrado que el empleo de líquidos modeladores de resina no influye en algunas de sus propiedades, como la microdureza ni la rugosidad de ciertas resinas microhíbridas y nanohíbridas (Tuncer, 2013). Por otro lado, el uso de adhesivos como líquidos modeladores ha demostrado mejorar la adhesión cohesiva, disminuyendo las fallas entre capas cuando se emplea una técnica incremental, entre estos mostrando mejores resultados los adhesivos de 3 pasos, cuando se aplicó únicamente el frasco que contiene en su mayoría

monómeros hidrofóbicos (Münchow et al., 2016)(Perdigão & Gomes, 2006)(Barcellos et al., 2008). Otros estudios inclusive han demostrado que al utilizar adhesivos con monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos en su composición, estos podrían influir positivamente en el grado de conversión de la resina compuesta convencional (de Paula et al., 2016).

A pesar del uso popularizado de las resinas modeladoras entre los clínicos, en la actualidad, el uso de dichos materiales en conjunto con el uso de resinas de un solo incremento, tipo bulk fill no ha sido estudiado hasta el momento. Considerando las diferencias en la composición, translucidez y fotoiniciadores presentes en las resinas bulk fill, así como las características inherentes a los diferentes tipos de modelador, el uso de resinas modeladoras podría presentar un efecto sobre la polimerización y las propiedades de las resinas de un solo incremento. Con lo expuesto anteriormente, el objetivo de este estudio fue investigar si el uso de distintos tipos de líquidos modeladores interfiere en la polimerización y transmisión de la luz de tres tipos de resinas bulk fill. La primera hipótesis nula de este estudio es que no habrá diferencias en la dureza de las resinas bulk fill con o sin el uso de resinas modeladoras antes o después de la inmersión en alcohol. Y la segunda hipótesis nula es que el uso de modeladores de resinas no influirá sobre la dureza en profundidades.

JUSTIFICACIÓN

Las resinas bulk fill son ampliamente usadas debido a la simplificación al momento de ser aplicadas.¹⁰ Estas resinas al igual que las resinas convencionales para el sector posterior presentan una alta viscosidad. Para este problema en específico se han empleado líquidos modeladores, los cuales facilitan el manejo y unos cuantos han demostrado tener resultados positivos en cuanto a sus propiedades mecánicas y ópticas.^{8,13,14,15,16,17} Sin embargo, aún no se han realizado estudios en las resinas tipo bulk. El propósito de este estudio es determinar qué tipo de líquidos modeladores se pueden emplear para facilitar la manipulación sin interferir en la micro dureza y la transmisión de luz del material.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la influencia de distintos tipos de líquidos modeladores sobre la profundidad de curado de las resinas bulk-fill

Objetivos específicos

- Evaluar la microdureza en profundidad de las resinas bulk-fill con y sin líquidos modeladores por medio de un microdurómetro
- Evaluar la microdureza en profundidad de las resinas bulk-fill con y sin líquidos modeladores después del almacenamiento en alcohol etílico al 100%

HIPÓTESIS

Hipótesis nula

Ho= No habrá diferencias en la dureza de las resinas bulk fill con o sin el uso de resinas modeladoras antes o después de la inmersión en alcohol.

Ho = El uso de modeladores de resinas no influirá sobre la dureza en profundidades.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. RESINAS COMPUESTAS

Las resinas compuestas a lo largo de los años ha demostrado ser un material muy versátil que ha sido usado en distintas aplicaciones, entre las cuales tenemos como material restaurativo, reconstrucción de muñones, sellantes de fosas y fisuras, restauraciones indirectas como inlays, onlays y overlays, restauraciones provisionales, prototipos funcionales, postes de fibra, cementos para prótesis fijas, cementos endodónticos y dispositivos ortodónticos (Ferracane, 2011).

Las resinas compuestas aparecieron para sustituir las resinas acrílicas las cuales presentaban muchos problemas como baja resistencia a la fractura, elevada contracción de polimerización, además, no presentaban adhesión al relleno inorgánico las cuales acababan desprendiéndose, convirtiéndolas porosas dando como resultado una baja resistencia al desgaste y baja estabilidad del color (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021).

Las resinas compuestas desde su incursión hasta la fecha han ido mejorando sus propiedades mecánicas y ópticas. A mediados de los años 50 se buscaba optimizar el modo de curado, pasando de las resinas de auto curado a las resinas foto activadas, donde inicialmente se empleaba fotoiniciadores que se activaban con luz ultravioleta la cual no es visible para posteriormente usar fotoiniciadores que se activan con luz de mayor longitud de onda dentro del rango de luz visible (Miletic, 2017).

Una vez establecidos los fotoiniciadores buscaron mejorar las propiedades mecánicas y ópticas del material a través del relleno inorgánico. Se probaron distintos tipos de rellenos pasando desde las resinas de macro relleno, micro relleno, partículas pequeñas, híbridas, nano partículas y finalmente las microhíbridas o nanohíbridas. Actualmente las resinas híbridas son las más empleadas y son consideradas universales ya que se las puede emplear tanto en el sector anterior como en el sector posterior (Alzraikat et al., 2018).

2.1.1. COMPOSICIÓN

La resina compuesta o composite significa que es un material que se compone de 2 o más componentes. En este caso presenta tres componentes principales que son:

- Matriz orgánica (monómeros)
- Relleno inorgánico
- Agente de unión (silano)

2.1.1.1. Monómeros

En 1956 Bowen sacó a la luz un monómero que sustituiría al metacrilato y que se sigue usando hasta la actualidad que es el bisfenol glicidil metacrilato (BisGMA). Este monómero se compone de una cadena larga con 2 anillos benzenicos en el centro y un grupo metacrilato en cada extremo, con un peso molecular alto que le confiere una elevada viscosidad (Miletic, 2017).

Este monómero al ser altamente viscoso no se le puede incorporar tanto relleno inorgánico, además de dificultar su manipulación por este motivo se le combina con un monómero de menor peso molecular como el TEGMA dentro de la matriz orgánica que le va a permitir reducir la viscosidad y de esta forma incorporar mayor relleno. (Peutzfeldt, 1997) Estos monómeros de menor peso molecular y cadenas más cortas son mucho más flexibles dentro de la matriz orgánica lo que permite encontrarse más fácilmente con otros monómeros para formar los polímeros aumentando de esta manera el grado de conversión (Gajewski et al., 2012).

Los monómeros diluyentes o de menor peso molecular presentan ciertas desventajas como su mayor hidrofiliidad, provocando una degradación hidrolítica más acelerada en la resina. Por otra parte, al ser más flexibles y aumentar el grado de conversión esto provoca un mayor estrés de contracción (Peutzfeldt, 1997).

Otro monómero empleado en las resinas compuestas es el UDMA. A diferencia del bisGMA este monómero presenta un menor peso molecular lo que lo hace más flexible

aumentando de esta manera el grado de conversión. Además, presenta una menor viscosidad lo que evita la incorporación de otros monómeros diluyentes (Peutzfeldt, 1997).

El bisEMA es un monómero derivado del bisGMA, presenta mayor peso molecular, pero tiene menor viscosidad y esto es debido a que en su molécula no presenta grupos hidroxilos lo que le confiere también mayor grado de conversión y menor sorción de agua. (Ogliari et al., 2008)

2.1.1.2. Relleno

El relleno inorgánico es empleado en las resinas compuestas con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas (Rastelli et al., 2012), además de disminuir el estrés de contracción y mejorar su manipulación (Miletic, 2017).

Dentro de los principales tipos de rellenos que se usan en las resinas compuestas tenemos el cuarzo, sílice coloidal, vidrios y óxidos metálicos.

2.1.1.2.1. Cuarzo

Está compuesto principalmente por sílice cristalizado. El tamaño de partícula oscila entre las 10 y 50 micras, por su alta dureza dificulta el pulido con discos abrasivos dejando una superficie poco lisa. Otra desventaja es que no presenta radiopacidad. (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021). Su índice de refracción es mucho mayor que el de la matriz resinosa provocando una alta dispersión lo que limita la transmisión de la luz en capas más profundas (Liu et al., 2021).

2.1.1.2.2. Sílice

El dióxido de silicio o sílice es un óxido que fue uno de los primeros rellenos usados en las resinas compuestas, que en su estado cristalizado se denomina Cuarzo. El dióxido de silicio se lo puede obtener por 3 métodos que son: trituración, pirólisis y por solución sintética. Inicialmente se empleó la técnica de trituración donde se la obtenía a partir del Cuarzo y se obtenían partículas irregulares de 10-50 micras. Estas partículas eran bastante rugosas y

dificultaba el pulido de la resina compuesta (Habib et al., 2015).

Posteriormente se obtenía partículas de sílice mediante pirólisis del tetracloruro de silicio o arena de cuarzo. Mediante esta técnica se obtenían partículas esféricas de tamaño entre 5 a 50 nm. El problema era que tienden a aglomerarse. Otra forma de obtener partículas esféricas de tamaños nanométricos es a través del método de síntesis de solución llamado proceso de Stöber que consiste en una reacción entre el silicato de sodio y un ácido mineral, que por lo general es el ácido sulfúrico (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021). Con este método se obtiene partículas de tamaño entre 4 a 40 nm (Liu et al., 2021).

2.1.1.2.3. Vidrio

Los vidrios alcalinos son los más usados de los rellenos para las resinas compuestas. Tienen como característica que presenta una dureza similar al sílice pero con un índice de refracción más alto, lo cual le confiere mayor traslucidez a la resina (Habib et al., 2015). Por lo general estos vidrios alcalinos están compuestos por dióxido de silicio, pero además contiene otros elementos como el bario y estroncio que los convierte en materiales radiopacos (Liu et al., 2021).

2.1.1.2.4. Óxidos metálicos

Ciertas marcas de resinas compuestas utilizan este tipo de minerales los cuales presenta una mayor dureza lo que le confiere mejores propiedades mecánicas a la resina compuesta y debido a su alto peso molecular le confiere radiopacidad. La síntesis de estos óxidos metálicos es igual que el sílice por el método de solución sintética se generan partículas de óxidos metálicos. Entre estos tenemos el óxido de aluminio (Al_2O_3), óxido de zinc (ZnO) dióxido de titanio (TiO_2) y óxido de zirconio (ZrO_2) (Habib et al., 2015).

