

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL ENTRE
RESINA IMPRESA EN 3D Y NANOHÍBRIDA CONVENCIONAL**

AUTORES

**GERALDIN LÓPEZ TABORDA
WILLIAM FERNANDO HINESTROZA ROJAS**

**COLEGIO ODONTOLÓGICO
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA – UNICOC**

REHABILITACION ORAL

**SANTIAGO DE CALI
21 DE OCTUBRE DE 2025**



**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL ENTRE
RESINA IMPRESA EN 3D Y NANOHÍBRIDA CONVENCIONAL**

AUTORES

**GERALDIN LÓPEZ TABORDA
WILLIAM FERNANDO HINESTROZA ROJAS**

DIRECTOR

EDGAR MENESES SILVA

REHABILITADOR ORAL

CODIRECTOR

CARLOS HUMBERTO MARTÍNEZ CAJAS

MAGISTER EN EPIDEMIOLOGIA

ASESOR METODOLÓGICO

**ALEJANDRA ORDOÑEZ MOLINA
MAGISTER EN EPIDEMIOLOGIA**

ASESOR ESTADÍSTICO

**JULIÁN ANDRÉS TAMAYO
MAGISTER EN LOGÍSTICA INTEGRAL**

COLEGIO ODONTOLÓGICO

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA - UNICOC
REHABILITACION ORAL**

**COMPARACIÓN *IN VITRO* DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL ENTRE
RESINA IMPRESA EN 3D Y NANOHÍBRIDA CONVENCIONAL**

**ESTUDIANTES: GERALDIN LOPEZ TABORDA, WILLIAM FERNANDO
HINESTROZA ROJAS**
ESPECIALIZACIÓN EN REHABILITACION ORAL, INSTITUCION
UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA -UNICOC

Resumen

La tecnología de impresión tridimensional en la odontología ha traído nuevos materiales cuyo rendimiento clínico requiere una evaluación un poco más profunda. La rugosidad superficial es un parámetro crítico que influye en la adhesión bacteriana, los resultados estéticos y la longevidad de la restauración. Si bien las resinas compuestas nanohíbridas convencionales han demostrado un comportamiento clínico predecible, las características superficiales de las resinas impresas en 3D aún no se han estudiado lo suficiente.

Las resinas compuestas nanohíbridas fotopolimerizables han demostrado, a lo largo del tiempo, un comportamiento clínico predecible en términos de estética, resistencia mecánica y durabilidad. Por su parte, las resinas impresas en 3D han sido diseñadas para optimizar tiempos de producción y mejorar la adaptación marginal, presentándose como una alternativa prometedora en el ámbito protésico. Sin embargo, un parámetro crítico que podría comprometer su desempeño clínico es la rugosidad superficial.

La topografía de la superficie restauradora no solo incide en el comportamiento óptico y estético del material, sino también en su resistencia al desgaste, su interacción con el medio oral y la susceptibilidad a la colonización bacteriana.

Con lo mencionado anteriormente esta investigación, desarrollada entre el primer semestre de 2024 (2024-1) y el segundo semestre de 2025 (2025-2), presenta resultados de un estudio *in vitro* realizado en condiciones controladas. Este trabajo evalúa la rugosidad superficial (Ra) que es un parámetro crítico para el desempeño clínico de materiales restauradores, comparando una resina nanohíbrida convencional (3M™ Filtek™ Z350 XT) con una resina impresa en 3D (Biocrown®), con el propósito de determinar si la tecnología aditiva alcanza niveles de acabado superficial equivalentes o superiores a los materiales tradicionales.

Palabras clave: Rugosidad superficial, resina compuesta, impresión 3D, pulido dental, materiales restauradores, odontología digital.

IN VITRO COMPARISON OF SURFACE ROUGHNESS BETWEEN 3D PRINTED RESIN AND CONVENTIONAL NANOHYBRID

Abstract

Objective: To compare the surface roughness (Ra) between a 3D-printed resin (Biocrown) and a conventional nanohybrid composite resin (Filtek Z350 XT) after a standardized polishing protocol.

Methods: An experimental *in vitro* study was conducted with 30 standardized specimens (6 mm diameter x 2 mm thickness), divided into two groups (n=15). Group 1 consisted of 3D-printed resin (Biocrown) fabricated using an Elegoo Mars 4 printer (layer thickness: 50 μm). Group 2 comprised a conventional nanohybrid composite (Filtek Z350 XT) condensed into a metal mold and light-cured under a Mylar strip. All specimens underwent an identical polishing protocol using Sof-Lex discs in a decreasing grit sequence. Surface roughness (Ra) was measured using a KEYENCE VR3000 3D microscope. Statistical analysis included normality tests (Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk) and a non-parametric Mann-Whitney U test for comparison ($p < 0.05$ significance).

Results: The mean Ra value for the Biocrown group was 0.037 μm (± 0.049), and for the Filtek Z350 XT group, it was 0.029 μm (± 0.022). Normality tests confirmed non-normal data distribution. The Mann-Whitney U test revealed no statistically significant differences between the groups ($p = 0.325$). The Biocrown group exhibited greater data dispersion, though both materials achieved clinically acceptable surface roughness levels.

