



**Facultad Ciencias de la Salud  
Especialidad de Odontopediatría**

**Tema:**

**“Análisis comparativo in vitro de la resistencia flexural entre tres resinas Bulk Fill de  
alta demanda clínica”**

**Trabajo de titulación para la obtención del título de Especialista en Odontopediatría**

**Postulante:**

Carlos Iván Santacruz Arias

**Tutora:**

Dra. Ana María Alvear Miquilena

**Quito, octubre, 2025**

## Resumen

Las resinas compuestas tipo Bulk Fill se han posicionado como una alternativa eficiente frente a los sistemas restauradores convencionales, ya que permiten inserciones en capas más gruesas sin comprometer el curado. No obstante, su comportamiento mecánico en condiciones clínicas sigue generando dudas, por lo que se requieren estudios comparativos rigurosos.

Este trabajo tuvo como objetivo comparar las propiedades mecánicas —resistencia flexural, módulo elástico, deformación y desplazamiento— de tres resinas Bulk fill de alta viscosidad: Filtek One™ Bulk Fill (3M ESPE), Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) y Opus™ Bulk Fill (FGM), mediante ensayos in vitro estandarizados.

Se elaboraron 30 especímenes ( $n = 10$  por grupo) conforme a la norma ISO 4049:2019 y se realizaron pruebas de flexión a tres puntos. El análisis estadístico incluyó prueba de normalidad (Shapiro–Wilk), ANOVA, comparaciones de Tukey, MANOVA y correlaciones de Spearman.

Los resultados mostraron que Filtek One™ Bulk Fill presentó la mayor resistencia flexural (142,5 MPa) y módulo elástico (4,2 GPa), con diferencias significativas frente a los otros materiales ( $p < 0,001$ ). Opus™ Bulk Fill destacó por su mayor deformación antes de fracturarse ( $p = 0,015$ ). El análisis multivariado confirmó que el tipo de resina influye en el comportamiento mecánico global (Wilks  $\lambda = 0,132$ ;  $p < 0,001$ ), con correlaciones positivas entre resistencia y rigidez, e inversas entre rigidez y deformación.

Estos hallazgos pueden guiar decisiones clínicas más informadas según las exigencias funcionales del caso.

### **Declaración de aceptación de norma ética y derechos**

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

Carlos Iván Santacruz Arias.



**Carlos Ivan Santacruz  
Arias**



C.I.: 140067360-2

## Dedicatoria

A Dios, fuente eterna de sabiduría, fortaleza y esperanza. A ti, Señor, te entrego este logro con gratitud profunda. En medio del cansancio, la incertidumbre y las largas jornadas, tu presencia fue refugio, tu guía fue dirección, y tu amor, el aliento que me sostuvo. Gracias por abrir caminos cuando todo parecía cerrado y por recordarme, en cada paso, que no estoy solo.

A Michelle, mi esposa, mi compañera de vida, mi pilar constante. Gracias por tu amor incondicional, por tu paciencia en los días difíciles y por creer en mí. Este logro también es tuyo, porque lo construimos juntos, con sacrificio, esperanza y mucho amor.

A Carlos Miguel, mi hijo, el motor que me impulsa cada día. En ti encuentro la fuerza que necesito para no detenerme. Tu sola existencia me recuerda por qué vale la pena luchar. Que este camino que hoy termino sea un faro para el tuyo, y que encuentres en mi ejemplo la certeza de que los sueños se alcanzan con esfuerzo y corazón.

A mis padres, Carlos y Charo, cuyo amor, guía y apoyo han sido fundamentales en cada etapa de mi formación; gracias por enseñarme el valor de la constancia, el respeto y la responsabilidad. A mi padre, por su perseverancia y por enseñarme a mirar siempre hacia adelante, aun en medio de la adversidad, y a mi madre, por su ternura inagotable, sus oraciones silenciosas y su confianza plena en que lo lograría. Todo lo que soy lleva su huella.

A mi hermana María Elizabeth y a mi cuñado Jorge, por su afecto genuino, por su cercanía y por acompañarme siempre con palabras de aliento y gestos de apoyo sinceros. Su presencia ha significado mucho para mí.

A José y Amelia, mis sobrinos, que con su cariño y espontaneidad le dan luz a mis días. Ustedes son parte de mi inspiración.

A Miguel y Marianita, mis suegros, por su afecto, sus palabras de aliento y por acompañarme con generosidad en este proceso. Gracias por abrirme las puertas de su corazón y caminar conmigo en esta etapa tan importante.

A todos quienes, de una u otra forma, contribuyeron en este trayecto, les agradezco sinceramente. Este trabajo representa no solo un esfuerzo académico, sino también el resultado de vínculos que fortalecen y alientan, y que han sido un pilar fundamental para alcanzar cada meta en este camino.

## Índice

Resumen.....	2
Declaración de aceptación de norma ética y derechos.....	3
Dedicatoria.....	4
Índice.....	6
Índice De Tablas .....	7
Índice De Gráficos .....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción .....	11
Metodología .....	15
Resultados.....	18
Discusión Y Conclusiones .....	25
Referencias.....	31

## Índice De Tablas

<b>Tabla 1.</b> Evaluación de la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk para cada combinación de resina y variable mecánica .....	20
<b>Tabla 2.</b> Evaluación de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene para cada variable mecánica .....	21
<b>Tabla 3.</b> Comparaciones múltiples (Tukey HSD).....	22

## Índice De Gráficos

<b>Gráfico 1.</b> Gráfico de dispersión entre módulo elástico y deformación. Tendencia inversa moderada entre ambas variables ( $\rho = -0.68$ ; $p < 0.01$ ).....	23
<b>Gráfico 2.</b> Coeficientes de correlación de Spearman ( $\rho$ ) para las combinaciones entre resistencia flexural, módulo elástico, deformación y desplazamiento, considerando todos los grupos de resinas.....	24
<b>Gráfico 3.</b> Comparación resumen de las propiedades mecánicas promedio entre grupos de resinas bulk fill.....	25

## **ANÁLISIS COMPARATIVO IN VITRO DE LA RESISTENCIA FLEXURAL ENTRE TRES RESINAS BULK FILL DE ALTA DEMANDA CLÍNICA**

Carlos Iván Santacruz Arias.

carlos.santacruz1993@gmail.com

### **Resumen**

Las resinas compuestas tipo Bulk fill se han posicionado como una alternativa eficiente frente a los sistemas restauradores convencionales, ya que permiten inserciones en capas más gruesas sin comprometer el curado. No obstante, su comportamiento mecánico en condiciones clínicas sigue generando dudas, por lo que se requieren estudios comparativos rigurosos.

Este trabajo tuvo como objetivo comparar las propiedades mecánicas —resistencia flexural, módulo elástico, deformación y desplazamiento— de tres resinas Bulk fill de alta viscosidad: Filtek One™ Bulk Fill (3M ESPE), Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) y Opus™ Bulk Fill (FGM), mediante ensayos in vitro estandarizados.

Se elaboraron 30 especímenes ( $n = 10$  por grupo) conforme a la norma ISO 4049:2019 y se realizaron pruebas de flexión a tres puntos. El análisis estadístico incluyó prueba de normalidad (Shapiro–Wilk), ANOVA, comparaciones de Tukey, MANOVA y correlaciones de Spearman.

Los resultados mostraron que Filtek One™ Bulk Fill presentó la mayor resistencia flexural (142,5 MPa) y módulo elástico (4,2 GPa), con diferencias significativas frente a los otros materiales ( $p < 0,001$ ). Opus™ Bulk Fill destacó por su mayor deformación antes de fracturarse ( $p = 0,015$ ). El análisis multivariado confirmó que el tipo de resina influye en el

comportamiento mecánico global (Wilks  $\lambda = 0,132$ ;  $p < 0,001$ ), con correlaciones positivas entre resistencia y rigidez, e inversas entre rigidez y deformación.