2.1.1.3. Agente de unión

Las partículas de relleno inorgánico están unidas químicamente a la matriz resinosa gracias a un agente de acoplamiento que en este caso es el silano. El silano es una molécula bifuncional

que por un extremo se une químicamente por una reacción de condensación con los grupos hidroxilo (OH) del sustrato, formando enlaces siloxanos y por otro lado un grupo organofuncional reacciona con el grupo metacrilato de la matriz orgánica de la resina, la cual es mediada por la acción del fotoiniciador cuando es activado por la luz actuando en el doble enlace de carbono C=C generando radicales libres (Matinlinna et al., 2018).

Esta unión química entre la matriz resinosa y el relleno inorgánico disminuye la absorción del agua y por ende disminuye la degradación hidrolítica del compuesto (Miletic 2017 cambiar).

2.1.1.4. Fotoiniciadores

La polimerización de las resinas compuestas se lleva a cabo bajo diferentes procesos ya sea, fotoquímico, químicos o dual. Desde la aparición de las resinas compuestas inicialmente el proceso de curado fue químico que consistía en una pasta que contenía peróxido de benzoilo que era combinado con otra pasta que contenía aminas terciarias aromáticas. Posteriormente salió al mercado resinas activadas por luz UV (sellante de fosas y fisuras), sin embargo, presentaban desventajas como su limitada penetración de la luz además de ser una luz ionizante lo que podía ocasionar problemas de salud también el costo de las lámparas UV eran elevados y tenían una vida útil corta (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021). Para solventar estos inconvenientes que presentaban las resinas compuestas hasta esa fecha en el año de 1978 introdujeron a la resina compuesta un fotoiniciador que es la canforoquinona (CQ) la cual consiste en una molécula fotosensible que se activa con fotones de longitud de onda entre 360-510nm pero tiene su pico de absorción máxima en 460-470nm el cual reacciona con un co-iniciador que es la amina terciaria aromática (TA), esta amina actúa en el doble enlace de carbono de los monómeros (C=C) para generar radicales libre y que estos monómeros inestables se encuentren con otros y establezcan enlaces entrecruzados para formar cadenas poliméricas (Santini et al., 2013).

A pesar de las ventajas del sistema CQ/TA presenta ciertas desventajas como su color amarillento que le agrega a la resina sin polimerizar, sin embargo, después de la polimerización este tono del fotoiniciador se aclara, pero estudios demuestran que este tono amarillento permanece después de la polimerización (Alvim et al., 2007). El tono amarillento no solo se debe a la CQ sino también a las aminas terciarias sin reaccionar que producen un oscurecimiento del material restaurador (Felipe et al., 2008).

En el mercado existen 2 tipos de fotoiniciadores que se clasifican en 2 tipos:

2.1.1.4.1. Fotoiniciadores tipo 1

Estos fotoiniciadores no necesitan de un co-iniciador para actuar sobre los monómeros. Su molécula divide y las 2 partes puede iniciar el proceso de polimerización, pero en diferentes velocidades. Se activan con longitudes de ondas cortas como es la luz violeta y no tienen el color amarillento de los fotoiniciadores tipo 2. Este tipo de fotoiniciadores son más rápidos comparados con el sistema CQ/TA ya que actúan directo sin la necesidad de un co-iniciador. Dentro de estos fotoiniciadores tenemos el TPO, BAPO, MAPO (Kowalska et al., 2021).

2.1.1.4.2. Fotoiniciadore de tipo 2

Estos fotoiniciadores se caracterizan porque necesitan un co-iniciador que por lo general son aminas terciarias aromáticas. Su particularidad es que le confieren un tono amarillento a la resina debido a su propio tono y también por la cantidad de monómeros residuales que quedan latentes posterior al proceso de polimerización. Dentro de estos fotoiniciadores tenemos canforoquinona (CQ), fenilpropanodiona (PPD) (Kowalska et al., 2021).

2.1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS RESINAS COMPUESTAS

2.1.2.1. Clasificación por el tipo de relleno

2.1.2.1.1. Macropartículas

Las resinas de macropartículas fueron las primeras en salir al mercado dentro de las resinas reforzadas. Presentaban un porcentaje de carga entre un 60 a 65% por volumen de peso. Su

relleno inorgánico estaba compuesto principalmente por partículas de Cuarzo, en un tamaño entre 7 a 15 micras (Willems, 1992), pese a la dureza de este mineral era imposible obtener tamaños de partículas más pequeños. Debido al tamaño de su relleno y a su dureza era imposible tener una superficie lisa lo cual favorecía a la retención de pigmentos. Además, se presentaban radiolúcidas lo cual dificultaba diferenciar la restauración de una lesión cariosa (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021).

2.1.2.1.2. Micropartículas

En las resinas de micro relleno cambia el tipo de partículas ya no se emplean el Cuarzo, sino que utilizan sílice coloidal el cual se puede obtener en menores diámetros. El tamaño de su partícula oscila entre 0.01 a 0.4 micras. Además, incorporaron partículas de resinas pre-polymerizadas con sílice amorfa con el objetivo de aumentar el porcentaje de carga. Gracias a este relleno se podía obtener una superficie altamente pulida (BERGER, 2011). Pero su desventaja era las bajas propiedades mecánicas que presentaba debido a su menor contenido de relleno inorgánico, por esta razón eran solo indicadas para el sector anterior (Chung, 2004).

2.1.2.1.3. Partículas pequeñas

Gracias a los avances en las técnicas de molienda y trituración de las partículas se lograron obtener partículas de vidrio menores que las resinas de macropartículas con un promedio un poco mayor a una micra (Ferracane J. L., 2011). Estas resinas al incorporar relleno vítreo que es mucho menos rígido que el Cuarzo les permitía obtener un mejor pulido de la superficie además de unas buenas propiedades mecánicas motivo por el cual eran indicadas para el sector posterior gracias a su mayor resistencia a la fatiga (Ferracane J. , 1999).

2.1.2.1.4. Híbridas

Las resinas híbridas se refiere a resinas que incorporan 2 tipos de partículas, generalmente la sílice coloidal y partículas vítreas. Si bien es cierto en las resinas de partículas pequeñas ya incorporaban sílice coloidal, pero en concentraciones mínimas de 5%. En estas resinas

encontramos la sílice en un porcentaje que oscila entre 10 a 20%. Además del relleno vítreo que tienen un tamaño de partícula promedio entre 1 a 5 micras. De aquí también se dividen las resinas microhíbridas en la cual encontramos partículas vítreas menores a 1 micra. El porcentaje de carga por volumen de estas resinas es del 57 al 71% (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021).

2.1.2.1.5. Resinas de nanopartículas

Las resinas de nanopartículas se incursionaron en el mercado con la finalidad de obtener los resultados estéticos de las resinas micro particuladas y la resistencia mecánica de las resinas híbridas. Esto gracias a su tamaño de partículas de 1 a 80 nm y también forman aglomerados de tamaño de 75nm. Si bien es cierto que este tamaño de partícula ya lo presentaba las resinas micro particuladas, pero en ese entonces no estaba tan popularizado el término “nano” o “submicron” que se refiere a tamaños menores de 1 micra (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021). En cuanto a sus propiedades mecánicas podemos encontrar que las resinas nano particuladas presentan un menor desgaste abrasivo que ciertas resinas híbridas. Por otro lado, la fuerza flexural, dureza y desgaste abrasivo es comparable con las resinas híbridas, pero no superiores, sin embargo, la tenacidad a la fractura es significativamente menor, además presenta mayor absorción de agua que las resinas híbridas. (H Alzraikat, MF Burrow, GA Maghaireh, NA Taha, 2018). Es necesario recordar que ciertas propiedades mecánicas no pueden ser asociadas únicamente al tipo de cantidad de relleno, sino que también depende tipo de monómeros que se incluyen en la matriz resinosa.

2.1.2.1.6. Resinas nano híbridas

Las resinas nano híbridas a diferencia de las resinas de nano relleno que contienen en su mayoría partículas de vidrio incorporan partículas de sílice coloidal. En cuanto a tamaño de partículas se asemejan a las resinas micro híbridas por la cual resulta difícil diferenciarlas (Ferracane J. , 1999). Se podría decir que las resinas nano híbridas contienen mayor cantidad

de relleno nanométrico y relleno prepolimerizado que las resinas microhíbridas (Miletic, 2017). El tamaño promedio del relleno es de 5 a 7 nm del relleno sílice y menor a 1 micra el relleno de vidrio (Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio, 2021).

2.1.2.2. Clasificación de las resinas compuestas según su técnica de aplicación

2.1.2.2.1. Resinas convencionales

Inicialmente las resinas compuestas fueron creadas para reemplazar a las restauraciones con amalgama, que, si bien es cierto que tenían una alta tasa de supervivencia, se creía que la volatilización del mercurio en la aleación dentro de boca podría causar daños en la salud, a pesar de que no existía evidencia que asocie el uso de restauraciones de amalgama con problemas neurológicos o de riñón. Sin embargo, no eran estéticamente agradables para los pacientes (H.K. & T., 2003). A raíz de eso incursionaron las resinas compuestas con el fin de que sea un material de llenado que reemplace a las amalgamas. Estudios posteriores determinaron que debido a su limitada profundidad de curado estas resinas no podían ser aplicadas en incrementos mayores a 2 mm, ya que de esta manera se aseguraba la profundidad de curado (Moore et al., 2008), de la misma manera que disminuía el estrés de contracción (Park et al., 2008)(M. Lee et al., 2007). Sin embargo, las pruebas que se realizaban eran con resinas convencionales. Hasta que finalmente entraron en el mercado las resinas tipo bulk-fill las cuales tenían como característica que permitían realizar incrementos de hasta 4 mm con un bajo estrés de contracción (Ende et al., 2017).