Conclusion: Under controlled *in vitro* conditions, no significant differences in surface roughness were found between the 3D-printed resin and the conventional nanohybrid composite after standardized polishing. Both materials reached clinically acceptable Ra values, supporting the potential of 3D-printed resins as a viable

alternative for restorative procedures when appropriate finishing protocols are applied.

Keywords: Dental Materials, Composite Resins, Printing, Three-Dimensional, Surface Properties, Dentistry.

Introducción

La alta prevalencia de enfermedades bucales, particularmente la caries dental no tratada, representa un desafío para los sistemas de salud a nivel global. Según la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente 3.500 millones de personas en el mundo se ven afectadas por enfermedades orales, siendo la caries en dentición permanente la condición más prevalente (1).

La práctica odontológica de hoy en día enfrenta el desafío de proporcionar restauraciones que no solo restablezcan la función y estética dental, sino que también mantengan condiciones superficiales óptimas a largo plazo. Esto es fundamental para minimizar el riesgo de complicaciones como caries recurrentes, acumulación de placa bacteriana y microfiltraciones (2).

Por otro lado, la rugosidad superficial de las restauraciones dentales constituye un parámetro crítico que influye directamente en estos factores, así como en la estética, la resistencia al desgaste y la susceptibilidad a la pigmentación (3).

En las últimas décadas, la odontología restauradora ha experimentado avances significativos con la incorporación de tecnologías 3D. Aunque el concepto de impresión 3D surgió en la década de 1980, su aplicación en el campo dental se ha consolidado en los últimos 15 años, permitiendo la fabricación de restauraciones personalizadas con alta precisión morfofuncional y tiempos de producción optimizados (4,5).

Los materiales restauradores fabricados mediante impresión 3D, como la resina Biocrown, se presentan como una alternativa prometedora frente a las resinas compuestas nanohíbridas convencionales, ampliamente validadas, como la Filtek Z350 (6,7).

Sin embargo, aún existen muchos interrogantes respecto al desempeño clínico de las resinas impresas en 3D, especialmente en lo que concierne a la rugosidad superficial (Ra).

Estudios previos han demostrado que resinas nanohíbridas como la Z350 XT pueden alcanzar valores de Ra clínicamente aceptables ($\leq 0,6 \mu\text{m}$) tras protocolos de pulido estandarizados. No obstante, se desconoce si las resinas impresas en 3D pueden igualar o superar estos estándares bajo condiciones equivalentes de acabado superficial.

La evidencia existente sugiere que parámetros en el proceso de impresión 3D, como el espesor de capa, la orientación de impresión y los protocolo (8) de postprocesado, pueden afectar significativamente la microestructura superficial de estas resinas (9). El proceso de impresión por capas podría generar superficies con mayor aspereza, incluyendo micro-escalones que, de no eliminarse completamente durante el pulido, podrían favorecer la retención bacteriana y comprometer la longevidad clínica de la restauración (10, 11).

Una superficie rugosa actúa como sustrato ideal para la adhesión bacteriana, incrementando el riesgo de gingivitis, caries secundarias y el posible fracaso de la restauración (11). Este riesgo se amplifica por la exposición constante a agentes del medio oral. Estudios recientes han demostrado que incluso resinas nanohíbridas de alta calidad pueden experimentar aumentos significativos en su rugosidad superficial tras la inmersión prolongada en bebidas carbonatadas, evidenciando su vulnerabilidad a la degradación química (12). Estos hallazgos muestran la necesidad de materiales que no solo alcancen una superficie lisa inicialmente, sino que también demuestren estabilidad en el dinámico entorno de la cavidad bucal.

El protocolo de acabado y pulido emerge como una variable de control crucial para el clínico. La investigación ha demostrado consistentemente que la rugosidad de una restauración depende tanto del material como del sistema de pulido empleado y la meticulosidad en su aplicación (12). La selección de la técnica de pulido trasciende el aspecto cosmético, constituyendo un acto terapéutico que define la longevidad y el éxito biológico del tratamiento (12). Este aspecto es fundamental en el manejo integral de los tejidos blandos peri-restauradores.

Investigaciones previas han señalado la profunda influencia que ejercen tanto el tipo de resina como la técnica de fabricación en la rugosidad superficial final de las restauraciones. Este hallazgo establece que el material por sí solo no define el resultado; el procesamiento y acabado son igualmente determinantes.

La literatura presenta una brecha en cuanto a estudios comparativos directos, controlados y sistemáticos que evalúen la rugosidad superficial de resinas impresas en 3D vs resinas nanohíbridas convencionales bajo condiciones estandarizadas de pulido. Esta limitación en la evidencia disponible genera incertidumbre clínica respecto a la selección del material más apropiado para cada situación específica.