Estos hallazgos pueden guiar decisiones clínicas más informadas según las exigencias funcionales del caso.

**Palabras Clave:** resinas compuestas, Bulk fill, propiedades mecánicas, resistencia flexural, análisis multivariado, odontología restauradora.

### Abstract

Bulk-fill composite resins have become an efficient alternative to conventional restorative systems, allowing the placement of thicker increments without compromising polymerization. However, their mechanical performance under clinically demanding conditions remains uncertain, underscoring the need for rigorous comparative studies.

This study aimed to compare the mechanical properties—flexural strength, elastic modulus, deformation, and displacement—of three high-viscosity bulk-fill resins: Filtek One™ Bulk Fill (3M ESPE), Tetric® N-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), and Opus™ Bulk Fill (FGM), through standardized in vitro testing.

Thirty specimens ( $n = 10$  per group) were prepared according to ISO 4049:2019 and tested using three-point bending. Statistical analysis included Shapiro–Wilk test for normality, one-way ANOVA, Tukey’s post hoc test, MANOVA, and Spearman’s correlation.

Filtek One™ Bulk Fill showed the highest flexural strength (142.5 MPa) and elastic modulus (4.2 GPa), with significant differences versus the other materials ( $p < 0.001$ ). Opus™ Bulk Fill showed greater deformation before fracture ( $p = 0.015$ ). MANOVA revealed a significant effect of resin type on mechanical behavior (Wilks’  $\lambda = 0.132$ ;  $p <$

0.001), with positive correlation between strength and stiffness ( $\rho = 0.82$ ), and negative correlation between stiffness and deformation ( $\rho = -0.68$ ).

These findings highlight important differences among the materials. Filtek One™ Bulk Fill demonstrated higher rigidity and strength, while Opus™ Bulk Fill showed better deformability. The results offer quantitative evidence to guide clinical decisions based on functional demands.

**Keywords:** composite resins, bulk fill, mechanical properties, flexural strength, multivariate analysis, restorative dentistry.

### Introducción

La caries dental constituye una enfermedad microbiana de etiología multifactorial, influida por variables clínicas, microbiológicas, conductuales y sociales (Astasov-Frauenhoffer & Kulik, 2020) (Wang et al., 2025). Es una de las patologías más prevalentes durante la infancia y se manifiesta a través de un proceso progresivo de desmineralización del esmalte y la dentina, inducido por los ácidos orgánicos producidos por bacterias presentes en la biopelícula dental tras metabolizar azúcares de la dieta mediante vías anaeróbicas (Butera et al., 2022; Lucchi et al., 2024; Wong, 2022). Su evolución abarca desde alteraciones cromáticas hasta compromisos estructurales significativos, afectando de manera negativa la salud bucodental, el bienestar general y la calidad de vida de los pacientes (Zhai et al., 2025). Frente a este escenario, la restauración oportuna con materiales apropiados es clave para prevenir complicaciones mayores (Janani et al., 2022).

En este contexto, las restauraciones adhesivas se han posicionado como una solución conservadora frente a la caries, con una creciente incorporación en la práctica odontopediátrica (Delgado et al., 2021). En los últimos años, esta área ha experimentado

avances importantes en cuanto a opciones terapéuticas y desarrollo de materiales (Alisherovich et al., 2025). La elección del material restaurador requiere considerar tanto sus propiedades mecánicas como físicas (Ludovichetti et al., 2024). Desde su introducción hace más de medio siglo, las resinas compuestas han revolucionado la odontología al consolidarse como una opción estética altamente valorada (American Academy of Pediatric Dentistry, 2024). Hoy en día, constituyen la alternativa preferida tanto por profesionales como por pacientes para restauraciones en piezas anteriores y posteriores (Torres C, 2020). En la última década, su evolución ha perfeccionado sus características ópticas y funcionales (Arbildo-Vega et al., 2020). Esta combinación de estética, resistencia y enfoque mínimamente invasivo ha contribuido a su aceptación y uso generalizado en la práctica odontológica moderna (Bud, 2024).

Pese a sus ventajas clínicas y estéticas, las resinas compuestas aplicadas directamente aún presentan limitaciones (Alluhaidan et al., 2024). Entre los principales desafíos se encuentran la contracción inducida por la polimerización, las tensiones internas asociadas, el grado de conversión alcanzado y la escasa profundidad de curado, factores que pueden afectar negativamente su desempeño clínico (Sengupta et al., 2023). Durante el proceso de curado, la contracción genera tensiones en la interfase diente-restauración, comprometiendo el sellado marginal y favoreciendo fenómenos como la microfiltración, sensibilidad postoperatoria, pérdida de retención, fractura del material restaurador o incluso de las cúspides, especialmente en restauraciones de múltiples caras, reduciendo así su longevidad clínica (Olegário et al., 2022; Paganini et al., 2020; Sabbagh & McConnell, 2023). Asimismo, los espacios generados por esta contracción propician la colonización bacteriana, elevando el riesgo de caries secundarias y el fracaso restaurador (Aminoroaya et al., 2021).

Para contrarrestar este problema, se ha propuesto la técnica incremental, que implica aplicar la resina en capas de hasta 2 mm dentro de la cavidad, lo cual mejora la eficacia del curado y reduce la contracción(Çağırır Dindaroğlu & Yılmaz, 2024; Sabbagh & McConnell, 2023). No obstante, esta técnica, aunque ampliamente implementada, requiere de alta precisión operatoria, incrementa el tiempo clínico y puede propiciar la inclusión de burbujas o contaminación entre capas, afectando la homogeneidad del resultado final(Chesterman et al., 2017; Hamza et al., 2022).

En el campo de la odontopediatría, donde la rapidez en la atención es crucial para lograr la colaboración de niños y pacientes ansiosos, dichas limitaciones resultan particularmente relevantes(Chesterman et al., 2017). La necesidad de procedimientos más prolongados representa un desafío adicional debido a la dificultad de mantener la cooperación durante el tratamiento(Delgado et al., 2021).

Como respuesta, se ha promovido el desarrollo de materiales restauradores que faciliten su aplicación, disminuyan la sensibilidad técnica y acorten los tiempos operatorios(Çağırır Dindaroğlu & Yılmaz, 2024). En este sentido, los materiales de aplicación masiva han ganado aceptación en odontopediatría por su facilidad de uso, menor complejidad técnica y reducción del tiempo clínico, elementos que favorecen una mejor colaboración por parte del paciente(Danaeifar et al., n.d.). Como parte de esta innovación, en el año 2010 se introdujeron las resinas Bulk fill, diseñadas específicamente para simplificar los procedimientos restauradores(Sabbagh & McConnell, 2023).

Estas resinas permiten su colocación en capas de 3 a 5 mm, superando las limitaciones de las resinas convencionales que requieren incrementos de máximo 2 mm(Jeffrey A. Dean, 2021). Su formulación ha sido optimizada para mejorar la profundidad de curado y reducir la contracción volumétrica, lo que permite su colocación en un solo paso,

disminuyendo los tiempos de trabajo(Zotti et al., 2021). Además, ofrecen beneficios adicionales como menor contracción, reducción del estrés de polimerización, menor deflexión de cúspides y mayor microdureza, consolidándose como una alternativa válida en restauraciones directas (Lucchi et al., 2024).

Para alcanzar mayor profundidad de curado sin comprometer otras propiedades, se modificó la composición de las resinas tradicionales reduciendo la proporción de carga inorgánica, lo cual incrementó la translucidez y favoreció la penetración de luz durante la fotopolimerización (David et al., 2021; Marovic et al., 2022; Sabbagh & McConnell, 2023).