2.1.2.2.2. Resinas bulk fill

Las resinas tipo bulk-fill se caracterizan por que permite realizar incrementos de hasta 4 mm, por esta razón están indicadas para el sector posterior. Esto se debe gracias a que incorporan otros tipos de fotoiniciadores los cuales son más sensibles a la luz, además de que el material es más translucido lo que permite un mayor paso de luz (Benetti et al., 2015). Además presentan un estrés de contracción menor a las resinas convencionales lo que mejorar

la integridad marginal y disminuye la deflexión cuspídea (El-Damanhoury & Platt, 2014). Esto se debe a que este tipo de resinas presentan monómeros con alto peso molecular lo que restringen su movilidad dentro de la matriz resinosa además de tener una alta carga de relleno inorgánico no que disminuye la cantidad de matriz orgánica que es la responsable de la contracción volumétrica del material (Ende et al., 2017). Gracias a esto le permite tener un estrés de contracción similar al de las resinas convencionales en incrementos mayores (Tsujiimoto et al., 2018)(Benetti et al., 2015).

2.1.3. POLIMERIZACIÓN

Inicialmente los monómeros se encuentran libres, unidos por débiles enlaces de van der Waals, durante la fotoactivación estos monómeros se unen para formar cadenas poliméricas mediante enlaces covalentes (Kaisarly & Gezawi, 2016). Los polímeros se clasifican por polímeros de condensación y de adición. En los polímeros por condensación se caracterizan por que existe una eliminación de subproductos que por lo general suele ser agua, aun también existen polímeros que eliminan alcohol, cloruro de hidrogeno y amonio, en cambio los polímeros por adición no hay eliminación de subproductos. En el caso de las resinas compuestas son polímeros por adición (Miletic, 2017). El proceso de polimerización inicia cuando un fotoiniciador rompe el doble enlace carbono ($C=C$) en los dimetacrilatos generando radicales libres para unirse a otro monómero y generar un enlace carbono simple ($C-C$) y así formar un polímero (Dewaele et al., 2006).

2.1.3.1. Estrés de polimerización

El proceso de polimerización debido a la aproximación espacial de los monómeros para formar cadenas poliméricas se produce una contracción volumétrica del material que produce un estrés de contracción en las superficies adheridas (Kaisarly & Gezawi, 2016). Este estrés de contracción en el peor escenario puede generar micro infiltración marginal, lo cual da lugar a la formación de caries secundaria y sensibilidad postoperatoria (Ferracane & Hilton, 2015).

2.1.4. LÍQUIDOS MODELADORES

Los líquidos modeladores se han empleado desde hace muchos años con la finalidad de mejorar la manipulación de la resina compuesta al momento de ser aplicadas, ya que debido a la viscosidad de las resinas resulta complicado la manipulación y los líquidos modeladores disminuyen esta viscosidad de las resinas y evita que se adhiera a la espátula (Barcellos et al., 2008). A lo largo de los años se han empleado diferentes tipos de líquidos modeladores como alcoholes, adhesivos y líquidos modeladores específicos para ese objetivo.

Diversos estudios nos muestran diferentes resultados en cuanto al uso de líquidos modeladores. Los resultados en cuanto a las propiedades mecánicas y ópticas varían de acuerdo con el tipo de modelador y resina. Cuando se han empleado líquidos modeladores de resina han encontrado que no influye en la microdureza ni rugosidad de ciertas resinas microhíbridas y nanohíbridas (Tuncer, 2013). Por otro lado, el uso de adhesivos como líquidos modeladores ha demostrado mejorar la adhesión cohesiva disminuyendo las fallas entre capas cuando se emplea una técnica incremental, entre estos ha mostrado mejores resultados los adhesivos de 3 pasos, cuando se aplica únicamente el frasco que contiene monómeros hidrofóbicos (Perdigão & Gomes, 2006)(Tjan & Glancy, 1988)(Dunn & Strong, 2007). Y en cuanto al uso de adhesivos con monómeros hidrofílicos e hidrofóbicos en su composición han demostrado influir positivamente en el grado de conversión de la resina compuesta. Aunque otro estudio demuestran que el uso de líquidos modeladores disminuyen la microdureza superficial de las resinas (Bayraktar et al., 2021). Por otro lado, el uso de alcoholes tiene un efecto negativo en las fuerza cohesiva entre capas (Tjan & Glancy, 1988), además de disminuir la microdureza (de Paula et al., 2016). Sin embargo, los efectos adversos de los líquidos modeladores pueden ser evitados con un correcto acabado y pulido (Tuncer, 2013).

METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 Tipo de estudio

Este estudio será un estudio experimental in vitro, comparativo y descriptivo.

- **Experimental In vitro:** porque elaboraron las muestras in vitro controlando cada proceso para obtener muestras estandarizadas.
- **Comparativo:** porque se realizó comparaciones entre los grupos de los diferentes tipos de resina y líquidos modeladores al igual que el grupo control sin líquido modelador.

6.2 Población y muestra

6.2.1 Población

La población estará constituida por cubos de resina bulk fill con dimensiones de 5 mm de altura, 5 mm ancho y 5 mm de espesor caracterizadas por superficies lisas e íntegras evitando la presencia de burbujas y fisuras.

6.3 Grupos de estudio

Los grupos de estudio se dividieron de acuerdo con los distintos tipos de resinas y líquidos modeladores utilizados para realizar las muestras.

- Grupo TBF: (control) resina Tetric N-Ceram Bulk fill
- Grupo TBF-AB: resina Tetric N-Ceram Bulk fill + Ambar
- Grupo TBF-MR: resina Tetric N-Ceram Bulk fill + modeling resin
- Grupo TBF-WT: resina Tetric N-Ceram Bulk fill + wetting resin
- Grupo FBF: (control) resina Filtek one bulk fill

- Grupo FBF-AB: resina Filtek one bulk fill + Ambar
- Grupo FBF-MR: resina Filtek one bulk fill + modeling resin
- Grupo FBF- WT: resina Filtek one bulk fill + wetting resin

- Grupo OBF: (control) resina Opus Bulk fill
- Grupo OBF-AB: resina Opus Bulk fill + Ambar
- Grupo OBF-MR: resina Opus Bulk fill + modeling resin
- Grupo OBF-WT: resina Opus Bulk fill + wetting resin

Tabla 1 - Resinas utilizadas en el presente estudio

Resina	Fabricante	Lote	Composición	Indicaciones del fabricante	Tono
Tetric N	Ivoclar	Z01PXC	Dimetacrilatos, partículas de vidrio de bario, prepolímero, fluoruro de iterbio, óxidos mixtos, aditivos, catalizadores, estabilizantes y pigmentos. Tamaño de las partículas de 0.04 a 3 μ M. Partículas de carga: 75- 77 % en peso (53-55 % en volumen)	Incrementos de 4 mm ≥ 1000 mW/cm ² fotocativación por 20 seg.	IVA
Ceran Bulk Fill (TBF)	Vivadent, Schaan, Leichtenstein.				
Filtek One Bulk Fill (FBF)	3M ESPE, St Paul, MN, USA.	NC73450	AFM, AUDMA, UDMA y 1, 12-dodecadeniol-DMA. Relleno de silica no aglomerado / no agregado de 20 nm, relleno de zirconia aglomerado / no agregado de 4 a 11 nm y un relleno de clusters de zirconia / silica, trifloruro de iterbio. Partículas de carga: 76,5 % en peso (58,5 % en volumen)	Incrementos de 4 mm ≥ 1000 mW/cm ² fotoactivación por 20 seg.	A1
Opus Bulk Fill (OBF)	FGM, Joinville, SC, Brasil	080121	Monómeros, estabilizantes, fotoiniciadores y coiniciadores de uretanodimetacrílico, dióxido de silicio silanizado, estabilizantes y pigmentos, sistema de iniciación APS. Partículas de carga: 79 % en peso	Incrementos de 5 mm 1000 a 2000 mW/cm ² fotoactivación por 30 seg.	A1

Tabla 2 – líquidos modeladores utilizados en el presente estudio

Líquido modelador	Fabricante	Lote	Composición
Ambar Universal (AB)	FGM, Joinville, SC, Brasil	110021	10-MDP, UDMA, HEMA, etanol, agua, nanopartículas de sílice, canforoquinona, iniciadores, estabilizadores.
Modelin resin (MR)	KavoKerr, Orange, California, EE. UU	8557459	Poly(oxy-1,2-ethanediyl), α,α' -[[1-methylethylidene)di-4,1-phenylene]bis[ω -[[2- methyl-1-oxo-2-propen-1-yl)oxy]-Oxybenzone 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate 1,1'-azobis(1-cyclohexanecarbonitrile)
Wetting resin (WT)	Ultradent; South Jordan, UT, EE. UU.	BKMH9	Trietilenglicol diemacrilato, bisfenolglicidil metacrilato, 45% de relleno

Tabla 3 – Pulidores utilizados en el presente estudio

Pulidor	Marca	RPM
Occluflex	EVE, Keltern, Wurtemberg, Germany.	3000-8000
BrushGloss	NTI, Kahla, Turingia, Germany.	3000-5000

Tabla 4 - Materiales utilizados en el estudio

• Molde fresado PMMA	• Espátula de resina
• Micromotor	• Espátula de rodadura suave (Compo roller)
• Loseta	• Bandas Mylar
• Gasas	• Agua destilada
• Acrílico rosado	• Vaso Dappen
• Espátula de Lecron	• Tubo PVC cortado
• Cianoacrilato	• Pinza algodonaera
• Marcador	• Guantes

- | | |
|---|--|
| • Pinza algodонера | • Cinta doble faz |
| • Fieltro | • Envase de vidrio |
| • Alcohol absoluto (Ferreket, LOT604D28122) | • Papel de carburo silicio en granos de 600, 1000, 1500, 2000 y 2500 |
| • Puntas de silicona de pulido | • Cepillos de carburo de silicio |

6.5 Procedimiento de la metodología

El diseño del estudio se muestra en la Figura 6

6.5.1 Elaboración de las muestras

Se preparó un total de 60 muestras en forma de disco ($N = 5$) en tres resinas compuestas tipo Bulk-fill: Tetric N-Ceram Bulk fill (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein), Opus TM Bulk Fill (FGM, Joinville, SC, Brasil) y Filtek TM One Bulk Fill (3M ESPE, St. Paul, MN, EEUU). Cada resina compuesta se utilizó con una resina modeladora como Ambar Universal (AMU, FGM; Joinville, SC, Brasil), Modeling resin (KavoKerr, Orange, California, EE. UU), Wetting resin (Ultradent; South Jordan, UT, EE. UU.), y grupo de control sin resina modeladora.