Por tanto, resulta imperativo llevar a cabo estudios comparativos *in vitro* que evalúen de manera sistemática y controlada la rugosidad superficial de estos materiales emergentes frente a los convencionales. Este estudio se propone comparar la rugosidad superficial (Ra) entre una resina impresa en 3D (Biocrown) y una resina nanohíbrida convencional (Filtek Z350 XT), tras un protocolo estandarizado de pulido con discos Sof-Lex, utilizando microscopía 3D para la medición. Los hallazgos proporcionarán evidencia científica relevante para la toma de decisiones clínicas en el contexto de la odontología digital basada en la evidencia.

Existe una brecha en la literatura respecto a estudios comparativos directos que evalúen sistemáticamente la rugosidad superficial de estas resinas impresas frente a los composites nanohíbridos bajo condiciones experimentales idénticas, especialmente después de aplicar protocolos de pulido clínicamente relevantes. Por lo tanto, este estudio *in vitro* tuvo como objetivo determinar y comparar los valores de rugosidad superficial (Ra) entre una resina impresa en 3D (Biocrown®) y una resina nanohíbrida convencional (Filtek™ Z350 XT), tras la aplicación de un protocolo de pulido estandarizado con discos Sof-Lex, utilizando microscopía 3D para la medición.

Materiales y métodos

Diseño del estudio: Se realizó un estudio experimental *in vitro* para comparar la rugosidad superficial (Ra) entre dos materiales restauradores.

Se fabricaron un total de 30 especímenes con dimensiones estandarizadas de 6 mm de diámetro y 2 mm de espesor, divididos en dos grupos (n=15).

Materiales: Se utilizaron dos tipos de resinas:

- Grupo 1 (Resina impresa en 3D - Biocrown®): Los especímenes se diseñaron digitalmente utilizando software de modelado 3D y se exportaron en formato STL. La impresión se realizó con una impresora Elegoo Mars 4 (tecnología LCD), configurada con un espesor de capa de 50 µm. Tras la impresión, los especímenes se sometieron a un protocolo de postprocesado que incluyó: limpieza en agua tibia con jabón, inmersión en alcohol isopropílico para eliminar residuos no polimerizados y secado al aire en ambiente controlado.
- Grupo 2 (Resina nanohíbrida convencional - Filtek™ Z350 XT): Se utilizó un molde metálico (arandela de acero inoxidable) con orificios de las dimensiones especificadas. La resina se condensó en incremento único y manualmente, para evitar la incorporación de burbujas de aire. Para obtener una superficie inicial lisa, se colocó una tira de poliéster (Mylar) sobre el material antes de la fotopolimerización. Este proceso se realizó con una lámpara de fotocurado LED Bluephase G4 (Ivoclar Vivadent) durante 60 segundos por espécimen, manteniendo una distancia de 1-2 mm, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Se utilizó el software PASS 2021, con un intervalo de confianza del 95% y una potencia estadística adecuada.

Fabricación de especímenes

Grupo 3D: Los especímenes (discos de 6 mm de diámetro x 2 mm de espesor) se diseñaron digitalmente (formato .STL) y se imprimieron. Tras la impresión, se sometieron a un protocolo de postprocesado que incluyó lavado con agua y jabón, limpieza ultrasónica en alcohol isopropílico y secado al aire.

Grupo Convencional: Se utilizó un molde metálico estandarizado (arandela) con las mismas dimensiones. La resina se condensó manualmente en incrementos para evitar burbujas y se fotopolimerizó mediante una lámpara Bluephase G4 (Ivoclar Vivadent) por 60 segundos por superficie, con una tira de poliéster (Mylar) interpuesta para obtener una superficie inicial lisa.

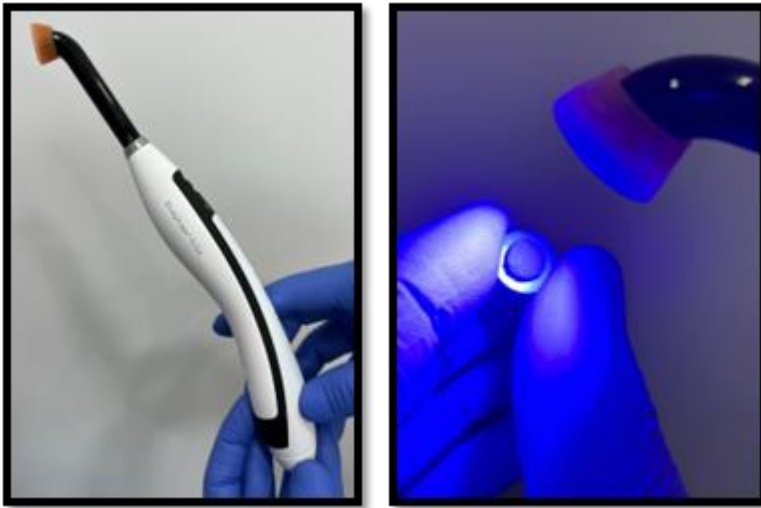


Figura1:Rehabilitación Oral, estética y funcional.