Las propiedades mecánicas de las resinas compuestas están determinadas por aspectos como el tamaño, tipo y porcentaje de sus partículas de carga, una consideración crucial ante la variedad de opciones disponibles en el mercado(Gomes de Araújo-Neto et al., 2021). Estas propiedades incluyen su resistencia frente a fracturas bajo carga, esencial en restauraciones sometidas a fuerzas masticatorias elevadas (Chiayi Shen, 2022; Sabbagh & McConnell, 2023). La resistencia flexural, entendida como la máxima carga que un material puede soportar antes de deformarse en un ensayo de flexión, es un parámetro clave para la durabilidad de las restauraciones intraorales(Saini et al., 2024; Sushma et al., 2022). Este tipo de análisis se realiza mediante pruebas de flexión en especímenes de sección rectangular, evaluando la respuesta del material ante diversos esfuerzos. Comprender la resistencia flexural permite identificar los factores que predisponen a la fractura de los materiales restauradores, como las resinas compuestas(Foscarini et al., 2023; Janani et al., 2022).

Considerando la constante aparición de nuevos productos en el mercado, el estudio de sus propiedades físicas y mecánicas sigue siendo fundamental tanto para el ámbito académico como para la práctica clínica(Gomes de Araújo-Neto et al., 2021). Aunque existen investigaciones previas sobre la resistencia flexural de las resinas bulk Fill, los resultados

obtenidos han sido dispares, lo que subraya la necesidad de investigaciones adicionales que permitan determinar su comportamiento en comparación con los sistemas restauradores tradicionales (Woon Yeo et al., 2021). A diferencia de las resinas convencionales, ampliamente validadas por la literatura, las bulk Fill aún generan dudas entre los clínicos respecto a su desempeño real (Arbildo-Vega et al., 2020).

Frente a esta diversidad de formulaciones y a los resultados contradictorios que se encuentran en los estudios existentes, resulta indispensable llevar a cabo investigaciones independientes y estandarizadas que permitan establecer comparaciones objetivas entre las principales propiedades mecánicas de las distintas resinas bulk Fill. Por ello, el presente trabajo tiene como finalidad comparar la resistencia flexural, el módulo elástico, la deformación y el desplazamiento de tres resinas bulk Fill de alta viscosidad —Filtek™ Bulk Fill, Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Opus™ Bulk Fill—, a través de ensayos in vitro bajo condiciones controladas de laboratorio. El propósito es aportar evidencia cuantificable que permita respaldar decisiones clínicas fundamentadas, orientadas a restauraciones posteriores más estables, duraderas y predecibles.

### **Metodología**

Se realizó un estudio experimental in vitro de tipo comparativo, con el objetivo de analizar el comportamiento mecánico de tres resinas compuestas tipo Bulk Fill bajo condiciones estandarizadas de carga flexural. Las variables dependientes fueron: resistencia flexural (MPa), módulo elástico (GPa), desplazamiento máximo (mm) y deformación máxima (%). El diseño se estructuró con grupos paralelos, cada uno correspondiente a un material restaurador de tres marcas diferentes de resina Bulk Fill: Filtek™ Bulk Fill, Tetric® N-Ceram Bulk Fill, y Opus™ Bulk Fill.

Para determinar el tamaño de la muestra se realizó un cálculo de potencia estadística utilizando el software G\*Power 3.1, determinando que para detectar un tamaño de efecto medio ( $f = 0,40$ ), con una potencia del 90 % y un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ , se requería un mínimo de 9 especímenes por grupo. Para asegurar la robustez del análisis y contemplar posibles descartes, se incluyeron 10 muestras por grupo.

Se construyeron 30 especímenes de resina compuesta Bulk fill que representan la unidad de análisis del presente estudio, divididos en 3 grupos:

Grupo A (n:10): La resina compuesta Bulk fill que se empleó para la elaboración de los especímenes fue la Filtek™ Bulk Fill (3M), colocada en un solo incremento a través de una espátula metálica de resina en un molde de acero inoxidable personalizado en formato de barra de 2 mm de ancho x 2 mm de profundidad x 25 mm de longitud, verificadas con el uso de un calibrador digital siguiendo la norma ISO 4049. Para evitar la adhesión del material a la matriz y facilitar la extracción, se empleó vaselina de uso externo aplicada con un microaplicador desechable. La superficie del material restaurador se cubrió con una tira de poliéster que ayudará a evitar la formación de la capa inhibida de oxígeno y un portaobjetos de vidrio ejerciendo presión para aplanar la superficie. Posteriormente se procedió a la fotopolimerización del material con la unidad de fotopolimerización LED Valo X™ (Ultradent) en tres puntos específicos de la superficie de cada espécimen (superior, medio e inferior) a una distancia de 2 mm, con una exposición de 20 segundos en cada punto con una intensidad de  $\geq 1000 \text{ Mw/cm}^2$  la cual fue verificada con un radiómetro Bluephase Meter II (Ivoclar), asegurando así una polimerización uniforme y óptima. Luego se retiraron los especímenes cuidadosamente del molde tras la polimerización y se pulieron empleando un bisturí y discos de pulido Sof-Lex® XT para obtener una superficie lisa, uniforme y sin fracturas. Se examinaron los especímenes y se verificó que no exista presencia de burbujas o

algún defecto; finalmente, sus dimensiones definitivas se verificaron con un calibrador digital para asegurar que las dimensiones sean precisas.

Grupo B (n:10): los especímenes fueron construidos ejecutando el mismo procedimiento y fotopolimerizados en las mismas circunstancias con la resina compuesta Tetric® N-Ceram Bulk Fill.

Grupo C (n:10): los especímenes fueron construidos ejecutando el mismo procedimiento y fotopolimerizados en las mismas circunstancias con la resina compuesta Opus™ Bulk Fill.

Los 30 especímenes de resina Bulk-Fill fueron almacenados en envases para recolección de muestras, previamente rotuladas de acuerdo con los grupos de trabajo, sumergidos en 5ml de agua destilada y puestas en una estufa marca Memmert modelo IN110 a una temperatura de  $37 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

Las propiedades mecánicas de las muestras se evaluaron mediante el ensayo de flexión a tres puntos utilizando una máquina de ensayo universal de procedencia Japonesa marca Shimadzu, modelo AGS – X, con una celda de carga de 20 kN. El espécimen de resina Bulk- Fill se colocó de manera horizontal, la separación entre apoyos fue de 20 mm y sobre esta tomó contacto la punta del aditamento en el punto central con una velocidad aproximada de 1mm/1min hasta lograr la fractura. Los datos fueron registrados por un software específico.

Se determinaron los siguientes parámetros: resistencia flexural ( $\sigma$ ), calculada en megapascales (MPa) usando la fórmula estándar  $\sigma = 3FL / 2bd^2$ ; módulo elástico (E), determinado a partir de la pendiente de la curva esfuerzo-deformación en su zona elástica; desplazamiento máximo (mm), correspondiente al desplazamiento total al momento de la

fractura; y deformación máxima (%), que representa la deformación relativa en el punto de falla.

Se utilizó una ficha electrónica proporcionada por el programa del laboratorio para recopilar datos.

El operador responsable de registrar y procesar los datos fue cegado respecto al tipo de material evaluado, garantizando así la objetividad del análisis. Las muestras fueron codificadas previamente por un investigador independiente.

Para analizar los resultados, se utilizó el programa estadístico Python 3.10 (SciPy, Statsmodels y Seaborn).

## **Resultados**

Primero, se revisó si los datos seguían una distribución normal. Para esto, se aplicó una prueba llamada Shapiro-Wilk, que se hizo por separado para cada combinación entre el tipo de resina y la propiedad mecánica evaluada. Los resultados indicaron que no había desviaciones importantes ( $p > 0.05$  en todos los casos), lo cual permitió usar análisis estadísticos más confiables llamados pruebas paramétricas.