Durante la confección de las muestras, la secuencia del uso de cada modelador fue realizado de manera aleatoria para cada tipo de resinas, considerando que la resina modeladora fue aplicada antes de polimerizar el material restaurador tipo Bulk fill ($n=5$). Cada resina compuesta fue empacada en un molde de PMMA de 5x5x5 mm en un solo incremento. Luego, la resina se adaptó al molde con una espátula Thompson no. 1 (Thompson Dental Products, Houston, TX, EE. UU.). A continuación, se modeló la superficie de la resina compuesta utilizando un instrumento de rodadura liso y plano, CompoRoller (Kerr Corporation, Orange, CA, EE. UU.). Posteriormente el líquido modelador se dispensó sobre una loseta de vidrio colocando una gota de adhesivo para luego recubrir el instrumento de rodadura suave con

líquido modelador. El exceso de modelador se eliminó frotando el instrumento sobre la placa de vidrio y se aplicó sobre la superficie de la resina compuesta en 5 pasadas. Para producir una superficie plana, se colocó una banda tipo Myler sobre la muestra y sobre la cual se colocó una loseta de vidrio para realizar una presión controlada. Posteriormente se retiró la loseta y se polimerizo la resina compuesta a través de la banda tipo Myler con una unidad de curado Bluephase style 20i (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) calibrada a 1.200 mW / cm². La resina compuesta se fotopolimerizó en el ajuste alto durante 20 segundos a 0 mm de distancia.

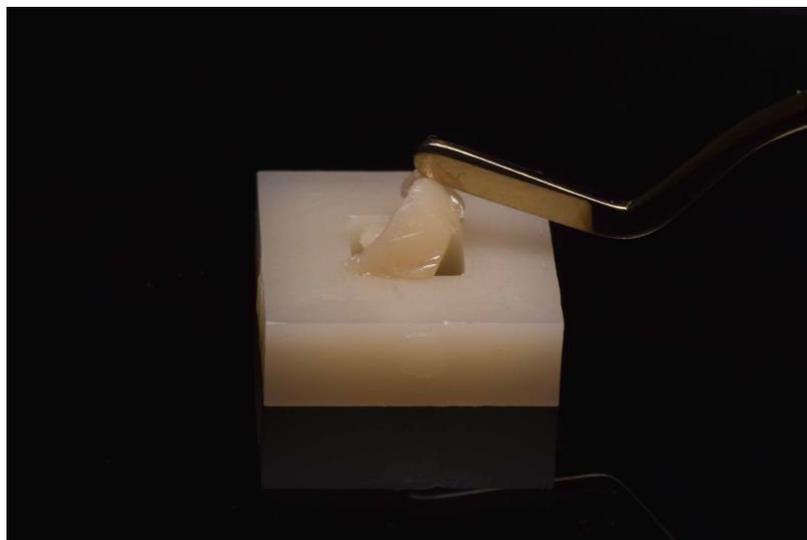


Figura 1 Colocación de la resina

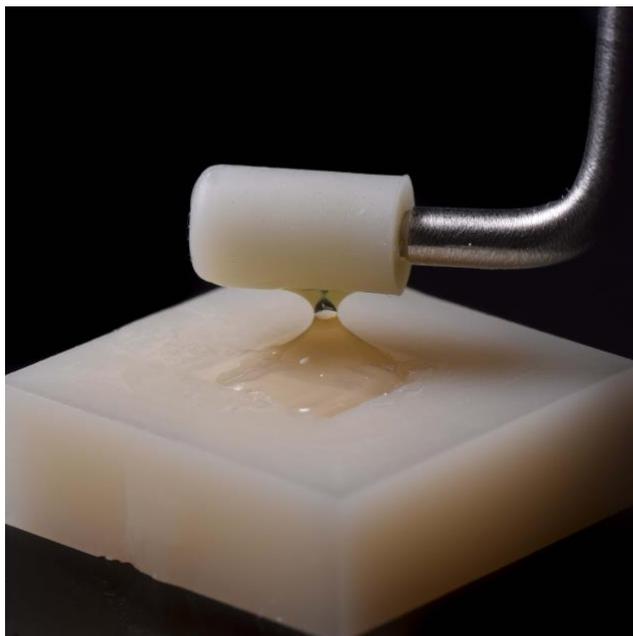


Figura 2 Aplicación del líquido modelador

Todos los grupos fueron pulidos con un kit de gomas de silicona EVE occluflex (EVE, Keltern, Baden-Wurtemberg, Germany). Para esto, primero se realizó un pre-pulido con la goma de silicona de grano medio, seguido del pulido que se lo llevo a cabo con una goma de grano fino, bajo refrigeración con agua. Cada goma se utilizó durante 20 segundos con una velocidad controlada de 7.000 rpm, y para finalizar se utilizó un cepillo impregnado en carburo de silicio NTI BrushGLoss (NTI, Kahla, Turingia, Germany), a una velocidad controlada de 3.500 rpm durante 20 segundos. Luego se almacenaron las muestras en una incubadora bajo condiciones húmedas a 37 ° C durante 24 horas.

Una vez cumplido el tiempo de almacenamiento, las muestras fueron sacadas de la incubadora para ser llevadas a una cortadora de precisión (Buelher, Isomet 1000, Lake Bluff, IL, USA) donde se secciono las muestras por la mitad con un disco de diamante a una velocidad de a 300rpm, Posteriormente las muestras seccionadas fueron embutidas dentro de una sección de un tubo PVC con acrílico rápido. Las caras internas de las muestras seccionadas fueron colocadas de tal manera que queden en la parte externa para poder ser medidas.

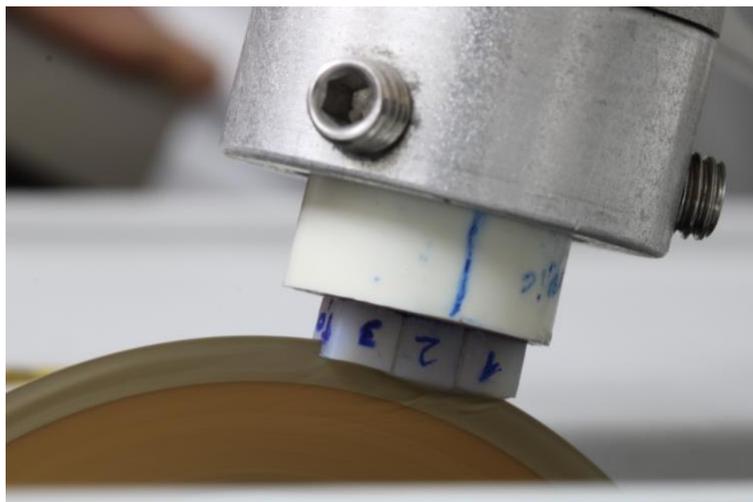


Figura 3 corte de las muestras

Posteriormente las muestras fueron pulidas con papel de lija de carburo de silicio en granos de 600, 1000, 1500, 2000 y 2500 y con fieltro deslizado la muestra 60 veces sobre cada una de ellas y siguiendo una única dirección para finalmente pasar a un baño de ultrasónico con agua destilada por 3 min para eliminar los restos del pulido.

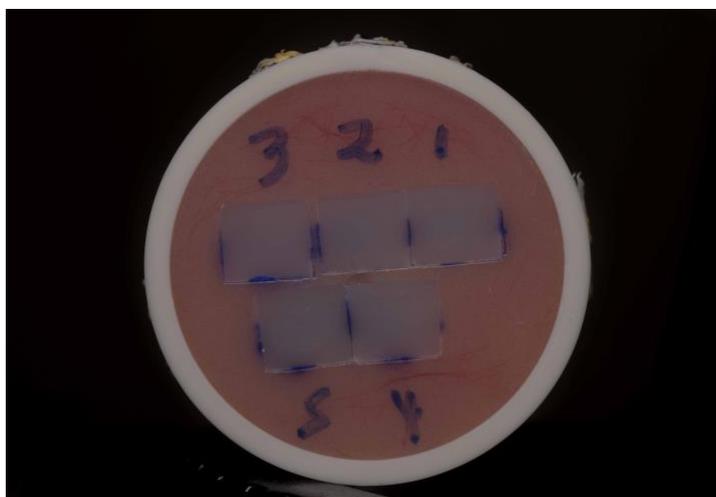


Figura 4 Muestras capturadas

Prueba de microdureza

La dureza Vickers (VHN) fue medida usando un microdurometro (Shimadzu HMV-2, Japón) con una carga de 200gr (1.96N) durante 15 segundos, donde se realizaron 3

indentaciones por cada milímetro de profundidad hasta llegar a los 4 mm. La VHN fue medida usando la longitud de las indentaciones y la fórmula $H = 1.854 P/d^2$ (P: carga y d: longitud de la diagonal). El valor promedio fue calculado tomando los valores de las 3 indentaciones realizadas por cada milímetro.