Figura 2 : Confección de Cuerpos de Resina Filtek™ Z350 XT, 3M Espe® vs Cuerpos de Resina Prizma 3D Biocrown®

Protocolo de pulido

Todos los especímenes de ambos grupos fueron sometidos al mismo protocolo de pulido estandarizado, realizado por un único operador calibrado. Se utilizó el sistema de discos abrasivos Sof-Lex (3M ESPE) montado en un micromotor para controlar la velocidad. El protocolo secuencial fue el siguiente:

1. Disco de grano grueso a 10.000 rpm durante 20 segundos.
2. Disco de grano medio a 10.000 rpm durante 20 segundos.
3. Disco de grano fino a 30.000 rpm durante 20 segundos.
4. Disco de grano superfino a 30.000 rpm durante 20 segundos.

Se aplicó una presión ligera y constante, y cada espécimen se limpió con aire/agua después de cada etapa.



Medición de la variable dependiente

La rugosidad superficial promedio (Ra) se midió utilizando un microscopio 3D de barrido láser KEYENCE VR3000. Las mediciones se realizaron en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Autónoma de Occidente (Cali, Colombia). Cada espécimen se posicionó de manera estable bajo el lente del microscopio, y se realizaron tres lecturas en diferentes puntos de la superficie para obtener un valor representativo de Ra (en μm).

Análisis estadístico

La normalidad de los datos se evaluó con las pruebas de Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk. Al no seguir una distribución normal, las diferencias en la rugosidad superficial (Ra) entre los dos grupos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U. Un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

Consideraciones éticas

Este estudio se clasificó como sin riesgo según los lineamientos de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, por tratarse de una investigación in vitro que no involucra sujetos humanos.

Resultados

Los resultados de las pruebas de normalidad (Kolmogórov-Smirnov y Shapiro-Wilk) confirmaron que los datos de rugosidad superficial no seguían una distribución normal ($p < 0,001$), lo que justificó el uso de estadística no paramétrica (Tabla 2).

La rugosidad superficial media (Ra) para el Grupo 1 (Biocrown®) fue de $0,037 \mu\text{m}$ (DE $\pm 0,049$), con una mediana de $0,011 \mu\text{m}$. Para el Grupo 2 (Filtek™ Z350 XT), la media fue de $0,029 \mu\text{m}$ (DE $\pm 0,022$), con una mediana de $0,021 \mu\text{m}$ (Tabla 3).

La prueba U de Mann-Whitney no reveló diferencias estadísticamente significativas en los valores de Ra entre los dos grupos de estudio ($p = 0,325$) (Tabla 3).

El análisis descriptivo mostró una mayor dispersión de los datos en el grupo de Biocrown® (rango intercuartílico: 0,006 a 0,066 μm) en comparación con el grupo de Filtek™ Z350 XT (rango intercuartílico: 0,013 a 0,035 μm), como se visualiza en el diagrama de cajas y bigotes (Figura 4).

Discusión

Los resultados de este estudio no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la rugosidad superficial (Ra) entre la resina nanohíbrida convencional y la resina impresa en 3D después de un protocolo de pulido estandarizado. Este hallazgo sugiere que, en condiciones controladas de laboratorio, la tecnología de impresión 3D puede lograr un acabado superficial clínicamente comparable al de los materiales tradicionales.

En primer lugar, las variaciones en el postprocesado son un factor determinante para la rugosidad inicial de las resinas 3D antes del pulido. El proceso de impresión por estereolitografía (LCD) genera una superficie compuesta por micro-capas o "escalonamientos" (layer lines), cuya visibilidad y altura están directamente influenciadas por el espesor de capa (en este estudio, 50 μm). Un postprocesado que incluya una limpieza ultrasónica insuficiente en alcohol isopropílico puede dejar residuos de resina no polimerizada en la superficie, aumentando la aspereza inicial y, por ende, demandando un mayor desgaste durante el pulido para alcanzar un nivel de lisura aceptable. Por el contrario, un lavado y una posterior polimerización adicional (post-curado) optimizados pueden reducir significativamente esta rugosidad inherente, facilitando la efectividad de los protocolos de pulido subsiguientes. La mayor dispersión de los datos observada en el grupo Biocrown® podría ser un reflejo de la sensibilidad de este material a ligeras variaciones en estos pasos críticos de postprocesado, a pesar de los esfuerzos por estandarizarlos.

En segundo lugar, es crucial considerar el impacto de las condiciones de polimerización en la microestructura y, por tanto, en la capacidad de pulido de ambos materiales. Para la resina nanohíbrida convencional (Filtek Z350 XT), factores como la intensidad y el espectro de la fuente de luz (lámpara LED Bluephase G4), la distancia de curado y la aplicación de vacío o una atmósfera inerte (nitrógeno) durante la polimerización influyen directamente en el grado de conversión. Un grado de conversión más alto y homogéneo resulta en una matriz de resina más densa y resistente, que responde al pulido con un acabado más liso y uniforme. Una polimerización deficiente o en presencia de oxígeno (inhibición de oxígeno) puede generar una capa superficial más blanda y desorganizada, que se desprende de manera irregular durante el pulido, aumentando la rugosidad final.