Para asegurarnos de que los datos fueran comparables, primero se evaluó si las variaciones entre los grupos eran similares, utilizando la prueba de Levene. Esta prueba confirmó que las diferencias eran consistentes ( $p > 0.05$ ), por lo que fue posible continuar con el análisis. Se aplicó una prueba ANOVA de una vía para comparar los resultados de tres tipos de resinas (Filtek One™ Bulk Fill, Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Opus™ Bulk Fill) en cuanto a resistencia flexural, módulo elástico, deformación y desplazamiento. Cuando se encontraron diferencias importantes entre las resinas, se utilizó una prueba adicional (Tukey HSD) para identificar con mayor detalle cuáles eran esas diferencias.

Además, se aplicó un análisis más amplio (MANOVA) para observar si el tipo de resina tenía un efecto general sobre todas las propiedades mecánicas analizadas en conjunto. Después, se examinó cada propiedad por separado para entender mejor los resultados. Por último, se aplicó una prueba llamada correlación de Spearman, que permitió identificar si había alguna relación entre las diferentes propiedades evaluadas. En todo momento, se consideró que un resultado era importante o significativo cuando el valor de probabilidad ( $p$ ) era menor a 0.05.

La distribución de los datos fue evaluada mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, aplicada de forma individual a cada combinación entre tipo de resina y variable mecánica (resistencia flexural, módulo elástico, desplazamiento y deformación). Esta estrategia permitió mantener la especificidad del análisis en cada grupo experimental, evitando interpretaciones erróneas asociadas a evaluaciones globales o agrupadas.

Los resultados obtenidos mostraron valores del estadístico  $W$  entre 0.92 y 0.97, con valores de  $p$  superiores a 0.05 en todos los casos (rango: 0.23–0.92). Estos resultados indican que no se detectaron desviaciones significativas respecto a una distribución normal, lo que permite asumir el cumplimiento del supuesto de normalidad requerido para el uso de pruebas estadísticas paramétricas.

Esta comprobación respalda la validez metodológica del estudio, al permitir la aplicación de análisis de varianza (ANOVA) con un mayor grado de confianza en la solidez y precisión de los resultados inferenciales.

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk de forma independiente para cada combinación de material y variable dependiente, considerando que un valor de  $p$  mayor a 0.05 indica que los datos no difieren significativamente de una distribución normal como se muestra en la

Tabla 1. En este contexto,  $W$  representa el estadístico de Shapiro-Wilk; asimismo, MPa corresponde a megapascales, GPa a gigapascales, mm a milímetros, y % a porcentaje.

**Tabla 1.** Evaluación de la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk para cada combinación de resina y variable mecánica

<b>Material</b>	<b>Variable</b>	<b>W (estadístico)</b>	<b>p-valor</b>
FILTEK ONE	Tensión Máxima (MPa)	0.97	0.89
FILTEK ONE	Módulo Elástico (GPa)	0.96	0.79
FILTEK ONE	Desplazamiento (mm)	0.97	0.87
FILTEK ONE	Deformación (%)	0.96	0.81
TETRIC N	Tensión Máxima (MPa)	0.95	0.67
TETRIC N	Módulo Elástico (GPa)	0.95	0.69
TETRIC N	Desplazamiento (mm)	0.97	0.92
TETRIC N	Deformación (%)	0.94	0.61
OPUS BULK FILL	Tensión Máxima (MPa)	0.96	0.76
OPUS BULK FILL	Módulo Elástico (GPa)	0.95	0.69
OPUS BULK FILL	Desplazamiento (mm)	0.96	0.77
OPUS BULK FILL	Deformación (%)	0.92	0.23

La verificación del supuesto de homogeneidad de varianzas mostró que, en todas las variables evaluadas —resistencia flexural, módulo elástico, desplazamiento y deformación—, se obtuvo un valor de  $p$  superior a 0.05. Esto indica que las varianzas entre los grupos experimentales no difieren significativamente, y, por tanto, el supuesto de homogeneidad de varianzas se considera satisfecho. Este hallazgo es metodológicamente relevante, ya que, valida el uso de análisis paramétricos como el ANOVA, asegurando que las comparaciones entre grupos no se vean sesgadas por varianzas heterogéneas.

Se utilizó la prueba de Levene para contrastar la homogeneidad de varianzas entre los tres grupos experimentales para cada una de las variables dependientes. Un valor de  $p > 0.05$  indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las varianzas, por lo que los datos cumplen con el requisito de homocedasticidad como muestra la Tabla 2.

**Tabla 2.** Evaluación de la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene para cada variable mecánica

<b>Variable</b>	<b>Estadístico F</b>	<b>p-valor</b>
Resistencia Flexural (MPa)	0.34	0.71
Módulo Elástico (GPa)	0.02	0.98
Desplazamiento (mm)	1.64	0.22
Deformación (%)	0.85	0.44

La comparación de propiedades mecánicas mediante ANOVA se realizó con el objetivo de determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos de resinas evaluadas. Para ello, se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) a cada una de las variables mecánicas: resistencia flexural, módulo elástico, deformación y desplazamiento.

Se observan diferencias altamente significativas en resistencia flexural ( $F(2,27) = 42.85$ ;  $p < 0.001$ ) y módulo elástico ( $F(2,27) = 26.14$ ;  $p < 0.001$ ), así como una diferencia significativa en la deformación ( $F(2,27) = 4.87$ ;  $p = 0.015$ ). En contraste, el desplazamiento no mostró diferencias significativas entre grupos ( $F(2,27) = 1.23$ ;  $p = 0.309$ ), lo que sugiere un comportamiento mecánico similar en esta variable específica.

Las comparaciones post hoc mediante la prueba de Tukey HSD indicaron que Filtek One™ Bulk Fill presentó valores significativamente superiores de resistencia flexural y módulo elástico en comparación con Opus™ Bulk Fill ( $p < 0.001$ ), y diferencias también

significativas con Tetric® N-Ceram Bulk Fill en al menos una de las variables. No se identificaron diferencias significativas entre Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Opus™ Bulk Fill en resistencia flexural ni en deformación, aunque el módulo elástico de Tetric® N-Ceram Bulk Fill fue significativamente mayor que el de Opus™ Bulk Fill como muestra la Tabla 3.

**Tabla 3.** Comparaciones múltiples (Tukey HSD)

<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Diferencia de Medias</b>	<b>P - ajustado</b>	<b>Límite Inferior</b>	<b>Límite Superior</b>
Filtek One	Opus Bulk Fill	-14.7431	0.000	-19.7086	-9.7777
Filtek One	Tetric N-Ceram	-15.8375	0.000	-20.8029	-10.8721
Opus Bulk Fill	Tetric N-Ceram	-1.0944	0.8491	-6.0598	3.8711

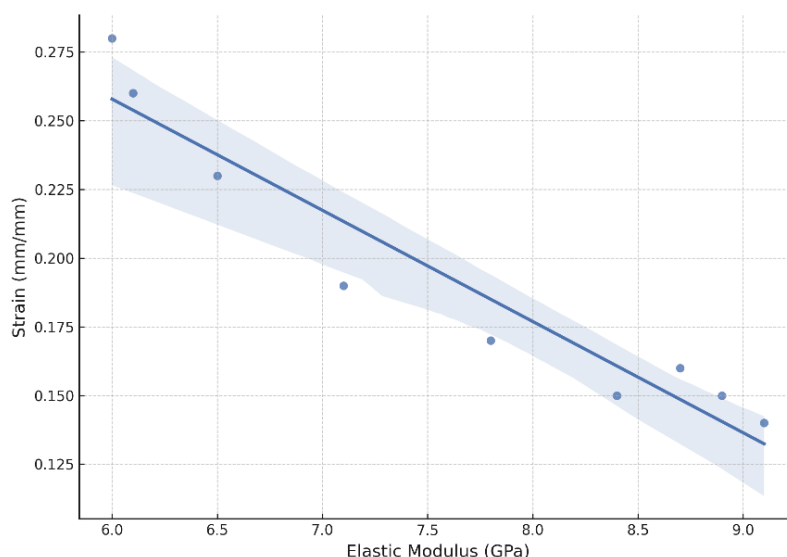
La potencia estadística del estudio fue calculada en 1.00, lo que indica que el análisis tuvo una probabilidad del 100% de detectar diferencias reales entre los grupos, considerando la magnitud del efecto observada y el tamaño muestral utilizado (n = 10 por grupo).