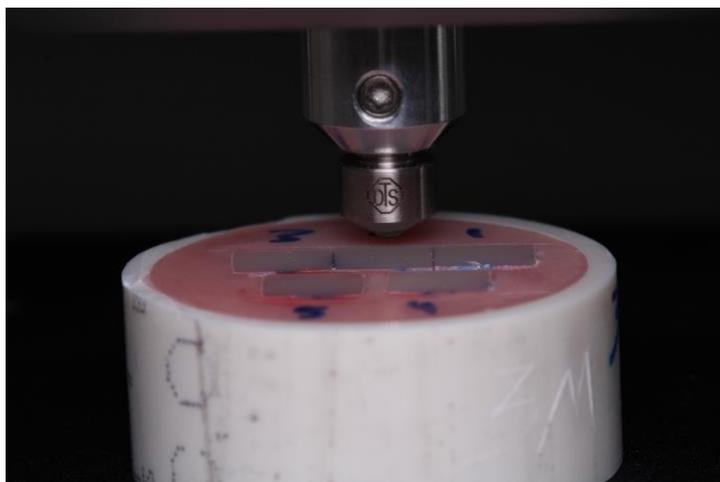


Figura 5 Prueba Vickers

Inmersión en alcohol

Luego de evaluar la dureza Vickers inicial, todas las muestras se sumergieron en etanol absoluto (100%) a temperatura ambiente de 37°C. Después de la inmersión durante 24 horas, las muestras fueron secadas con papel absorbente para someterse a una nueva lectura de microdureza y obtener los valores después de la inmersión en alcohol, realizando las mismas indentaciones para obtener el promedio de VHN por milímetro.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA de medidas repetidas de 2 vías (tratamiento superficial vs Profundidad), seguido de la prueba de Bonferroni, ($\alpha = 0.05$) dentro de cada producto. No se realizaron comparaciones entre resinas.

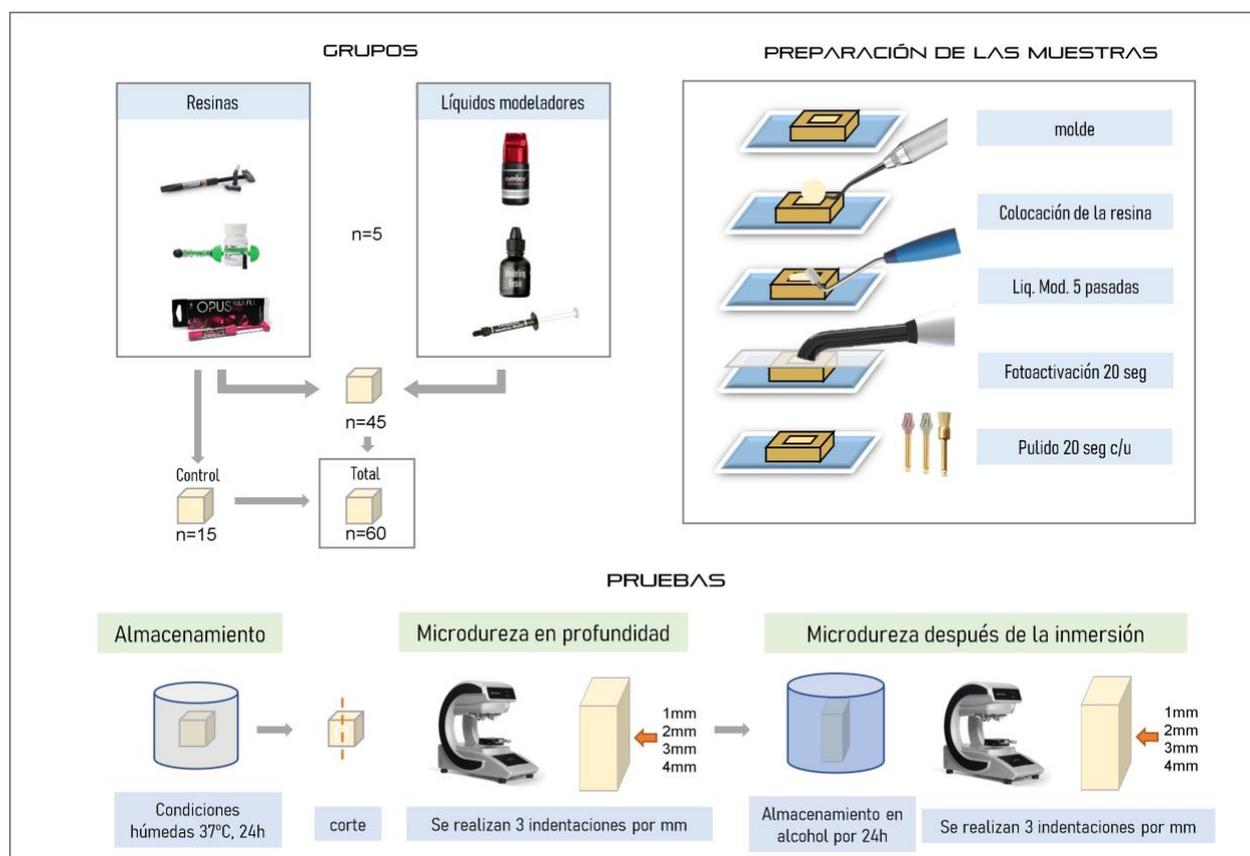


Figura 6 Diseño del estudio

ANÁLISIS DE DATOS

7.1 Resultados

El promedio y desviación estándar de la VHN del grupo TN con los diferentes modeladores se muestran en la Tabla 5. En este grupo, el análisis estadístico no demostró significancia para la

variable “tratamiento con modeler” ($p < 0.05$), una vez que todos los grupos no presentaron diferencias significativas de sus durezas VHN cuando se comparó cada profundidad entre ellos. Sin embargo, el análisis estadístico mostró significancia para la variable “profundidad”. En el grupo control no hubo diferencias significativas entre las profundidades de 1 y 2 mm. ($p < 0.05$). Sin embargo, las profundidades 3 y 4mm mostraron diferencias significativas entre ellas y a su vez con las profundidades 1 y 2mm. Los grupos AB y MR presentaron un comportamiento similar: a 1mm se evidenciaron los mayores valores de VHN ($p > 0.05$), mientras que entre los 2 y 3mm de profundidad no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre dichas profundidades. La profundidad de 4mm presentó los valores más bajos de dureza en ambos grupos ($p > 0.05$). Finalmente, en el grupo WR, diferencias significativas entre todas las profundidades fueron encontradas ($p > 0.05$), siendo la profundidad de 1mm la que obtuvo los mayores valores de VHN, seguida de las profundidades 2, 3 y 4mm ($p < 0.05$). En general, la profundidad de 1mm obtuvo los mayores valores de dureza, mientras que la de 4mm obtuvo los valores más bajos ($p > 0.05$).

Tabla 5- Promedio y desviación estándar de la Microdureza VHN en profundidad de la resina Tetric N Ceram Bulk Fill

Profundidad	Control	SD	Ambar	SD	Modeling resin	SD	Wetting resin	SD
1	68,85 Aa	0,94	70,15 Aa	1,77	71,78 Aa	1,97	69,04 Aa	1,29
2	66,67 ABa	0,93	67,45 Ba	1,73	69,21 Ba	1,28	66,84 Ba	1,04
3	64,89 BCa	0,73	66,15 Ba	1,84	67,89 Ba	2,46	65,25 Ca	1,27
4	62,65 Ca	2,19	62,98 Ca	1,50	64,41 Ca	1,31	62,87 Da	1,13

***Letras diferentes (Mayúsculas dentro de las columnas y minúsculas dentro de las filas) indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$)**

El promedio y desviación estándar de la VHN del grupo FBF con los diferentes modeladores se muestran en la Tabla 6. Al análisis estadístico se encontró diferencias estadísticamente

significativas entre la variable “tratamiento modeler” ($p>0.05$) a 1 y 2 mm, donde el grupo WR obtuvo los valores más altos. A 1 mm los grupos C, AB y MR no mostraron diferencias significativas mientras que a 2 mm el grupo control obtuvo los valores más bajos. En profundidades 3 y 4 mm el comportamiento de todos los grupos no mostró significancia ($p<0.05$). Por otro lado, en cuanto a la variable “profundidad” los grupos Control, y WR mostraron diferencias estadísticamente significativas entre sus profundidades ($p>0.05$). El grupo Control solo mostro diferencias de 1 a 2 mm mientras que el grupo WR solo mostro diferencias de 1 a 3 mm ($p>0.05$). Sin embargo, el grupo AB y MR sus valores fueron muy similares de 1 a 4 mm ($p<0.05$).

Tabla 6- Promedio y desviación estándar de la Microdureza VHN en profundidad de la resina Filtek One Bulk Fill

Profundidad	Control	SD	Amba r	SD	Modeling resin	SD	Wetting resin	SD
1	79,42 Aab	3,24	75,29 Ab	2,09	79,21 Aab	1,36	81,33 Aa	1,22
2	75,53 Bb	1,96	76,37 Aab	1,72	78,29 Aab	1,23	79,45 ABa	2,00
3	74,46 Ba	1,90	76,40 Aa	2,12	77,83 Aa	1,61	77,81 BCa	0,90
4	74,63 Ba	1,88	75,04 Aa	1,04	76,36 Aa	1,35	76,11 Ca	1,65

***Letras diferentes (Mayúsculas dentro de las columnas y minúsculas dentro de las filas) indican diferencia estadística significativa ($p<0,05$)**

El promedio y desviación estándar de la VHN del grupo OBF con los diferentes modeladores se muestran en la Tabla 7. En este grupo, el análisis estadístico demostró significancia para la variable “tratamiento con modeler” ($p>0.05$) en donde el grupo control obtuvo los valores más bajos. Entre los grupos experimentales no se encontró diferencias significativas ($p<0.05$). En

cuanto a la variable “profundidad” todos los grupos presentaron una disminución de su microdureza VHN a partir de 1 a 3 mm de igual manera de 3 a 4 mm ($p>0.05$). De 1 a 2 mm no se encontró diferencias significativas ($p<0.05$).

Tabla 7- Promedio y desviación estándar de la Microdureza VHN en profundidad de la resina Opus Bulk Fill

Profundidad	Control	SD	Amba r	SD	Modeling resin	SD	Wetting resin	SD
1	63,23 Ab	0,91	67,10 Aa	1,28	67,63 Aa	1,75	67,42 Aa	1,48
2	61,21 ABb	0,34	67,96 Aa	3,88	66,65 ABa	3,78	64,01 ABab	1,09
3	59,58 Bb	0,70	63,55 Ba	2,27	63,64 Ba	1,60	62,80 Ba	1,34
4	54,55 Cb	2,12	59,61 Ca	1,09	60,47 Ca	1,59	60,55 Ba	1,82

***Letras diferentes (Mayúsculas dentro de las columnas y minúsculas dentro de las filas) indican diferencia estadística significativa ($p<0,05$)**

El promedio y desviación estándar de la VHN del grupo TBF con los diferentes modeladores se muestran en la Tabla 8. En este grupo, el análisis estadístico de la microdureza VHN no demostró diferencias significativas para la variable “tratamiento modeler” ($p>0.05$). En la variable “profundidad” se encuentra diferencias significativas en todos los grupos ($p>0.05$), presentando una disminución de la microdureza VHN de 1 a 2 mm y de 3 a 4 mm. De 2 a 3 mm no se encontró significancia ($p<0.05$) a excepción del grupo MR ($p>0.05$).