Para las resinas impresas en 3D, el post-curado es el equivalente a este proceso. La temperatura y la longitud de onda de la luz durante esta etapa son parámetros clave. Un post-curado a una temperatura elevada controlada (photothermal curing) puede favorecer una mayor conversión de monómeros y una reducción de las tensiones internas, lo que se traduce en una superficie más homogénea y menos propensa a microfisuras durante el pulido. La aplicación de nitrógeno durante el post-curado de las resinas 3D podría, en teoría, minimizar la inhibición por oxígeno en la superficie, análogamente a lo que ocurre con los composites convencionales, aunque esta práctica no es estándar en los protocolos actuales.

Sin embargo, es importante reconocer sus limitaciones, que afectan la validez externa o generalización. El diseño *in vitro* no replica la complejidad del ambiente oral (saliva, pH, fuerzas masticatorias). Además, los resultados están ligados a una sola marca de resina 3D y un tipo de impresora; diferentes materiales o parámetros podrían proporcionar resultados distintos.

Nuestros hallazgos coinciden con estudios recientes que reportan que las resinas 3D de última generación, tras un pulido adecuado, pueden alcanzar una rugosidad superficial similar a la de los composites convencionales (19, 20). Esto contradice investigaciones más antiguas que señalaban mayor rugosidad en los materiales

impresos (8, 12), una discrepancia que probablemente refleja la rápida evolución y mejora de estas tecnologías.

La equivalencia en rugosidad inicial es clínicamente buena, ya que sugiere un potencial similar de resistencia a la acumulación de placa y manchas en el momento de la instalación. Esto respalda el uso de provisiones impresas en 3D en protocolos de rehabilitación digital.

No obstante, la rugosidad inicial es solo una parte de la historia. La verdadera prueba para estos materiales será su estabilidad a largo plazo frente al desgaste y la erosión en el entorno oral. Estudios de envejecimiento acelerado serían el siguiente paso crucial para confirmar su durabilidad clínica.

Este estudio aporta evidencia positiva para el uso de la resina 3D evaluada, demostrando que puede lograrse un acabado superficial equivalente al de un material de referencia, siempre que se sigan protocolos de pulido rigurosos. La equivalencia en rugosidad superficial tras el pulido tiene implicaciones clínicas inmediatas. Confirma que las restauraciones 3D pueden alcanzar un acabado superficial inicial comparable al de los materiales convencionales, lo que se traduce en una menor retención de placa bacteriana y mayor biocompatibilidad desde el momento de su instalación.

Para el clínico, esto significa que la tecnología 3D ofrece un flujo de trabajo eficiente, donde un pulido estandarizado y sencillo es suficiente para lograr una superficie clínicamente aceptable, reduciendo el tiempo de sillón.

Sin embargo, la mayor dispersión en los resultados de la resina 3D subraya una advertencia crucial: el éxito depende de un protocolo riguroso. Es esencial:

1. Utilizar materiales validados.
2. Garantizar un postprocesado consistente (lavado y post-curado óptimos).
3. No omitir el pulido clínico final.

Estos hallazgos respaldan el uso de resinas impresas en 3D como restauraciones definitivas, siempre que se integren en un protocolo digital bien controlado que asegure resultados predecibles y seguros para el paciente.

Conclusiones

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la rugosidad superficial entre la resina impresa en 3D y la resina nanohíbrida convencional tras aplicar protocolo estandarizado de pulido. Ambos materiales alcanzaron valores de rugosidad clínicamente aceptables, sugiriendo que las resinas impresas en 3D pueden ofrecer un comportamiento superficial comparable a las resinas convencionales cuando se aplican técnicas de acabado apropiadas. Estos hallazgos respaldan la viabilidad clínica de las resinas impresas en 3D como alternativa a los materiales restauradores tradicionales.

Recomendaciones

Evaluar el comportamiento a largo plazo mediante ciclado térmico/mecánico, incluir otras marcas de resinas 3D y diferentes parámetros de impresión, comparar protocolos de pulido alternativos para resinas impresas, desarrollar estudios clínicos que corroboren estos hallazgos in vitro

Agradecimientos

Agradecemos a la Institución Universitaria Colegios de Colombia (UNICOC), por facilitar los espacios para el desarrollo de esta investigación.

Al Laboratorio de Materiales de la Universidad Autónoma de Occidente, por el acceso al equipo de medición y su apoyo técnico.

A los directores y asesores del trabajo, por su orientación metodológica y científica.

Conflicto de interés

No existe conflicto de interés alguno, real o potencial, de naturaleza económica, profesional o personal, que pudiera influir o sesgar las opiniones, resultados o conclusiones presentadas en este trabajo.

No se han recibido financiación, equipos o materiales de ninguna empresa o entidad comercial relacionada con los productos evaluados (3M Filtek Z350 XT, Biocrown, Elegoo Mars 4).