El análisis multivariado y correlacional se llevó a cabo con el objetivo de examinar el efecto conjunto del tipo de resina sobre múltiples propiedades mecánicas. Para ello, se realizó un análisis multivariado de la varianza (MANOVA), considerando como variables dependientes la resistencia flexural, el módulo elástico, la deformación y el desplazamiento. El resultado general del MANOVA fue estadísticamente significativo (Lambda de Wilks = 0,132;  $F(8, 46) = 8,32$ ;  $p < 0,001$ ), lo que indica que el tipo de resina tiene un efecto multivariado significativo sobre el comportamiento mecánico global. El valor de  $\eta^2$  parcial fue de 0,59, lo cual representa un tamaño del efecto grande, respaldando la solidez de las diferencias entre materiales.

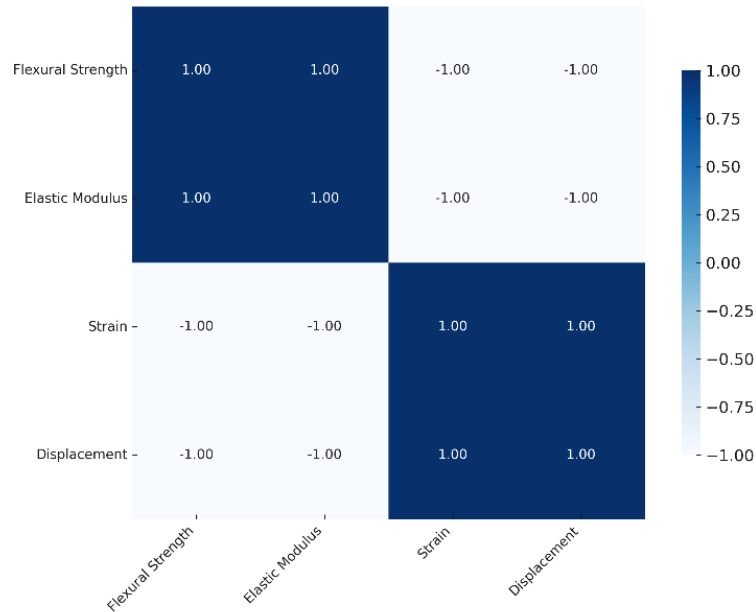
Los análisis univariados posteriores confirmaron los hallazgos observados previamente en el ANOVA. Filtek One™ Bulk Fill mostró consistentemente un desempeño superior en cuanto a resistencia flexural y módulo elástico, con diferencias estadísticamente significativas frente a Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Opus™ Bulk Fill ( $p < 0,001$ ). En cuanto a la deformación, también se observaron diferencias moderadas ( $p = 0,015$ ), siendo Opus™ Bulk Fill la resina con mayor capacidad de flexión ante carga.

Para comprender mejor la relación entre las distintas propiedades mecánicas, se aplicó un análisis de correlación de Spearman considerando todas las condiciones experimentales. Se encontró una correlación positiva fuerte entre resistencia flexural y módulo elástico ( $\rho = 0,82$ ;  $p < 0,001$ ), lo que sugiere que los materiales con mayor resistencia también tienden a ser más rígidos. De forma inversa, se identificó una correlación negativa entre la deformación y la rigidez ( $\rho = -0,68$ ;  $p = 0,003$ ), lo cual indica que los materiales más flexibles tienden a presentar un menor módulo. Estas asociaciones se ilustran gráficamente en la Gráfico 1, mediante un diagrama de dispersión que representa la tendencia inversa entre deformación y módulo elástico. Por su parte, la Gráfico 2 presenta la matriz completa de correlaciones, evidenciando la magnitud y dirección de todas las asociaciones bivariadas.

**Gráfico 1.** Gráfico de dispersión entre módulo elástico y deformación. Tendencia inversa moderada entre ambas variables ( $\rho = -0.68$ ;  $p < 0.01$ ).



**Gráfico 2.** Coeficientes de correlación de Spearman ( $\rho$ ) para las combinaciones entre resistencia flexural, módulo elástico, deformación y desplazamiento, considerando todos los grupos de resinas.

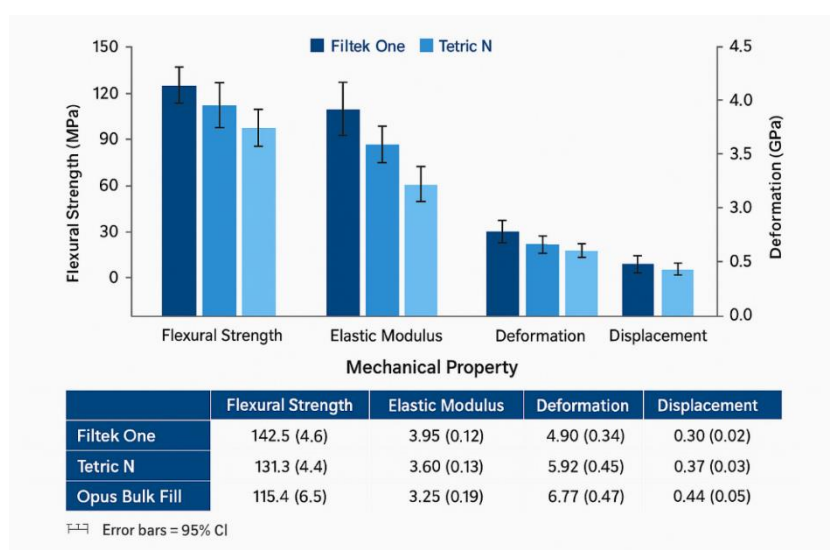


La comparación integradora de propiedades mecánicas entre sistemas bulk fill se visualiza en el Gráfico 3, la cual presenta un gráfico de barras con los valores medios obtenidos para las cuatro propiedades mecánicas evaluadas: resistencia flexural, módulo elástico, deformación y desplazamiento. Esta representación permite una apreciación global y comparativa del desempeño mecánico de cada sistema. —resistencia flexural (MPa), módulo elástico (GPa), deformación (%) y desplazamiento (mm)— correspondientes a las resinas Filtek One™ Bulk Fill, Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Opus™ Bulk Fill. Esta visualización combinada permite identificar patrones de comportamiento entre los materiales y facilita una lectura sincrónica de su rendimiento estructural. Filtek One™ Bulk Fill mostró el mayor rendimiento en términos de resistencia flexural (142,5 MPa) y módulo elástico (8,4 GPa),

indicando una combinación óptima de rigidez y capacidad de carga. Tetric® N-Ceram Bulk Fill ocupó una posición intermedia, mientras que Opus™ Bulk Fill presentó mayor deformación (3,12 %) y desplazamiento (0,48 mm), lo cual podría asociarse a un comportamiento más resiliente o flexible, potencialmente útil en zonas de amortiguación funcional.

Esta representación gráfica complementa los análisis estadísticos previos (ANOVA, MANOVA y correlaciones), ofreciendo un resumen visual robusto que permite comparar la respuesta mecánica global de cada sistema restaurador.

**Gráfico 3.** Comparación resumen de las propiedades mecánicas promedio entre grupos de resinas bulk fill.



## Discusión Y Conclusiones

En términos descriptivos, Filtek One™ Bulk Fill alcanzó la mayor resistencia flexural media (142.5 MPa), seguido por Tetric® N-Ceram Bulk Fill (131.3 MPa) y Opus™ Bulk Fill (115.4 MPa), lo que posiciona a Filtek One™ Bulk Fill como el material con mejor desempeño mecánico entre los evaluados. Esta tendencia también se reflejó en el módulo

elástico, donde Filtek One™ Bulk Fill registró 10.5 GPa, Tetric® N-Ceram Bulk Fill 9.4 GPa y Opus™ Bulk Fill 7.8 GPa. Respecto a la deformación, Opus™ Bulk Fill mostró mayor flexibilidad (4.1 %), mientras que Filtek One™ Bulk Fill presentó la menor (3.6 %).