Tabla 8- Promedio y desviación estándar de la Microdureza VHN en profundidad después de la inmersión en alcohol de la resina Tetric N Ceram Bulk Fill

Profundidad	Control	SD	Ambar	SD	Modeling resin	SD	Wetting resin	SD
1	67,82 Aa	6,00	64,33 Aa	1,25	65,12 Aa	0,41	62,68 Aa	1,08
2	65,24 Ba	6,54	61,83 Ba	0,88	62,69 Ba	1,01	59,44 Ba	2,32
3	63,29 Ba	8,33	60,15 Ba	1,65	59,65 Ca	1,05	56,97 Ba	1,75
4	59,55 Ca	9,49	55,87 Ca	1,32	55,45 Da	0,79	54,19 Ca	2,09

***Letras diferentes (Mayúsculas dentro de las columnas y minúsculas dentro de las filas) indican diferencia estadística significativa (p<0,05)**

El promedio y desviación estándar de la VHN del grupo FBF con los diferentes modeladores se muestran en la Tabla 9. En este grupo, el análisis estadístico de la microdureza VHN no demostró diferencias significativas para la variable “tratamiento modeler” (p>0.05). Sin embargo, en la variable “profundidad” todos los grupos presentaron diferencias estadísticamente significativas de la microdureza VHN de 1 a 4 mm (p>0.05) a excepción del grupo MR (p<0.05). El grupo control presentó diferencias significativas a partir de los 2 mm (p>0.05), mientras que los grupos AB y WT a partir de los 3 mm (p>0.05) y de 3 a 4 mm estos grupos no presentaron significancia (p<0.05).

Tabla 9- Promedio y desviación estándar de la Microdureza VHN en profundidad después de la inmersión en alcohol de la resina Filtek One Bulk Fill

Profundidad	Control	SD	Ambar	SD	Modeling resin	SD	Wetting resin	SD
1	75,11 Aa	4,29	73,09 Aa	1,11	73,52 Aa	1,67	76,00 Aa	1,08
2	71,61 Ba	4,90	72,36 ABa	0,82	73,81 Aa	0,76	74,83 ABa	1,58
3	71,15 Ba	5,81	71,01 BCa	1,56	72,19 Aa	1,51	73,93 Ba	0,77
4	69,31 Ca	6,35	70,41 Ca	2,67	71,21 Aa	1,87	73,05 Ba	1,31

***Letras diferentes (Mayúsculas dentro de las columnas y minúsculas dentro de las filas) indican diferencia estadística significativa (p<0,05)**

El promedio y desviación estándar de la VHN del grupo FBF con los diferentes modeladores se muestran en la Tabla 10. Al análisis estadístico de la variable “tratamiento modeler” podemos encontrar diferencias significativas a 3 y a 4 mm ($p > 0.05$) entre los grupos. A 3 mm el grupo control y MR, obtuvieron los menores valores de microdureza VHN ($p > 0.05$). Mientras que a 4 mm el grupo control fue el más bajo ($p > 0.05$) con respecto al resto de grupos. Por otro lado, la variable “profundidad” todos los grupos presentaron diferencias estadísticamente significativas de la microdureza VHN ($p > 0.05$) a partir de los 3 mm a excepción del WR donde se evidenció una disminución a los 4 mm.

Tabla 10- Promedio y desviación estándar de la Microdureza VHN en profundidad después de la inmersión en alcohol de la resina Opus Bulk Fill

Profundidad	Control	SD	Ambar	SD	Modeling resin	SD	Wetting resin	SD
1	60,33	2,24	61,76	4,08	61,35	1,82	62,57	5,25
	Aa		Aa		Aa		Aa	
2	59,10	1,71	62,33	2,42	59,42	2,16	60,79	0,93
	Aa		Aa		Aa		Aa	
3	55,00	1,76	59,39	1,87	55,65	2,72	58,43	2,11
	Bb		Ba		Bb		Aab	
4	47,02	2,39	54,62	2,61	51,24	2,28	52,96	2,15
	Cb		Ca		Cab		Ba	

***Letras diferentes (Mayúsculas dentro de las columnas y minúsculas dentro de las filas) indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$)**

8. DISCUSIÓN

Las resinas compuestas tipo bulk fill tiene la principal característica que permite realizar incrementos de hasta 4 mm, obteniendo una profundidad de curado optima (Lima et al., 2018). Por lo general poseen una alta viscosidad, y esto se debe a sus monómeros de alto peso molecular lo que permite disminuir su contracción volumétrica (Xu et al., 2020), en relación a esto, las resinas que presentan un elevada viscosidad para mejorar su manipulación se ha propuesto el uso de agentes modeladores (Perdigão & Gomes, 2006). Sin embargo, se desconoce los efectos de estos modeladores sobre la propiedad de curado de las resinas bulk fill. Por esta razón el propósito de este estudio fue evaluar la influencia de los líquidos

modeladores sobre la profundidad de curado de las resinas tipo bulk fill antes y después de la inmersión en alcohol por medio de la dureza Vicker (VHN).

La microdureza es un método empleado para evaluar la dureza de la resina compuesta y nos indica propiedades asociadas como la resistencia al desgaste y el grado de conversión (Marovic et al., 2013). Este método indirecto puede ayudarnos a predecir la estabilidad del material en la cavidad oral a lo largo del tiempo (Alzraikat et al., 2018). En relación con esta propiedad no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los grupos con excepciones como FBF-AB en donde mostró menores valores a 1 mm con respecto al resto de grupos y OBF en donde los grupos experimentales presentaron valores de dureza más altos que el grupo control en todas sus profundidades antes de la inmersión.

En cuanto a FBF-AB esta disminución de la microdureza a 1 mm puede ser debido a que AB es un adhesivo universal que contiene en su composición monómeros de bajo peso molecular como el HEMA, que es considerado un co-solvente, (Meerbeek & Landuyt, 2020) sumado a eso el contenido de agua y etanol presente en el adhesivo, van a disolver la capa superficial de la resina con mayor facilidad que los otros modelers que no contienen este monómero, perjudicando la microdureza a esta profundidad. Sin embargo, AB no afecta en TBF y OBF, y esto se debe a que FBF es una resina de nanopartículas, siendo esta más sensible a la sorpción acuosa y solubilidad que las resinas híbridas. (Alzraikat et al., 2018)

Por otro lado, la inmersión en alcohol es un método que se utiliza para evaluar la calidad de la polimerización, es decir, el tipo de enlaces formados dentro de la matriz orgánica. Entre los enlaces que se forma durante la polimerización tenemos los enlaces lineales y los enlaces entrecruzados. Los enlaces lineales son por lo general enlaces débiles los cuales son más susceptibles a la hidrolisis, ya que estos enlaces están más separados donde el solvente puede penetrar y expandir la abertura entre las cadenas, de esta manera separa y disuelve los polímeros lineales (Da Silva et al., 2008)(Soh & Yap, 2004). Al contrario de los enlaces entrecruzados

que son insolubles en agua y alcohol (Karakis et al., 2016). Reacciones adversas se han reportados con un porcentaje bajo de polímeros entrecruzados como baja resistencia al desgaste, (Soh & Yap, 2004) baja estabilidad del color (Venhoven et al., 1993), reacciones tisulares adversas, sorción, solubilidad y fallas de la restauración temprana. (Pearson & Longman, 1989) En los resultados de este estudio no se encontraron diferencias significativas entre el grupo control y los grupos experimentales a excepción del grupo OBF en donde ciertos grupos mejoraron sus propiedades. Por lo tanto, la primera hipótesis que establecía de que el uso de resinas modeladoras no influiría en la microdureza de las resinas bulk fill antes o después de la inmersión en alcohol fue parcialmente aceptada.

La profundidad de curado óptima es un requisito clave para este tipo de material donde se realizan en mayores espesores, asegurando así una adecuada conversión de los monómeros lo que evita problemas mecánicos (Baek et al., 2008) y biológicos asociados con la biocompatibilidad y sensibilidad postoperatoria. (Gupta et al., 2012). En el presente estudio tanto el grupo control como los grupos experimentales presentaron una disminución de la dureza en profundidad con respecto a la superficie a excepción del FBF en AB y MR antes de la inmersión y FBF-MR después de la inmersión. Nuestra hipótesis para explicar esta variación tiene relación con la interacción entre el modeler que se colocó crea una capa rica en resina con monómeros de baja viscosidad en el momento que se coloca la tira de myler para aplanar la superficie (Tuncer, 2013). Esta capa superficial sin carga, facilita la transmisión de luz, ya que el relleno inorgánico genera dispersión, (Palin et al., 2018) permitiendo así tener valores sin diferencias estadísticamente significativa entre 1 y 4 mm. Sin embargo, en el grupo WR no sucede lo mismo, y esto se debe a que contiene una 45% de carga en su composición lo genera dispersión de la luz en la capa superficial y se puede evidenciar en los resultados estadísticos con la disminución de la microdureza desde los 3 mm.

Otro factor importante porque solo no se encontró diferencias significativas entre 1 y 4 mm en FBF es porque es la única resina del estudio que contine partículas de nanorrelleno, que oscilan entre las 4 a los 20 nm. Este tamaño de relleno no es capaz de dispersar la luz, ya que necesitan ser de la mitad del tamaño de la longitud de onda para que pueda ser dispersado, es decir, de un 200nm o 0.20 micras para que pueda dispersar la longitud de onda que corresponde a la emisión espectral de las lamparas LED. (Kim et al., 2007) Ees por esta razón FBF presenta menor disminución de la microdureza en la profundidad ya que hay una menor dispersión de la luz debido al tamaño de su relleno.