Referencias

1. Duarte S Jr, Phark JH. Advances in dental restorations: a comprehensive review of machinable and 3D-printed ceramic-reinforced composites. *J Esthet Restor Dent*. 2025;37(1):257–76.
2. Mandurino M, Cortili S, Coccoluto L, Greco K, Cantatore G, Gherlone EF, Vichi A, Paolone G. Mechanical properties of 3D printed vs. subtractively manufactured composite resins for permanent restorations: a systematic review. *Materials (Basel)*. 2025;18(5):985. doi:10.3390/ma18050985
3. Hao Y, Huang X, Zhou X, Li M, Ren B, Peng X, Cheng L. Influence of dental prosthesis and restorative materials interface on oral biofilms. *Int J Mol Sci*. 2018;19(10):3157. doi:10.3390/ijms19103157
4. Soman A. Evaluation of surface roughness of composite resins with three different polishing systems and the erosive potential with apple cider and rice vinegar using atomic force microscopy – an in vitro study [master's thesis]. Bangalore (IN): Rajiv Gandhi University of Health Sciences; 2019.
5. Jaramillo-Cartagena R, López-Galeano EJ, Latorre-Correa F, Agudelo-Suárez AA. Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nano-filling composite resins: a systematic review. *Dent J (Basel)*. 2021;9(8):95.

6. Nogueira RD, Andrade RMPMB, Lancellotti ACRA, Palma-Dibb RG, Geraldo-Martins VR. Effect of chemical degradation on surface roughness and on color stability of microhybrid and nanofilled composites. *J Health Sci.* 2018;20(3):167-72.
7. Zanini M, Tenenbaum A, Azogui-Lévy S. La caries dental, un problema de salud pública. *EMC-Tratado de Medicina.* 2022;26(1):1-8.
8. Pot GJ, Van Overschelde PA, Keulemans F, Kleverlaan CJ, Tribst JPM. Mechanical properties of additive-manufactured composite-based resins for permanent indirect restorations: a scoping review. *Materials (Basel).* 2024;17(16):3951.
9. de Castro EF, Nima G, Rueggeberg FA, Araújo-Neto VG, Faraoni JJ, Palma-Dibb RG, Giannini M. Effect of build orientation in gloss, roughness and color of 3D-printed resins for provisional indirect restorations. *Dent Mater.* 2023;39(7):e1-e11.
10. Holban A-M, Farcasiu C, Andrei O-C, Grumezescu AM, Farcasiu A-T. Surface modification to modulate microbial biofilms—applications in dental medicine. *Materials (Basel).* 2021;14(22):6994. doi:10.3390/ma14226994
11. De Souza GM. Nanoparticles in restorative materials. In: *Nanotechnology in endodontics: current and potential clinical applications.* 2015. p. 139-71.
12. Dhingra A, Agarwal I, Goyal S, Dixit S, Singh A, Grover S. Nano revolution in dentistry: small particles, big impact in conservative care and endodontics. *J Adv Zool.* 2024;45(1).
13. Rodrigues BT, Paraguassu SP, Freitas DIDS, Ishikiriama SK, Maenosono RM. Surface hardness evaluation of a 3D printable resin designed for final restorations. *Braz Dent Sci.* 2024;27(3).

14. Nagai, T., Alfaraj, A., & Lin, W. S. (2025). Color Stability, Surface Gloss, Surface Roughness, and Wettability of Material Jetting 3D-Printed Denture Material Under Various Surface Treatments. *Dentistry Journal*, 13(5), 220.
15. Ayuso Montero R. Efecto del tipo de resina y del tipo de matriz en la rugosidad superficial de prótesis dentales fijas provisionales confeccionadas con la técnica individualizada [tesis]. Barcelona: Universitat de Barcelona; 2007.
16. Loha OEC. Manejo de los tejidos blandos durante el tratamiento restaurador [doctoral dissertation]. Mendoza (AR): Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Odontología; 2019. https://bdigital.uncuyo.edu.ar/objetos_digitales/19219/loha-cristina.pdf
17. Thirumalaivasan N, Nangan S, Verma D, Shellaiah M, Ali S, Rajendran S, et al. Exploring the diverse nanomaterials employed in dental prosthesis and implant techniques: an overview. *Nanotechnol Rev*. 2025;14(1):20250140. doi:10.1515/ntrev-2024-0140.
18. Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19(5):265–73. doi:10.1111/j.1708-8240.2007.00116.x. PMID: 17877626.
19. Mahran GA, El-Banna A, El-Korashy DI. Evaluation of a 3D-printed nanohybrid resin composite versus a milled resin composite for flexural strength, wear and color stability. *BMC Oral Health*. 2025;25:572. doi:10.1186/s12903-025-05861-2.
20. Zhang L, Yu P, Wang XY. Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *J Dent Sci*. 2021;16(4):1198–1203. doi:10.1016/j.jds.2021.03.003. PMID: 34484588
21. Iftekar SF, Aabid A, Amir A, Baig M. Advancements and limitations in 3D printing materials and technologies: A critical review. *Polymers*. 2023;15(11):2519. doi:10.3390/polym15112519