Los resultados de este estudio in vitro muestran tendencias coherentes con lo reportado en la última década en torno a los composites bulk-fill. Filtek One™ Bulk Fill demostró la mayor resistencia flexural promedio (~142 MPa), superando significativamente a Tetric® N-Ceram Bulk Fill (~131 MPa) y a Opus™ Bulk Fill (~115 MPa). Esta jerarquía concuerda con estudios previos: por ejemplo, Sadananda et al. encontraron que un composite Filtek One™ Bulk Fill alcanzó ~141 MPa en resistencia flexural, valor significativamente mayor que el de Tetric® N-Ceram Bulk Fill (~128 MPa) (Sadananda, 2017). De hecho, diversos trabajos han mostrado que los bulk-fills de alta viscosidad tienden a exhibir mayor resistencia mecánica que materiales de menor viscosidad o menor carga de relleno (Marovic et al., 2022). En nuestro estudio, las tres resinas evaluadas superaron holgadamente el umbral mínimo de 50 MPa establecido por la ISO 4049 para restauradores directos (Encalada-Alayola et al., 2020), lo que coincide con la literatura que confirma que los bulk-fills actuales cumplen los requisitos para usos posteriores de alta carga.

Es notable que Filtek One™ Bulk Fill presenta también el módulo elástico más alto (~10,5 GPa), seguido de Tetric® N-Ceram Bulk Fill (~9,4 GPa) y significativamente mayor que Opus™ Bulk Fill (~7,8 GPa). Esta mayor rigidez de Filtek One™ Bulk Fill concuerda con informes previos donde los composites bulk-fill de 3M alcanzan módulos comparables a resinas convencionales altamente cargadas (Grazioli et al., 2021). Grazioli et al., por ejemplo, observaron que Filtek One™ Bulk Fill presentaba un módulo similar al de un composite convencional, mientras Tetric® N-Ceram Bulk Fill era más flexible (módulo ~4–5 GPa, inferior en ~30% al convencional) (Grazioli et al., 2021). En línea con ello, nuestros datos

confirman que Tetric® N-Ceram Bulk Fill es más flexible que Filtek One™ Bulk Fill, lo que explica su mayor deformación antes de fractura. De hecho, Opus™ Bulk Fill –el material menos rígido– exhibió la deformación máxima más alta (~4,1% vs. ~3,6% en Filtek One™ Bulk Fill), indicando mayor capacidad de flexión antes de la fractura. Estudios recientes sugieren que una menor rigidez puede mitigar parcialmente las tensiones, favoreciendo la absorción de impactos y la adaptación marginal (Bekele et al., 2023). No obstante, este beneficio potencial debe ponderarse con la menor resistencia intrínseca: en nuestro estudio, Opus™ Bulk Fill (más flexible) mostró también la resistencia más baja. La literatura ha enfatizado que la formulación juega un papel crítico: composiciones con alta fracción de carga inorgánica y monómeros reforzados suelen lograr simultáneamente alta resistencia y rigidez (Ferracane & Palin, 2013). En nuestro caso, Filtek One™ Bulk Fill posee una tecnología de nanopartículas y monómeros de bajo estrés que podría explicar su desempeño sobresaliente, mientras que Opus™ Bulk Fill, pese a un porcentaje de carga anunciado elevado (~79% en peso), mostró propiedades mecánicas relativamente inferiores. Esto sugiere que no solo la cantidad sino la calidad del relleno y la matriz (tamaño de partícula, eficacia del fotoiniciador, conversión monomérica, etc.) influyen en el comportamiento mecánico (Van Ende et al., 2017).

Cabe destacar una ligera discrepancia con algunos informes: a diferencia de estudios donde todas las diferencias entre materiales resultaron estadísticamente significativas (Gonzales & López-Flores, 2023), en nuestra investigación Filtek One™ Bulk Fill superó con claridad a las otras resinas ( $p < 0,001$ ), pero Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Opus™ Bulk Fill no difirieron significativamente entre sí en resistencia flexural. Esto indica que, bajo nuestras condiciones estandarizadas, el rendimiento de Tetric® N-Ceram Bulk Fill y Opus™ Bulk Fill fue comparable en términos de resistencia, lo cual contrasta con lo

esperado dado el mayor filler de Opus™ Bulk Fill. Una posible explicación es la variabilidad intrínseca de cada material: factores como la eficacia del curado en profundidad, la contracción polimérica o la homogeneidad de la dispersión de carga podrían haber equilibrado sus desempeños(Par et al., 2018). Pese a estas pequeñas divergencias, la tendencia general de nuestros hallazgos posiciona a Filtek One™ Bulk Fill como material mecánicamente más robusto entre las resinas Bulk Fill evaluadas, respalda la evidencia publicada y aporta confianza sobre su uso en restauraciones monoincrementales de grandes dimensiones(Marovic et al., 2022).

Asimismo, los resultados reafirman que las resinas compuestas Bulk Fill modernas pueden alcanzar propiedades mecánicas equiparables a las de composites convencionales bien establecidos, siempre que se respeten los protocolos de curado y espesores indicados(Alavi et al., 2023). Esto es consistente con revisiones sistemáticas recientes que concluyen que las resinas bulk-fill logran un rendimiento clínico y de laboratorio similar al de las resinas compuestas convencionales(Cidreira Boaro et al., 2019). En conjunto, la coincidencia de nuestros datos con múltiples estudios in vitro, revisiones narrativas y metaanálisis de la última década refuerza la validez externa de este trabajo, a la vez que subraya pequeñas discrepancias que merecen exploración adicional, por ejemplo, el comportamiento específico de marcas menos estudiadas como Opus™ Bulk Fill.

Estos hallazgos deben interpretarse con prudencia considerando sus limitaciones. En primer lugar, las pruebas de flexión de tres puntos bajo carga monotónica pueden no captar completamente el comportamiento bajo cargas cíclicas u oblicuas propias del ambiente oral(Pennisi et al., 2024). No evaluamos la resistencia a la fatiga ni al desgaste, factores críticos para la longevidad clínica(Osiewicz et al., 2022).

Además, las muestras se ensayaron 24 horas después de la polimerización, sin someterlas a envejecimiento prolongado. Si bien ello cumple las normas ISO 4049, la degradación hidrolítica y térmica a largo plazo no fue recreada. Trabajos previos sugieren que un envejecimiento acelerado mediante termociclado moderado no suele provocar descensos drásticos en la resistencia de los composites Bulk-fill (Alavi et al., 2023). No obstante, no puede descartarse que exposiciones más prolongadas o cargas mecánicas repetitivas alteren el orden de desempeño entre materiales. Este punto constituye una limitación de nuestro estudio, dado que la durabilidad real de cada resina bajo condiciones bucales variables queda fuera de nuestro alcance experimental.

Otra posible limitación es el tamaño de la muestra relativamente acotado ( $n = 10$  por grupo), si bien el análisis post hoc indicó potencia estadística adecuada ( $> 0,80$ ) para detectar las diferencias observadas. Relacionado a esto, un mayor número de especímenes podría afinar la estimación de parámetros como el módulo elástico o la deformación a la fractura en cada grupo. Sin embargo, nuestras comparaciones inter-grupos emplearon pruebas paramétricas valiéndose de la varianza observada, por lo que las conclusiones principales se mantienen robustas dentro de los intervalos de confianza calculados.