Con respecto a los demás grupos los resultados encontrados se lo puede comparar con otro estudio donde también se ha evidenció una disminución de la microdureza en profundidad a 4 mm con respecto a la superficie (de Mendonça et al., 2021). Esta disminución de la microdureza en la profundidad se debe a la disminución de la energía radiante que llega en el fondo para activar los fotoiniciadores a este nivel. Este fenómeno se lo conoce como la ley de Beer-Lambert, (J. H. Lee et al., 2001) que nos dice que todas las sustancias tiene un grado de absorbancia y depende de la absorción molar, la profundidad y la concentración molar (Palin et al., 2018).

Además, la polimerización de las resinas compuestas tiene algunas variables como el efecto de los fotoiniciadores los cuales absorben una determinada longitud de onda y una vez activados ya no receptan más fotones, permitiendo así el paso de la luz a mayor profundidad, esto se conoce como “polimerización frontal”. (Nason et al., 2005) La luz es absorbida por los fotoiniciadores en una primera instancia por las capas más superficiales, generando así radicales libres, al paso que aumenta el tiempo de irradiancia las capas superficiales absorben menos fotones permitiendo así el paso de luz en capas más profundas, y conforme el compuesto se va polimerizando aumenta la transmisión de luz, ya que se van ordenando las cadenas poliméricas (dos Santos et al., 2008), Por eso, si el tiempo de irradiancia no es el adecuado obtendremos

una menor microdureza en mayores profundidades (Palin et al., 2018). Por lo tanto, la hipótesis que establecía que el uso de modeladores de resina no influirá sobre la dureza en profundidades es aceptada.

En otras investigaciones donde se han utilizado líquidos modeladores con resinas compuestas se han encontrado que dichos compuestos pueden mejorar la resistencia cohesiva de las resinas (Perdigão & Gomes, 2006)(Barcellos et al., 2008), la estabilidad del color (Münchow et al., 2016) e inclusive mejora el grado de conversión (Article, 2018), pero disminuye la microdureza superficial (Tuncer, 2013). Este último factor, al parecer mejorar la microdureza en profundidad según los resultados encontrados en el presente estudio en cuanto a FBF, AB y MR antes de la inmersión y FBF-MR después de la inmersión. Y se debe a la mayor transmisión de la luz a través del compuesto.

En estudios similares donde se ha evaluado el comportamiento de los líquidos modeladores en la microdureza si hubo diferencias significativas entre los grupos experimentales, donde los líquidos modeladores que presentaban monómeros hidrofílicos disminuían la microdureza (de Paula et al., 2016) en otro estudio obtuvo más valor de microdureza el modeler que contiene solo monómeros hidrofóbicos además de carga en su relleno. (Cangul et al., 2020) En ambos estudios el grupo control mostraba mejores valores, pero esto se debe porque solo se evaluó la microdureza superficial. En el presente estudio no se midió la microdureza en superficie ya que el objetivo que evaluar el efecto de los líquidos modeladores en la dureza en profundidad, motivo por el cual no se encontró diferencias entre los grupos experimentales y grupo control a excepción de FBF-AB y en OBF que los valores mejoraron antes de la inmersión y después de la inmersión a profundidades de 3 y 4 mm con respecto al grupo control.

A pesar de que en el presente estudio se evaluó la dureza de las resinas bulk fill en profundidad, donde se comparó los resultados entre cada milímetro, en la mayoría de las resinas se evidenció una disminución de la microdureza conforme aumentaba la profundidad. Sin

embargo, se desconoce si esta disminución está dentro de los valores mínimos, donde se considera un porcentaje del 80% del fondo con respecto a la superficie, para considerar un curado ideal (Bouschlicher et al., 2004)(Moore et al., 2008). Por lo tanto, se recomienda más estudios donde evalúen la proporción fondo/superficie y el grado de conversión poder corroborar los resultados obtenidos en este estudio.

9. CONCLUSIONES

Con las limitaciones del presente estudio podemos concluir que:

- 1) Los líquidos modeladores no afectan la microdureza de las resinas bulk fill
- 2) Sin embargo, el uso de resinas modeladoras puede mejorar la dureza en profundidades de las resinas bulk fill, dependiendo del tipo de resina y modelador utilizados. Estudios futuros son necesarias para complementar los obtenidos en el presente estudio.

REFERENCIAS

- Alvim, H. H., Alecio, A. C., Vasconcellos, W. A., Furlan, M., de Oliveira, J. E., & Saad, J. R. C. (2007). Analysis of camphorquinone in composite resins as a function of shade. *Dental Materials*, 23(10), 1245–1249. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.11.002>
- Alzraikat, H., Burrow, M. F., Maghaireh, G. A., & Taha, N. A. (2018). Nanofilled resin composite properties and clinical performance: A review. *Operative Dentistry*, 43(4), E173–E190. <https://doi.org/10.2341/17-208-T>
- Article, O. (2018). Interaction between photoactivators and adhesive systems used as modeling liquid on the degree of conversion of a composite for bleached teeth. *Brazilian Dental Science*, 21(3), 270–274. <https://doi.org/10.14295/bds.2018.v21i3.1558>
- Baek, C. J., Hyun, S. H., Lee, S. K., Seol, H. J., Kim, H. Il, & Kwon, Y. H. (2008). The effects of light intensity and light-curing time on the degree of polymerization of dental composite resins. *Dental Materials Journal*, 27(4), 523–533. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.523>
- Barcellos, D., Pucci, C., Gomes, C., Goto, E., & Inocencio, A. (2008). Effects of Resinous Monomers Used in Restorative r Pub Dental Modeling on the Cohesive Strength of Composite Resin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 10(5), 351–354.
- Bayraktar, E. T., Atali, P. Y., Korkut, B., Kesimli, E. G., Tarcin, B., & Turkmen, C. (2021). Effect of Modeling Resins on Microhardness of Resin Composites. In *European Journal of Dentistry* (Vol. 15, Issue 3, pp. 481–487). <https://doi.org/10.1055/s-0041-1725577>
- Benetti, A. R., Havndrup-Pedersen, C., Pedersen, M. K., Honoré, D., & Pallesen, U. (2015). Bulk-fill resin composites: Polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Operative Dentistry*, 40(2), 190–200. <https://doi.org/10.2341/13-324-L>
- Bicalho, A. A., Pereira, R. D., & Zanatta, R. F. (2014). Incremental Filling Technique and Composite Material — Part I : Cuspal Deformation , Bond Strength , and Physical Properties. *Operative Dentistry*, 39(2), 71–82. <https://doi.org/10.2341/12-441-L>
- Bicalho, A. A., Valdívia, A., Barreto, B., Tantbirojn, D., Versluis, A., & Soares, C. (2014). Incremental Filling Technique and Composite Material — Part II : Shrinkage and Shrinkage Stresses. *Operative Dentistry*, 39(2), 83–92. <https://doi.org/10.2341/12-442-L>
- Borgia, E., Baron, R., & Borgia, J. L. (2017). Quality and Survival of Direct Light-Activated Composite Resin Restorations in Posterior Teeth : A 5- to 20-Year Retrospective Longitudinal Study. *Journal of Prosthodontics*, 00, 1–9. <https://doi.org/10.1111/jopr.12630>
- Bouschlicher, M., Rueggeberg, F. A., & Wilson, B. M. (2004). Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Operative Dentistry*, 29(6), 698–704.

- Campodonico, C. E., Tantbirojn, D., Olin, P. S., & Versluis, A. (2014). Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques. *The Journal of the American Dental Association*, *142*(10), 1176–1182.
- Cangul, S., Erpacal, B., Adiguzel, O., Unal, M., & Gunay, A. (2020). Effect of Surface Wetting Resin on the Color Stability and Microhardness of Esthetic Composites. *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, *2*(23), 82–89.
<https://doi.org/10.15517/ijds.2021.44391>
- Da Silva, E. M., Poskus, L. T., Guimarães, J. G. A., Barcellos, A. D. A. L., & Fellows, C. E. (2008). Influence of light polymerization modes on degree of conversion and crosslink density of dental composites. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, *19*(3), 1027–1032. <https://doi.org/10.1007/s10856-007-3220-5>
- de Mendonça, B. C., Soto-Montero, J. R., de Castro, E. F., Pecorari, V. G. A., Rueggeberg, F. A., & Giannini, M. (2021). Flexural strength and microhardness of bulk-fill restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *33*(4), 1–8.
<https://doi.org/10.1111/jerd.12727>
- de Paula, F. C., Valentin, R. de S., Dutra, B. C., dos Santos, M. C., de Oliveira, R. F., & da Silva, A. O. (2016). Effect of Instrument Lubricants on the Surface Degree of Conversion and Crosslinking Density of Nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *28*(2), 85–91. <https://doi.org/10.1111/jerd.12182>
- Dewaele, M., Truffier-Boutry, D., Devaux, J., & Leloup, G. (2006). Volume contraction in photocured dental resins: The shrinkage-conversion relationship revisited. *Dental Materials*, *22*(4), 359–365. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.03.014>
- dos Santos, G. B., Alto, R. V. M., Filho, H. R. S., da Silva, E. M., & Fellows, C. E. (2008). Light transmission on dental resin composites. *Dental Materials*, *24*(5), 571–576.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.06.015>
- Dunn, W. J., & Strong, T. C. (2007). Effect of alcohol and unfilled resin in the incremental buildup of resin composite. *Quintessence International*, *38*(1), e20-26.
- El-Damanhoury, H. M., & Platt, J. A. (2014). Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Operative Dentistry*, *39*(4), 374–382.
<https://doi.org/10.2341/13-017-L>
- Ende, A. Van. (2018). *Bulk-Fill Composites*.
- Ende, A. Van, Munck, D., Pedrollo, D., & Meerbeek, B. Van. (2017). Bulk-Fill Composites : A Review of the Current Literature. *The Journal of Adhesive Dentistry*, *19*(2), 95–109.
<https://doi.org/10.3290/j.jad.a38141>
- Felipe, L., Schneider, J., Pfeifer, C. S. C., Consani, S., Prahl, S. A., & Ferracane, J. L. (2008). *Influence of photoinitiator type on the rate of polymerization , degree of conversion ,*