Anexos – Fotografías/Gráficos/Esquemas

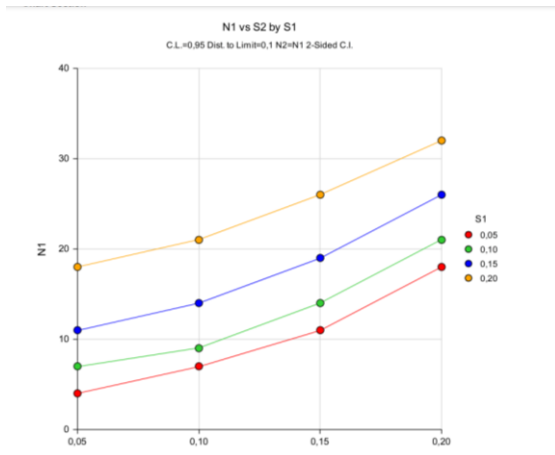


Figura 1: Pass 2021 Power Analysis & Sample Size

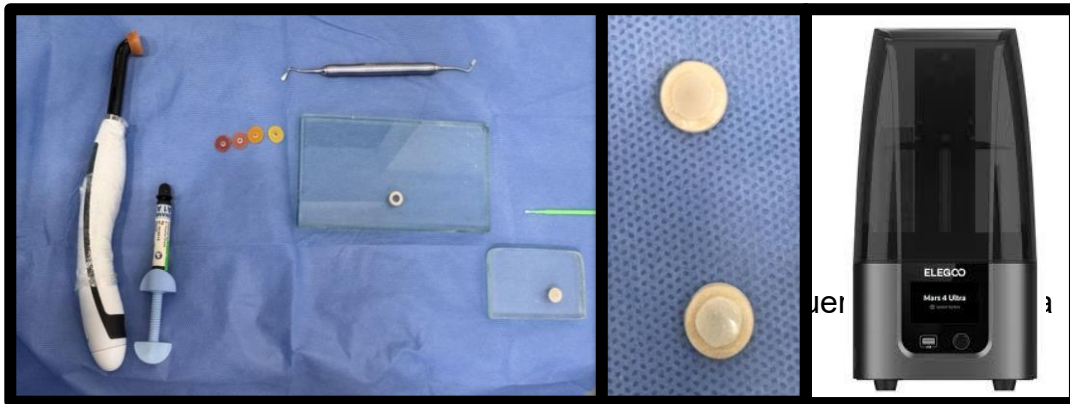


Figura 3 : Confección de Cuerpos de Resina Z350 vs Cuerpos de Resina Biocrown

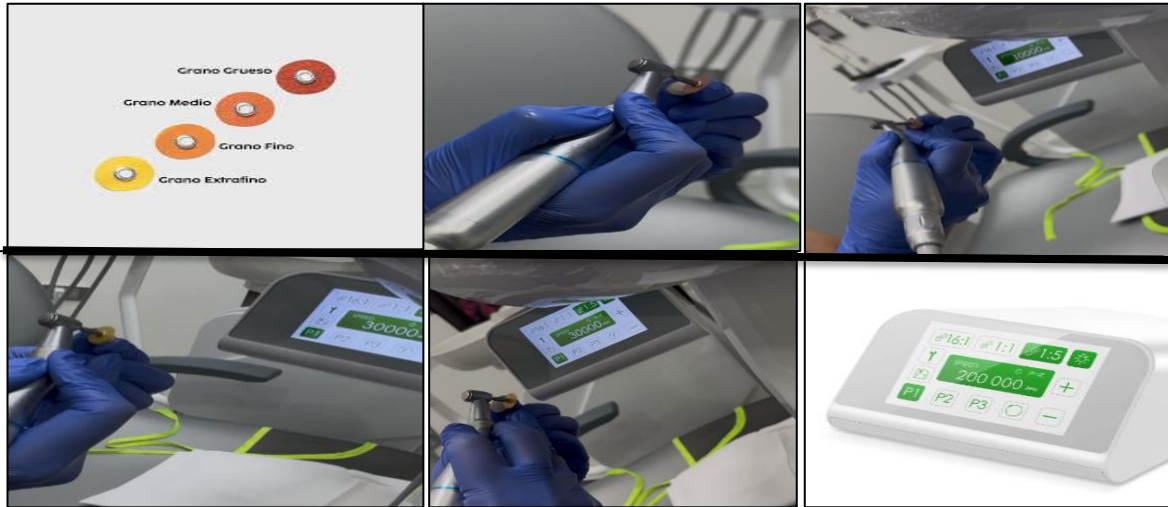


Figura 4: Protocolo de pulido con discos Soflex

Anexos - Tablas

Tabla 1. Definición operacional de las variables

Variable	Definición	Tipo de variable	Escala de Medición	Valores posibles	Fuente de información
Rugosidad RA	Promedio aritmético de las irregularidades absolutas del perfil de la superficie	Cuantitativa Continua	Razón	Valores en μm (ej: 0.2 μm , 0.5 μm)	Equipo microscopio 3D marca KEYENCE serie VR3000
Tipo de resina	Definir	Cualitativa	Nominal	PRIZMA FILTEK	impresora Elegoo Saturn 4 y casa comercial