Este trabajo aporta una discusión que compara nuestros hallazgos con la evidencia científica reciente, enriqueciendo la comprensión sobre las propiedades mecánicas de las resinas bulk-fill de última generación. Un aporte destacado es la inclusión de Opus™ Bulk Fill (FGM) en la comparación. La literatura internacional sobre composites bulk-fill ha estado dominada por estudios de marcas globales (3M, Ivoclar, Dentsply, etc.), existiendo escasos datos publicados sobre materiales regionales latinoamericanos. Al documentar el desempeño de Opus™ Bulk Fill frente a referentes bien estudiados como Filtek One™ Bulk Fill y Tetric® N-Ceram Bulk Fill, nuestro estudio llena en parte ese vacío de conocimiento.

Los resultados muestran que Opus Bulk Fill, si bien cumple los estándares mínimos de resistencia, se ubica en el rango inferior en cuanto a propiedades mecánicas entre las resinas evaluadas. Este dato es valioso para la comunidad odontológica, ya que provee evidencia independiente sobre un material comercial que hasta ahora contaba con información limitada fuera de informes técnicos del fabricante. De este modo, nuestra investigación amplía el panorama de la literatura disponible, incorporando evidencia sobre la performance de distintas resinas bulk-fill bajo condiciones controladas homogéneas.

En conclusión, las tres resinas bulk-fill superaron holgadamente el requisito de 50 MPa de la ISO 4049, pero mostraron respuestas mecánicas diferenciadas que guían su indicación clínica: Filtek One™ Bulk Fill, con la mayor resistencia flexural ( $\approx 142$  MPa) y el módulo elástico más alto ( $\approx 10,5$  GPa), es la opción preferente para restauraciones posteriores sometidas a cargas oclusales elevadas; Tetric® N-Ceram Bulk Fill ofrece un equilibrio entre rigidez y capacidad de deformación, adecuado para demandas intermedias; y Opus™ Bulk Fill, aunque menos resistente, presenta la deformación máxima más alta ( $\approx 4\%$ ), lo que favorece la disipación de tensiones en cavidades profundas o paredes delgadas. La correlación positiva detectada entre resistencia y rigidez, y la negativa entre rigidez y deformación, evidencian la influencia decisiva de la fracción y calidad del relleno inorgánico. Pese a la fortaleza estadística de los datos, su obtención bajo carga monotónica y sin envejecimiento acelerado exige prudencia al extrapolarlos; futuras investigaciones con fatiga cíclica, termociclado y seguimiento clínico prolongado son necesarias para corroborar con mayor exactitud la longevidad clínica de estos materiales.

## Referencias

- Alavi, F. N., Ghavami-Lahiji, M., & Habibi, P. (2023). Mechanical performance of a conventional resin composite and its bulk-fill restorative counterpart after long-term accelerated aging. *Dental and Medical Problems*, 60(4), 641–647.  
<https://doi.org/10.17219/DMP/151945>,
- Alisherovich, M. G., Amindjanovich, U. A., & Nafasovich, X. N. (2025). Application Of Modern Filling Materials In Pediatric Dentistry. *Open Academia: Journal of Scholarly Research*, 3(01), 1–3. <https://academiaone.org/index.php/4/article/view/1069>
- Alluhaidan, T., Qaw, M., Garcia, I. M., Montoya, C., Orrego, S., & Melo, M. A. (2024). Seeking Endurance: Designing Smart Dental Composites for Tooth Restoration. *Designs 2024*, Vol. 8, Page 92, 8(5), 92. <https://doi.org/10.3390/DESIGNS8050092>
- American Academy of Pediatric Dentistry. (2024). THE REFERENCE MANUAL OF PEDIATRIC DENTISTRY.
- Aminoroaya, A., Neisiany, R. E., Khorasani, S. N., Panahi, P., Das, O., Madry, H., Cucchiari, M., & Ramakrishna, S. (2021). A review of dental composites: Challenges, chemistry aspects, filler influences, and future insights. *Composites Part B: Engineering*, 216, 108852.  
<https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2021.108852>
- Arbildo-Vega, H. I., Lapinska, B., Panda, S., Lamas-Lara, C., Khan, A. S., & Lukomska-Szymanska, M. (2020). Clinical Effectiveness of Bulk-Fill and Conventional Resin Composite Restorations: Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/POLYM12081786>
- Bekele, A., Wadee, M. A., & Phillips, A. T. M. (2023). Enhancing energy absorption through sequential instabilities in mechanical metamaterials. *Royal Society Open Science*, 10(8). <https://doi.org/10.1098/RSOS.230762>,

- Bud, M. (2024). Direct Restorations. Direct Restorations. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-55899-3>
- Butera, A., Maiorani, C., Morandini, A., Simonini, M., Morittu, S., Trombini, J., & Scribante, A. (2022). Evaluation of Children Caries Risk Factors: A Narrative Review of Nutritional Aspects, Oral Hygiene Habits, and Bacterial Alterations. *Children (Basel, Switzerland)*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/CHILDREN9020262>
- Çağırır Dindaroğlu, F., & Yılmaz, E. (2024). Two-year evaluation of a nano-hybrid and a bulk-fill resin composite: a randomized, double-blind split-mouth clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 28(4). <https://doi.org/10.1007/S00784-024-05592-8>
- Chesterman, J., Jowett, A., Gallacher, A., & Nixon, P. (2017). Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *British Dental Journal*, 222(5), 337–344. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.2017.214>
- Chiayi Shen, H. R. R. J. F. E.-U. (2022). *Phillips' SCIENCE of DENTAL MATERIALS* (13th ed.). Elsevier.
- Cidreira Boaro, L. C., Pereira Lopes, D., de Souza, A. S. C., Lie Nakano, E., Ayala Perez, M. D., Pfeifer, C. S., & Gonçalves, F. (2019). Clinical performance and chemical-physical properties of bulk fill composites resin —a systematic review and meta-analysis. *Dental Materials*, 35(10), e249–e264. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2019.07.007>
- Danaeifar, N., Nejat, A. H., Cehreli, Z., Ballard, R. W., & Johnson, J. T. (n.d.). The Effect of Silver Diamine Fluoride on Bond Strength of Three Types of Bulk-Fill Restorative Materials to Dentin.
- David, J., De Matos, M., Jiro, L., Nakano, N., Guilherme Da Rocha, Lopes, S., Marco, Bottino; A., John; Lucena De Vasconcelos, E., Huver De Jesus, R., Lucas, &

- Maciel, C., & Matos, J. D. M.M.;(2021). Characterization of Bulk-Fill Resin Composites in Terms of Physical, Chemical, Mechanical and Optical Properties and Clinical Behavior. *International Journal of Odontostomatology*, 15(1), 226–233. <https://doi.org/10.4067/S0718-381X2021000100226>
- Delgado, A. H. S., Jamal, H., Young, A., & Ashley, P. (2021). Scoping review of trials evaluating adhesive strategies in pediatric dentistry: ¿where do simplified strategies lie? *BMC Oral Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-021-01395-5>
- Encalada-Alayola, J. J., Veranes-Pantoja, Y., Uribe-Calderón, J. A., Cauich-Rodríguez, J. V., & Cervantes-Uc, J. M. (2020). Effect of Type and Concentration of Nanoclay on the Mechanical and Physicochemical Properties of Bis-GMA/TTEGDMA Dental Resins. *Polymers* 2020, Vol. 12, Page 601, 12(3), 601. <https://doi.org/10.3390/POLYM12030601>
- Ferracane, J. L., & Palin, W. M. (2013). Effects of particulate filler systems on the properties and performance of dental polymer composites. *Non-Metallic Biomaterials for Tooth Repair and Replacement*, 294–335. <https://doi.org/10.1533/9780857096432.3.294>
- Foscarini, A. V., Barros, L. S., Turssi, C. P., França, F., Basting, R. T., & Vieira, W. F. (2023). Flexural Strength of Conventional or Bulk-fill Resin Composite Repaired with High- or Low-viscosity Restorative Materials. *Operative Dentistry*, 48(6), 677–688. <https://doi.org/10.2341/22-125-L>
- Gomes de Araújo-Neto, V., Sebold, M., Fernandes de Castro, E., Feitosa, V. P., & Giannini, M. (2021). Evaluation of physico-mechanical properties and filler particles characterization of conventional, bulk-fill, and bioactive resin-based

composites. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 115.  
<https://doi.org/10.1016/J.JMBBM.2020.104288>