- hardness and yellowing of dental resin composites*. 4, 1169–1177.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.01.007>
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite - State of the art. *Dental Materials*, 27(1), 29–38.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.020>
- Ferracane, J. L., & Hilton, T. J. (2015). Polymerization stress – Is it clinically meaningful ?
Dental Materials, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.06.020>
- Gajewski, V. E., PFEIFER, C. S., FRÓES-SALGADO, N. R. G., BOARO, L. C. C. B., & BRAGA, R. R. (2012). *Monomers Used in Resin Composites : Degree of Conversion , Mechanical Properties and Water Sorption / Solubility*. 23, 508–514.
- Gupta, S., Saxena, P., Pant, V., & Pant, A. (2012). Release and toxicity of dental resin composite. *Release and Toxicity of Dental Resin Composite Toxicology International*, 19(3), 225–234. <https://doi.org/10.4103/0971-6580.103652>
- H.K., Y., & T., C. (2003). Dental amalgam and human health. *International Dental Journal*, 53(6), 464–468.
http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L38032612%0Ahttp://sfx.hul.harvard.edu/sfx_local?sid=EMBASE&issn=00206539&id=doi:&atitle=Dental+amalgam+and+human+health&stitle=Int.+Dent.+J.&title=International+Dental+Journal&volum
- Habib, E., Wang, R., Wang, Y., Zhu, M., & Zhu, X. X. (2015). Inorganic Fillers for Dental Resin Composites: Present and Future. *ACS Biomaterials Science and Engineering*, 2(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1021/acsbiomaterials.5b00401>
- Kaisarly, D., & Gezawi, M. El. (2016). Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology*, 104(3), 257–270.
<https://doi.org/10.1007/s10266-016-0264-3>
- Karakis, D., Yildırım-Bicer, A. Z., Dogan, A., Koralay, H., & Cavdar, S. (2016). Effect of self and dual-curing on degree of conversion and crosslink density of dual-cure core build-up materials. *Journal of Prosthodontic Research*, 61(2), 1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.05.002>
- Kim, J. J., Moon, H. J., Lim, B. S., Lee, Y. K., Rhee, S. H., & Yang, H. C. (2007). The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 80(2), 332–338.
<https://doi.org/10.1002/jbm.b.30601>
- Kowalska, A., Sokolowski, J., & Bociong, K. (2021). The photoinitiators used in resin based dental composite—a review and future perspectives. *Polymers*, 13(3), 1–17.
<https://doi.org/10.3390/polym13030470>
- Lee, J. H., Prud'homme, R. K., & Aksay, I. A. (2001). Cure depth in photopolymerization: Experiments and theory. *Journal of Materials Research*, 16(12), 3536–3544.

<https://doi.org/10.1557/JMR.2001.0485>

- Lee, M., Cho, B., Son, H., Um, C., & Lee, I. (2007). Influence of cavity dimension and restoration methods on the cusp deflection of premolars in composite restoration. *Dental Materials*, *23*, 288–295. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.01.025>
- Lima, R. B. W., Troconis, C. C. M., Moreno, M. B. P., Murillo-Gómez, F., & De Goes, M. F. (2018). Depth of cure of bulk fill resin composites: A systematic review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, *30*(6), 1–10. <https://doi.org/10.1111/jerd.12394>
- Liu, J., Zhang, H., Sun, H., Liu, Y., Liu, W., Su, B., & Li, S. (2021). Materials The Development of Filler Morphology in Dental Resin Composites: A Review. *Materials*, *14*, 1–21. <https://doi.org/10.3390/ma14195612>
- Lynch, C. D., Opdam, N. J., Hickel, R., Brunton, P. A., Gurgan, S., Kakaboura, A., Shearer, A. C., Vanherle, G., & Wilson, N. H. F. (2014). Guidance on posterior resin composites : Academy of Operative Dentistry - European Section. *Journal of Dentistry*, *42*(4), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.01.009>
- Marovic, D., Panduric, V., Tarle, Z., Ristic, M., Sariri, K., Demoli, N., Klaric, E., Jankovic, B., & Prskalo, K. (2013). Degree of conversion and microhardness of dental composite resin materials. *Journal of Molecular Structure*, *1044*, 299–302. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2012.10.062>
- Matinlinna, J. P., Lung, C. Y. K., & Tsoi, J. K. H. (2018). Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials*, *34*(1), 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>
- Meerbeek, B. Van, & Landuyt, K. Van. (2020). From Buonocore ' s Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives . A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *Quintessence International*, *22*(1), 7–34. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43994>
- Miletic, V. (2017). *Dental Composite Materials for Direct Restorations* (V. Miletic (ed.)). Springer.
- Moore, B., Katsilieri, & I, T. C. (2008). Depth of Cure of Dental Resin Composites : ISO 4049 Depth and Microhardness of Types of Materials and Shades. *Operative Dentistry*, *33*(4), 408–412. <https://doi.org/10.2341/07-104>
- Münchow, E. A., Sedrez-porto, J. A., Piva, E., Pereira-cenci, T., & Cenci, M. S. (2016). Use of dental adhesives as modeler liquid of resin composites. *Dental Materials*, *32*(4), 570–577. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.01.002>
- Nason, C., Roper, T., Hoyle, C., & Pojman, J. A. (2005). UV-induced frontal polymerization of multifunctional (meth)acrylates. *Macromolecules*, *38*(13), 5506–5512. <https://doi.org/10.1021/ma048569y>

- Ogliari, F. A., Ely, C., Zanchi, C. H., Fortes, C. B. B., Samuel, S. M. W., Demarco, F. F., Petzhold, C. L., & Piva, E. (2008). Influence of chain extender length of aromatic dimethacrylates on polymer network development. *Dental Materials*, *24*(2), 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.03.007>
- Palin, W. M., Leprince, J. G., & Hadis, M. A. (2018). Shining a light on high volume photocurable materials. *Dental Materials*, *34*(5), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.02.009>
- Park, J., Chang, J., Ferracane, J., & Lee, I. (2008). How should composite be layered to reduce shrinkage stress : Incremental or bulk filling ? *Dental Materials*, *24*, 1501–1505. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.03.013>
- Pearson, G. J., & Longman, C. M. (1989). Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by a visible-light curing system. *Journal of Oral Rehabilitation*, *16*(1), 57–61. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1989.tb01317.x>
- Perdigão, J., & Gomes, G. (2006). Effect of instrument lubricant on the cohesive strength of a hybrid resin composite. *Quintessence International*, *37*, 621–625.
- Peutzfeldt, A. (1997). Resin composites in dentistry: The monomer systems. *European Journal of Oral Sciences*, *105*(2), 97–116. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1997.tb00188.x>
- Rastelli, A. N. S., Jacomassi, D. P., Faloni, A. P. S., Queiroz, T. P., Rojas, S. S., Bernardi, M. I. B., Bagnato, V. S., & Hernandez, A. C. (2012). The filler content of the dental composite resins and their influence on different properties. *Microscopy Research and Technique*, *75*(6), 758–765. <https://doi.org/10.1002/jemt.21122>
- Santini, A., Gallegos, I. T., & Felix, C. M. (2013). Photoinitiators in dentistry: a review. *Primary Dental Journal*, *2*(4), 30–33. <https://doi.org/10.1308/205016814809859563>
- Soh, M. S., & Yap, A. U. J. (2004). Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. *Journal of Dentistry*, *32*(4), 321–326. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.01.012>
- Tjan, A. H. L., & Glancy, J. F. (1988). Effects of four lubricants used during incremental insertion of two types of visible light-activated composites. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *60*(2), 189–194. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(88\)90314-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(88)90314-9)
- Tsujimoto, A., Nagura, Y., Barkmeier, W. W., Watanabe, H., Johnson, W. W., Takamizawa, T., Latta, M. A., & Miyazaki, M. (2018). Simulated cuspal deflection and flexural properties of high viscosity bulk- fill and conventional resin composites. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *87*, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.07.013>
- Tuncer, S. (2013). The Effect of a Modeling Resin and Thermocycling on the Surface Hardness

- , Roughness , and Color of Different Resin Composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(6), 404–419. <https://doi.org/10.1111/jerd.12063>
- Venhoven, B. A. M., de Gee, A. J., & Davidson, C. L. (1993). Polymerization contraction and conversion of light-curing BisGMA-based methacrylate resins. *Biomaterials*, 14(11), 871–875. [https://doi.org/10.1016/0142-9612\(93\)90010-Y](https://doi.org/10.1016/0142-9612(93)90010-Y)
- Xu, T., Li, X., Wang, H., Zheng, G., Yu, G., Wang, H., & Zhu, S. (2020). Polymerization shrinkage kinetics and degree of conversion of resin composites. *Journal of Oral Science*, 62(3), 1–6. <https://doi.org/10.2334/josnusd.19-0157>
- Alessandra Reis, Alessandro Dourado Loguercio. (2021). *Materiales Dentarios Directos*. Rio de Janeiro: Editora Santos.
- BERGER, S. B. (2011). Surface Roughness and Staining Susceptibility of Composite Resins after Finishing and Polishing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34-43.
- Chung, S. M. (2004). Flexural Strength of Dental Composite Restoratives: Comparison of Biaxial and Three-Point Bending Test. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 278-283.
- Ferracane, J. (1999). In vitro evaluation of the marginal degradation of dental composites under simulated occlusal loading. *Dental Materials*, 262-267.
- Ferracane, J. L. (2011). Resin composite - State of the art. *Dental Materials*, 29-38.
- H Alzraikat, MF Burrow, GA Maghaireh, NA Taha. (2018). Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review. *Operative Dentistry*, E173-E190.
- Miletic, V. (2017). *Dental Composite Materials for Direct Restorations*. Gewerbestrasse: Springer.
- Willems, G. (1992). A classification of dental composites according to their morphological and mechanical characteristics. *Dental Materials*, 310-319.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A.	pp.
ANEXO B.	pp.
ANEXO C.	pp.

ANEXO D. pp.