Tabla 2: Pruebas de normalidad

	KOLMOGÓROV-SMIRNOV			SHAPIRO-WILK		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ra	0,242	30	0,000	0,719	30	0,000

Tabla 3: Prueba no paramétrica de Mann-Whitney

La tabla compara estadísticamente la rugosidad superficial (Ra, en μm) entre los dos grupos, donde la media de rugosidad de Biocrown® (0.037 μm) fue ligeramente mayor que la de Filtek™ Z350 XT (0.029 μm), por lo tanto, la prueba confirma que esta diferencia no es estadísticamente significativa.

Resina	Media-Ra	Mediana	Desviación estándar	Percentil 25	Percentil 75	p-valor
1 resina biocrown	0,036533333	0,011	0,048550219	0,006	0,066	0,325
2 resina convencional	0,028866667	0,021	0,022132286	0,013	0,035	

Tabla 4: Valores de rugosidad de cada muestra en los dos grupos de estudio

En el gráfico de cajas y alambres (Figura 1) se observa que el grupo 1 perteneciente a la resina impresa 3D tiene dispersión mayor comparada con la resina convencional que tiene menor dispersión.

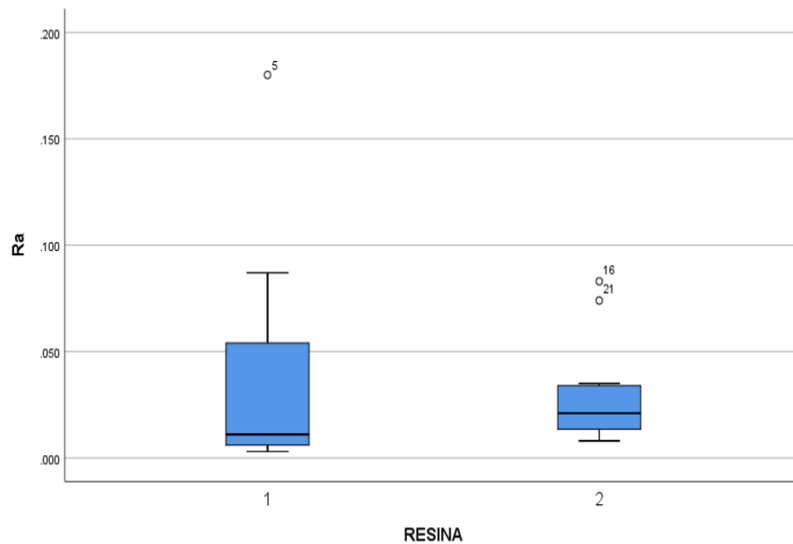


Figura 5: Cajas y alambres comparando valores de Ra entre las dos resinas.

Se realizó un análisis exploratorio inicial para determinar la distribución de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Sin embargo, la prueba es pequeña. Luego se realizó cálculo de la media, mediana y moda.

Shapiro-Wilk:

Datos Analizados

Ra: 0.027,0.037,0.0310.

Media: $0.027+0.037+0.0313/3= 0.095/3= 0.0317$

Mediana: Ordenados: 0.027, 0.031, 0.037

Mediana = 0.031

Moda: No hay moda

CERTIF. DE INSPECCION

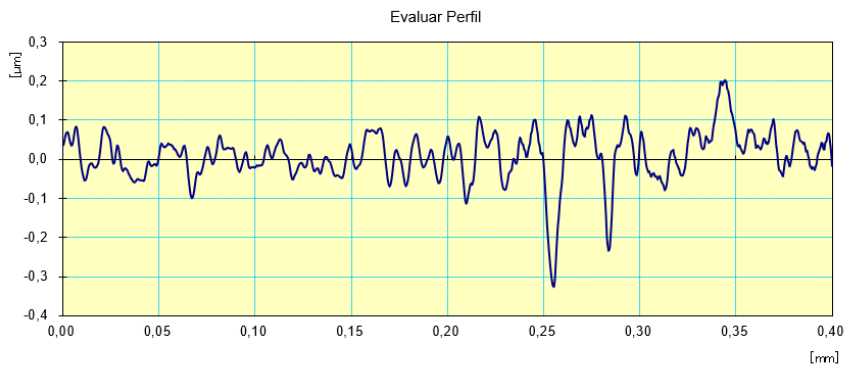


Figura 6: Perfil de rugosidad

Referencia	RUGOSIDAD	Operario	:RALDIN LOPEZ UNICOC
Equipo de medida	Surftest SJ-210	Comentario	SINA PRIZMA BIOCROWN
Norma	ISO 1997	N	5
Perfil	R	Cut-Off	0.08mm
λs	2.5µm	Filtro	GAUSS
Ra	0.027 µm		
Rq	0.033 µm		
Rz	0.147 µm		

Figura 7: Parámetros de rugosidad