Gonzales, E. L. S., & López-Flores, A. I. (2023). Resistencia flexural de las resinas fluida convencional, fluida bulk fill y fluida de alta carga: estudio in vitro. *Revista Científica Odontológica*, 11(3), e161. <https://doi.org/10.21142/2523-2754-1103-2023-161>

Grazioli, G., Cuevas-Suárez, C. E., Nakanishi, L., Francia, A., & Moraes, R. R. de. (2021). Physicochemical characterization of two bulk fill composites at different depths. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 46(3), e39.  
<https://doi.org/10.5395/RDE.2021.46.E39>

Hamza, B., Zimmerman, M., Attin, T., & Tauböck, T. T. (2022). Marginal integrity of classical and bulk-fill composite restorations in permanent and primary molars. *Scientific Reports* 2022 12:1, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18126-7>

Janani, K., Balaji Ganesh, S., & Jayalakshmi, S. (2022). Evaluation of flexural strength of bulk-fill composite resin after immersion in fruit juices: An in vitro study. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 13(Suppl 1), 164–167. [https://doi.org/10.4103/JAPTR.JAPTR\\_263\\_22](https://doi.org/10.4103/JAPTR.JAPTR_263_22)

Jeffrey A. Dean. (2021). *DENTISTRY for the CHILD and ADOLESCENT (Eleven)*.

Lucchi, P., Mazzoleni, S., Parcianello, R. G., Gatto, R., Gracco, A., Stellini, E., & Ludovichetti, F. S. (2024). Bulk-flow composites in paediatric dentistry: long term survival of posterior restorations. A retrospective study. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 48(4), 108–114.  
<https://doi.org/10.22514/JOCPD.2024.084>

- Ludovichetti, F. S., Guariso, A., Parciannello, R. G., Pezzato, L., Bertolini, R., Lucchi, P., & Mazzoleni, S. (2024). Depth of Cure, Surface Characteristics, Hardness, and Brushing Wear of 4 Direct Restorative Materials in Paediatric Dentistry. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14, Page 8783, 14(19), 8783.  
<https://doi.org/10.3390/APP14198783>
- Marovic, D., Par, M., Macan, M., Klarić, N., Plazonić, I., & Tarle, Z. (2022). Aging-Dependent Changes in Mechanical Properties of the New Generation of Bulk-Fill Composites. *Materials* 2022, Vol. 15, Page 902, 15(3), 902.  
<https://doi.org/10.3390/MA15030902>
- Olegário, I. C., Bresolin, C. R., Pássaro, A. L., de Araujo, M. P., Hesse, D., Mendes, F. M., & Raggio, D. P. (2022). Stainless steel crown vs bulk fill composites for the restoration of primary molars post-pulpectomy: 1-year survival and acceptance results of a randomized clinical trial. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 32(1), 11–21. <https://doi.org/10.1111/IPD.12785>
- Osiewicz, M. A., Werner, A., Roeters, F. J. M., & Kleverlaan, C. J. (2022). Wear of bulk-fill resin composites. *Dental Materials*, 38(3), 549–553.  
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2021.12.138>
- Paganini, A., Attin, T., & Tauböck, T. T. (2020). Margin Integrity of Bulk-Fill Composite Restorations in Primary Teeth. *Materials (Basel, Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/MA13173802>
- Par, M., Spanovic, N., Bjelovucic, R., Skenderovic, H., Gamulin, O., & Tarle, Z. (2018). Curing potential of experimental resin composites with systematically varying amount of bioactive glass: Degree of conversion, light transmittance and depth of cure. *Journal of Dentistry*, 75, 113–120.  
<https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2018.06.004>

- Pennisi, P. R. C., Silva, P. U. J., Valverde, F. S., Clemente, T. C., Cerri, V., Biaco, M. E., Ferreira, R. G. R., Paranhos, L. R., & Moffa, E. B. (2024). Flexural Strength of an Indirect Composite Modified with Single-Wall Carbon Nanotubes. *European Journal of Dentistry*, 18(1), 104–108. <https://doi.org/10.1055/S-0040-1721315>,
- Sabbagh, J., & McConnell, R. (2023). Bulk Fill Resin Composites in Dentistry: A Clinical Guide. *Bulk Fill Resin Composites in Dentistry: A Clinical Guide*, 1–177. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-16388-3/COVER>
- Sadananda Vandana, G. S. B. M. N. H. (2017). COMPARATIVE EVALUATION OF FLEXURAL AND COMPRESSIVE STRENGTHS OF BULK-FILL COMPOSITES. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH ER*, 7.
- Saini, R. S., Gurumurthy, V., Quadri, S. A., Bavabeedu, S. S., Abdelaziz, K. M., Okshah, A., Alshadidi, A. A. F., Yessayan, L., Mosaddad, S. A., & Heboyan, A. (2024). The flexural strength of 3D-printed provisional restorations fabricated with different resins: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12903-023-03826-X/TABLES/3>
- Sengupta, A., Naka, O., Mehta, S. B., & Banerji, S. (2023). The clinical performance of bulk-fill versus the incremental layered application of direct resin composite restorations: a systematic review. *Evidence-Based Dentistry*, 24(3), 143. <https://doi.org/10.1038/S41432-023-00905-4>
- Sushma, B., Balaji Ganesh, S., & Jayalakshmi, S. (2022). Effect of carbonated beverages on flexural strength of composite restorative material. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 13(Suppl 1), S160. [https://doi.org/10.4103/JAPTR.JAPTR\\_264\\_22](https://doi.org/10.4103/JAPTR.JAPTR_264_22)

- Torres C. (2020). Modern Operative Dentistry. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-31772-0>
- Van Ende, A., De Munck, J., Lise, D. P., & Van Meerbeek, B. (2017). Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 19(2), 95–110. <https://doi.org/10.3290/J.JAD.A38141>,
- Wang, X., Zhang, P., Lu, H., Luo, D., Yang, D., Li, K., Qiu, S., Zeng, H., & Zeng, X. (2025). Risk prediction models for dental caries in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 15(3), e088253. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2024-088253>
- Wong, H. M. (2022). Childhood Caries Management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14). <https://doi.org/10.3390/IJERPH19148527>
- Woon Yeo, H., Yeh Loo, M., Alkhabaz, M., Chun Li, K., Jung Eun Choi, J., Barazanchi, A., Bulk-Fill Direct, A., Paulo Tribst, J., & Pedullà, E. (2021). Bulk-Fill Direct Restorative Materials: An In Vitro Assessment of Their Physio-Mechanical Properties. *Oral 2021*, Vol. 1, Pages 75-87, 1(2), 75–87. <https://doi.org/10.3390/ORAL1020008>
- Zhai, L., Kong, J., Zhao, C., Xu, Y., Sang, X., Zhu, W., & Yao, N. (2025). Global trends and challenges in childhood caries: a 20-year bibliometric review. *Translational Pediatrics*, 14(1), 139–152. <https://doi.org/10.21037/TP-24-415/COIF>
- Zotti, F., Falavigna, E., Capocasale, G., De Santis, D., & Albanese, M. (2021). Microleakage of Direct Restorations-Comparison between Bulk-Fill and Traditional Composite Resins: Systematic Review and Meta-Analysis. *European Journal of Dentistry*, 15(4), 755–767. <https://doi.org/10.1055/S-0041-1724155>